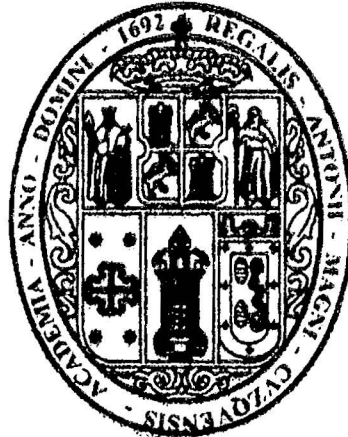


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD
DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“EFECTO DEL PROCESO DE COCCIÓN - EXTRUSIÓN EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIRADICALARIA EN UN ALIMENTO A BASE DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), MACA (*Lepidium meyenii* Walp) Y MAIZ MORADO (*Zea mayz* L.)”

**Tesis para Optar al Título Profesional de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTADO:

- Bach. Pither Jhoel, JAVIER SUCARI.
- Bach. Mariela, LIMA HURTADO.

ASESORES:

- Ing. Mgt. Bernardo, JORGE ROJAS.
- Ing. M. Sc. Mario Roger, COTACALLAPA SUCAPUCA.

CUSCO - PERÚ

2 0 1 3

PRESENTACIÓN

SEÑOR RECTOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL Y SEÑORES CATEDRATICOS MIEMBROS DEL JURADO.

De Conformidad con el reglamento de grados y títulos de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, teniendo el honor de poner a vuestra consideración el trabajo de investigación intitulado **“EFECTO DEL PROCESO DE COCCIÓN - EXTRUSIÓN EN LA ESTABILIDAD DE LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIRADICALARIA EN UN ALIMENTO A BASE DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), MACA (*Lepidium meyenii* Walp) Y MAÍZ MORADO (*Zea mayz* L.)”**, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.

Pither Jhoel JAVIER SUCARI
Mariela LIMA HURTADO

DEDICATORIA

A DIOS, por darme vida y salud para lograr mis objetivos trazados.

*Con mucho cariño y eterna gratitud a mis **PADRES: LUCIO JAVIER APAZA y DOMITILA SUCARI DE JAVIER**, Por darme la vida, su afecto y su ejemplo, quien siempre confió en mí, me motivó, perseveró y luchó por mi futuro, metas como triunfos que hoy se concretiza en mi profesión.*

*Con mucho cariño y afecto a mis queridos **HERMANOS: Dina Liria, Eddy Cristhian, Jhonsony Flor y Omar Lucio**, por haberme brindado su apoyo incondicional y motivación permanente para mi superación, en especial a **Ayde** por su compañía y motivación.*

*A **MIS SOBRINOS: Lenin Joseph, Jhafia Keyla, Reimond Franco y Jade Sarai**, para que en el futuro lleguen a conseguir un futuro porvenir.*

PitherJhoel

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Venancio y Leonarda por sus consejos, sus valores, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante por su amor y por brindarme la mejor herencia en esta vida, una profesión.

Con mucho cariño y afecto amis queridos hermanos, por estar conmigo y apoyarme siempre, quienes han vivido de cerca los distintos procesos de mi vida tanto en los momentos felices y tristes.

A mis sobrinos a quienes adoro y llenan de alegría mi vida para que un futuro sean grandes profesionales.

Mariela

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestros sinceros agradecimientos:

- A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a nuestra Facultad de Ingeniería Agroindustrial por habernos brindado una formación profesional, a los docentes por los conocimientos y enseñanzas impartidas durante nuestra Formación Profesional.
- A nuestro asesor Ing. Mgt. Bernardo JORGE ROJAS por su valiosa asesoría y los conocimientos brindados quien nos motivó e incentivo incondicionalmente a quien expresamos nuestros más sinceros agradecimientos
- A nuestro asesor Ing. M. Sc. Mario Roger COTACALLAPA SUCAPUCA por su acertada dirección, asesoramiento y apoyo constante en la ejecución del presente trabajo de investigación, quien con su experiencia nos brindó una perspectiva de la vida mucha más amplia.
- A la Lic. Luz Marina Solis Ñoñonca por habernos apoyado y acogido en la ciudad de Lima nuestro sincero e infinito agradecimiento ya que con su apoyo logramos nuestros objetivos para la realización de nuestro trabajo.
- Al Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina – Lima por permitir la realización experimental del presente trabajo, en especial a la Srta. Adelaida Pardo por la facilidad y ayuda durante el desarrollo de la presente investigación.
- A la Empresa Industria “Tairo” E.I.R.L. por habernos permitido realizar el proceso de extrusión.
- A todos los docentes de nuestra Facultad de Ingeniería Agroindustrial que nos brindaron sus conocimientos y amistad.
- Finalmente, expresamos nuestro agradecimiento a nuestros amigos, compañeros y a todas las personas que directa e indirectamente nos apoyaron durante el proceso de investigación de nuestra tesis.

LISTA DE ABREVIATURAS

A_w	Actividad de Agua
ABTS	Acido 2,2' – azino – bis (3-etilbenzotiazolin – 6 – sulfonico)
EROs	Especies Reactivas de Oxigeno
e^-	Electrón
FRAP	Poder reductor férrico / antioxidante
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución o eficacia
H_2O_2	Peróxido de hidrogeno
HO^\bullet	Radical hidróxido
H_2O	Agua
CH_4O	Metanol
$K_2S_2O_8$	Persulfato de Potasio
C_2H_6O	Etanol
$C_{14}H_{18}O_4$	Trolox (6-hidroxi-2 ácido 5, 7,8-tetrametilcroman-2-carboxílico)
Na_2CO_3	Carbonato de sodio
$C_7H_6O_5$	Acido Gálico (3, 4, 5-trihidroxibenzoico)
H_2SO_4	Ácido Sulfúrico
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria
OMS	Organización Mundial de la Salud
O_2	Oxigeno
$O_2^{\bullet-}$	Radical superoxido
M.P	Muestra patrón
rpm	Revoluciones por minuto
T	Temperatura
nm	Nanómetro
θ	Tiempo
μL	Micro litro
ΔAbs	Absorbancia del Blanco
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
INADE	Instituto Nacional de Desarrollo.
HTST	High Temperature Short Time (Alta temperatura y tiempo corto).
PIN	Programa Integral de Nutrición.
SQ	Score Químico
ANVA	Análisis de Varianza
GL	Grados de Libertad
CENAN	Centro Nacional de Alimentación y Nutrición
LDL	Low-density lipoprotein (Lipoproteínas de baja densidad)
UV	Radiación ultravioleta

INDICE GENERAL

INDICE

LISTA DE ABREVIATURAS.....	V
RESUMEN	VXI
ABSTRACT	VXII
INTRODUCCION	VXIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XX
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	XXI
HIPOTESIS	XXII
JUSTIFICACION	XXIII
ANTECEDENTES	XXV

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Cañihua.....	1
1.1.1. Descripción botánica.....	1
1.1.2. Clasificación taxonómica.....	2
1.1.3. Origen.....	2
1.1.4. Formas de utilización y consumo.....	3
1.1.5. Valor nutricional.....	3
1.2. Maca.....	5
1.2.1. Descripción botánica.....	6
1.2.2. Clasificación taxonómica.....	6
1.2.3. Origen.....	7
1.2.4. Propiedades de la maca.....	7
1.2.5. Ecotipos de la maca.....	8

1.2.6. Valor nutricional de la maca.....	8
1.3. Maiz morado.....	11
1.3.1. Descripción botánica.....	11
1.3.2. Clasificación taxonómica.....	11
1.3.3. Origen.....	12
1.3.4. Propiedades del maíz morado.....	12
1.3.5. Variedades de maíz morado.....	13
1.3.6. Usos y alternativas de procesamiento agroindustrial del maíz morado	14
1.3.7. Composición química del maíz morado.....	15
1.4. Proceso de cocción-extrusión de alimentos.....	16
1.4.1. Principios básicos de la cocción-extrusión.....	18
1.4.2. Ventajas de la cocción-extrusión de alimentos.....	18
1.4.3. Desventajas de la cocción – extrusión.....	19
1.4.4. Efecto de cocción-extrusión sobre la composición de macronutrientes	19
1.5. Mezclas alimenticias en la alimentación humana.....	21
1.5.1. Mezclas alimenticias.....	21
1.5.2. Principios de formulación de una mezcla alimenticia.....	22
1.5.3. Relación de eficiencia proteica.....	22
1.6. Compuestos fenólicos.....	23
1.6.1. Estructura química de los compuestos fenólicos.....	24
1.6.2. Clasificación de los compuestos fenólicos.....	24
1.6.2.1. No flavonoides.....	24
1.6.2.2. Flavonoides.....	25
1.6.3. Actividad biológica de los compuestos polifenólicos.....	25
1.6.4. Métodos de cuantificación de compuestos polifenólicos.....	26
1.7. Capacidad antiradicalaria.....	27
1.7.1. Antioxidante.....	27
1.7.2. Importancia de los antioxidantes.....	28

1.7.3. Antioxidantes naturales.....	29
1.7.4. Efecto sinérgico de los antioxidantes.....	29
1.7.5. Radicales libres	29
1.7.6. Función antiradicalaria.....	32
1.7.7. Características de antiradicalarios.....	34
1.7.8. Métodos de determinación de la actividad antiradicalaria.....	35

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Lugar de ejecución.....	37
2.2. Materiales.....	37
2.2.1. Materias primas e insumo.....	37
2.2.2. Maquinas, Equipos y materiales.....	38
2.3. Diseño experimental.....	40
2.3.1. Variables en la investigación.....	42
2.3.1.1. Variables independientes o de proceso.....	42
2.3.1.2. Variables dependientes o de respuesta.....	42
2.4. Metodología experimental.....	43
2.4.1. Obtención de materias primas para el extruido.....	44
2.4.1.1. Obtención de cañihua laminada.....	44
2.4.1.2. Obtención de grits de maca.....	45
2.4.1.3. Obtención de grits de maíz morado.....	47
2.4.2. Metodología para selección de las formulaciones.....	48
2.4.3. Proceso de cocción – extrusión.....	48
2.4.4. Operaciones posteriores al proceso de cocción- extrusión.....	50
2.5. Metodología de análisis.....	50

2.5.1. Obtención de extractos para el análisis de compuestos fenólicos	
Totales y capacidad antiradicalaria.....	50
2.5.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales.....	52
2.5.3. Determinación de la capacidad antiradicalaria.....	53
2.6. Diseño estadístico.....	55
2.7. Análisis microbiológico.....	55

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Efecto de la formulacion en los compuestos fenolicos totales y la capacidad antiradicalaria.....	56
3.1.1. Selección de formulaciones para la mezcla a extrauir.....	56
3.1.2. Análisis fisicoquímico del producto final.....	59
3.1.3. Compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria de las Formulaciones (muestra patrón).....	61
3.1.4. Efecto de la formulacion en los compuestos fenolicos totales y capacidad antiradicalaria.....	62
3.2. Efecto del proceso de coccion – extrusion (temperatura y flujo de alimentacion) en los compuestos fenolicos totales y capacidad antiradicalaria.....	63
3.2.1. Proceso de coccion – extrusion.....	63
3.2.2. Cuantificacion de compuestos fenolicos totales por el metodo espectrofotometrico.....	64
3.2.2.1. Efecto del proceso de coccion – extrusion (temperatura y flujo de alimentacion) en la cuantificacion de los compuestos	

fenolicos totales.....	65
3.2.2.2. Analisis estadistico de compuestos fenolicos totales.....	68
3.2.2.3. Analisis de varianza multifactorial para los compuestos fenolicos totales.....	69
3.2.2.4. Optimizacion de respuesta para compuestos fenolicos totales.....	70
3.2.3. Determinacion de la capacidad antiradicalaria por el metodo ABTS...	72
3.2.3.1. Efecto del proceso de coccion – extrusion (temperatura y flujo de alimentacion).....	73
3.2.3.2. Análisis estadístico de la capacidad antiradicalaria.....	77
3.2.3.3. Análisis multifactorial para la capacidad antiradicalaria.....	78
3.2.3.4. Optimización de respuesta para la capacidad antiradicalaria..	79
3.2.4. Correlación de los compuestos fenólicos totales y capacidad Antiradicalaria.....	81
3.2.5. Resultado del análisis microbiológico.....	82
CONCLUSIONES.....	84
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFIA.....	87
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 01: Composición fisicoquímico de granos andinos en comparación con el trigo (g/100g)	4
cuadro 02: Contenido de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en los granos andinos y en trigo (g de aminoácidos/100 g de proteínas).....	5
Cuadro 03: Producción de maca en función al ecotipo	8
Cuadro 04: Composición químico proximal de diferentes ecotipos de la maca en base seca	9
Cuadro 05: Composición de aminoácidos en la maca.	10
Cuadro 06: Minerales presentes en la maca	11
Cuadro 07: Composición química del maíz morado en base seca	15
Cuadro 08: Variables independientes o de proceso.....	42
Cuadro 09: Variables dependientes o de respuesta	42
Cuadro 10: Computo químico de las 12 formulaciones	59
Cuadro 11: Resultados del análisis fisicoquímico del producto final	60
Cuadro 12: Resultado de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria de la muestra patrón	61
Cuadro 13: Variables controlados en el proceso de cocción - extrusión	64
Cuadro 14: Resultado de compuestos fenólicos totales de la muestra patrón y los tratamientos.....	65
Cuadro 15: Resultado de los tratamientos en estudio para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales	69
Cuadro 16: Análisis de varianza para compuestos fenólicos totales.....	70
Cuadro 17: Optimización de respuesta para los compuestos fenólicos totales...71	
Cuadro 18: Resultados de capacidad antiradicalaria de la muestra patrón y los	

tratamientos por el método ABTS	72
Cuadro 19: Resultado de los tratamientos en estudio para la determinación de capacidad antiradicalaria	78
Cuadro 20: Análisis de varianza para la capacidad antiradicalaria	79
Cuadro 21: Optimización de respuesta para la capacidad antiradicalaria	80
Cuadro 22: Resultado del análisis microbiológico del producto final.....	82

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 01: Tratamientos para el experimento	41
Diagrama 02: Resumen de variables para cuantificar los compuestos fenólicos y determinar la capacidad antiradicalaria.	41
Diagrama 03: Resumen de la metodología experimental	43
Diagrama 04: Diagrama de flujo para la obtención de cañihua laminada	45
Diagrama 05: Diagrama de flujo para la obtención de grits de maca.	46
Diagrama 06: Diagrama de flujo para la obtención de grits de maíz morado	47
Diagrama 07: tratamientos para el proceso de cocción- extrusión.....	49
Diagrama 08: Obtención de extractos	51
Diagrama 09: Proceso de selección a partir de 12 combinaciones para obtener dos formulaciones para el estudio.	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 05: Química de las especies reactivas del oxígeno (EROs)	30
Figura 06: Daños producidos por los radicales libre	31
Figura 07: Transformación de radicales libres.....	33
Figura 08: Efecto del proceso de coccion-extrusion en la cuantificación de compuestos fenólicos totales	66
Figura 09: Efectos principales en el proceso de cocción - extrusión para Compuestos fenólicos totales	71
Figura 10: Efecto del proceso de coccion- extrusion en la determinación de capacidad antiradicalaria	74
Figura 11: Efectos principales en el proceso de cocción - extrusión para capacidad antiradicalaria	80
Figura 12 : Correlación de compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria	81

INDICE DE ANEXOS

- Anexo 01:** Descripción botánica de la cañihua, maca, maíz morado y partes del extrusor.
- Anexo 02:** Composición teórico de las formulaciones.
- Anexo 03:** Metodología de cálculo del score químico.
- Anexo 04:** Informe de análisis de determinación de humedad.
- Anexo 05:** Composición fisicoquímica de las formulaciones .
- Anexo 06:** Requisitos fisicoquímicos, especificaciones técnicas del Programa Integral de Nutrición.
- Anexo 07:** Análisis microbiológico de la mezcla extruida a Base de Cañihua, Maca y maíz morado extruidos.
- Anexo 08:** Características microbiológicas especificaciones técnicas del Programa integral de nutrición.
- Anexo 09:** Cuadro de repeticiones para la determinación de la capacidad antiradicalaria.
- Anexo 10:** Cuadro de repeticiones para la cuantificación de los compuestos Fenólicos.
- Anexo 11:** Imágenes del trabajo de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó con el objetivo de evaluar el efecto que ejerce el proceso de cocción – extrusión a través de las variables como: formulación (F1: 20% maca, 50% cañihua, 30% maíz morado y F2: 50% maca, 30% cañihua, 20% maíz morado) determinadas a través del cómputo químico, temperaturas (160 °C y 120 °C) y flujo de alimentación (800 g/min y 400 g/min). Se realizó la validación al producto final donde fue sometida a un análisis fisicoquímico y microbiológico. Por el efecto de las variables se cuantificaron los compuestos bioactivos (método espectrofotométrico), donde la muestra patrón (sin extruir) de la formulación 1 obtuvo un valor de 6.02 mg de ácido gálico Equiv/g, el tratamiento N°4 fue extruido a temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 800 g/min lo cual presentó un alto valor de compuestos fenólicos de 7.39 mg de ácido gálico equiv./g valor superior a los demás tratamientos. La capacidad antiradicala (método ABTS), para la muestra patrón (sin extruir) presentó un valor de 63.94 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$, el tratamiento N°3 de la formulación 1 que fue extruido a temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 400 g/min, presentó un alto valor de capacidad antiradicalaria de 67.08 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$ valor superior a los demás tratamientos, dando como resultado que el proceso de cocción – extrusión favoreció al incremento del contenido de compuestos fenólicos y capacidad antiradicalaria para la formulación 1 a medida que la temperatura se eleva, el flujo de alimentación no presentó variaciones significativas.

Palabras Claves: Cañihua, Capacidad Antiradicalaria, Compuestos Fenólicos, Extrusión, Maca, Maíz Morado.

ABSTRACT

This research work was carried out with the objective of evaluating the effect exerted by the cooking process – extrusion variables such formulations (F1: 20% maca cañihua 50%, 30% purple corn and F2: 50% maca, cañihua 30%, 20% purple corn) determined through chemical score, temperatures (160 ° C and 120 ° C) and supply flow (and 400g/min 800g/min). Validation was performed to the final product which was subjected to an analysis fisicoquímico and microbiológico. For the effect of the variables were measured bioactive compounds (spectrophotometric method), where the sample standard (not extrude) obtained a value of (6.02 mg gallic acid equiv / g) of the formulation: 1, No. 04 treatment was extruded at 160 ° C and feed flow 800g/min, present a high value of phenolic compounds (gallic acid 7.39 mg equiv. / g) value greater to other treatments. Capacity antiradicala (ABTS method) for the sample pattern (not extruded) having a value (63.94 mol Trolox Equiv. / G) treatment No.03 formulation 1 was extruded at 160 ° C and flow 400g/min power, present a high antiradical capacity value of (67.08 mol TroloxEquiv. / g) losdemás value above treatments, resulting in the extrusion cooking process favored the increase in the content of phenolic compounds and antiradical power the 1st to the formulation as the temperature rises, the flow of feed did not show significant variations.

Keywords: Cañihua, antiradical power, Phenolic Compounds, Extrusion, Maca, Purple Corn

INTRODUCCIÓN

En nuestro país se viene dando mayor prioridad a la producción e industrialización de cultivos andinos. Existen cultivos andinos que, además de su aporte nutricional proveen beneficios para la salud ya que presentan propiedades funcionales que contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades producidas por el estrés oxidativo.

La disminución del estrés oxidativo es provocado por la oxidación de los radicales libres, está asociado al consumo de alimentos que contienen antiradicalarios naturales, estos antioxidantes neutralizan los radicales libres y el daño oxidativo. Algunos antiradicalarios como los polifenoles son componentes fitoquímicos y se entienden como compuestos de actividad antioxidante con propiedades de óxido reducción.

La cañihua (variedad cupi), maca (eco tipo morado) y maíz morado (variedad cusco morado) tienen prominente composición de fitoquímicos que generan un poderoso antiradicalario natural que proveen una fuente natural de fenoles totales de compuestos hidrosolubles, que tienen efectos benéficos en nuestro cuerpo.

Es necesario presentar alternativas naturales y disponibles a través de componentes funcionales adecuados como es el caso de la cañihua, maca y maíz morado que permitan ser utilizados en la complementación de la dieta de la población de diversa edad, garantizando con la tecnología de cocción – extrusión mantener sus características de alimentos funcionales teniendo en cuenta que la transformación produce efectos en la calidad de los productos.

El objetivo de esta investigación fue evaluar los cambios que sufren los componentes funcionales tales como los compuestos bioactivos y capacidad antiradicalaria por el efecto de procesamiento y transformación utilizado para este producto como es el proceso de cocción - extrusión, sometidos a diferentes variables como formulación, temperatura y flujo de alimentación esto con el afán de contribuir al desarrollo tecnológico orientado al mejoramiento de la nutrición, salud y por ende al mejoramiento de la producción agroindustrial revalorando los cultivos andinos olvidados que además reportara beneficios y desarrollo para la región.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La gran parte de la difusión de alimentos con orientación eminentemente comercial tienen antiradicalarios empleados de carácter sintético las cuales resultan económicas y mucho de ellos contiene sustancias nocivas para la salud humana, debiéndose a ellas las enfermedades que están sujetos a los cuestionamientos y restricciones múltiples, además los cambios de estilo de vida de la humanidad provocan las distintas reacciones de oxidación de las células en el ser humano así desencadenándose luego en radicales libres; estos requieren ser neutralizados preferentemente con antiradicalarios naturales que ofrecen los alimentos con propiedades bioactivas generalmente vegetales.

Los cultivos andinos han demostrado ser fuente de antioxidantes y compuestos bioactivos ya que tienen evidencia benéfica para la salud entre ellos la cañihua, maca y maíz morado; sin embargo algunos procesos de producción alimentaria pueden aglutinar mezclas de varias materias primas en un solo producto que faciliten la aceptabilidad por parte de los consumidores, aprovechando el enriquecimiento nutritivo y bioactivo. En ese sentido la falta de alimentos con las mejores propiedades funcionales, exige el estudio de las bondades de mezclas, como para el presente trabajo de investigación que sigue: con cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), maca (*Lepidium meyenii* Walp) y maíz morado (*Zea mays* L) por ser materias primas sub explotados, muchas veces con pocas propuestas de productividad por el productor y como una alternativa de desarrollo para impulsar el consumo masivo de cultivos andinos.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el efecto del proceso de cocción - extrusión en la estabilidad de los compuestos bioactivos y capacidad antiradicalaria en un alimento a base de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), maca (*Lepidium meyenii Walp*) y maiz morado (*Zea mayz L.*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar el efecto de la formulación en un alimento instantáneo a base de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), maca (*Lepidium meyenii Walp*) y maiz morado (*Zea mayz L.*) obtenida a través del cómputo químico, en la estabilidad de compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria.
- Estudiar el efecto de temperatura y flujo de alimentación durante el proceso de cocción - extrusión en la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria en un alimento extruido

HIPOTESIS

HIPOTESIS GENERAL

El efecto del proceso de cocción - extrusión afectaron en la determinación de la estabilidad de compuestos bioactivos y capacidad antiradicalaria en un alimentos extruido a base de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), maca (*Lepidium meyenii Walp*) y maíz morado (*Zea mayz L.*).

HIPOTESIS ESPECÍFICA

- Los porcentajes de formulación de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), maca (*Lepidium meyenii Walp*) y maíz morado (*Zea mayz L.*) afectara en la determinación de la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria del alimento instantáneo.
- La temperatura y flujo de alimentación durante el proceso de cocción – extrusión afectara significativamente en la determinación de la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antiradicalaria en el alimento extruido.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de investigar los cultivos andinos como la cañihua (variedad Cupi), maca (eco tipo morado) y maíz morado (variedad cusco morado) se desprende fundamentalmente en el uso de nutrientes y componentes bioactivos; es por esta razón la elaboración de un alimentos extruidos a base de maca, cañihua y maíz morado, por contener los aminoácidos esenciales necesarios para el buen funcionamiento física y mental, ya que los granos andinos y tubérculos ofrecen propiedades funcionales en cantidad y calidad en comparación con otros cereales , leguminosas y tubérculos.

La cañihua, maca y maíz morado descifran altos contenidos de compuestos bioactivos, que poseen importantes bioactividades, tales como la actividad de antioxidantes naturales, propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y presentan protección contra enfermedades degenerativas. El grupo más importante de estos compuestos son los polifenoles totales, presentes en esta variedad y eco tipo de cultivos andinos que exhiben colores oscuros, siendo estos productos las más importantes fuentes de estos compuestos bioactivos.

Sin embargo, las variables involucradas en la determinación de estos compuestos bioactivos como formulación, temperatura y flujo de alimentación, en el proceso de cocción – extrusión se han manejado indistintamente en los tratamientos y resulta importante evaluar el efecto que tienen dichas variables, además de la interacción que existe entre ellas para así establecer la cuantificación de compuestos bioactivos; conservando además su actividad antioxidante después del proceso de cocción - extrusión.

La producción y el desarrollo comercial de cañihua, maca y maíz morado de los pequeños productores andinos y el Centro Internacional de Productos Andinos han demostrado interés, promoviendo y mejorando la cantidad de producción con la finalidad de promover su consumo, producción y aprovechar su biodiversidad, versatilidad utilizando nuevas tecnologías como la cocción - extrusión para su procesamiento de estos productos andinos y que permitan conservar sus características bioactivas y nutricionales a lo largo del proceso.

Con este preámbulo se ha creído conveniente, para el presente trabajo de investigación, estudiar la estabilidad de los compuestos bioactivos y la actividad antiradicalaria en un alimento extruido a base de cultivos andinos de cañihua, maca y maíz morado.

ANTECEDENTES

Sota, (2003). Tesis, "Determinación de la Humedad Adecuada en Proporciones de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y Maíz (*Zea mays* L.) Expandidos por Extrusión."

Sus objetivos principales fueron: encontrar el porcentaje de sustitución del maíz por la cañihua en sus dos variedades, encontrar la temperatura y humedad de extrusión, determinar la variedad de cañihua que logra la mayor expansión, determinar la digestibilidad de la cañihua variedad Cupi, Ramis y determinar el porcentaje de aceptación del producto final. Concluyo con los siguientes: como la mejor mezcla 15% de cañihua y 85% de maíz, humectado a 15.20% de humedad, extruidos a 150°C. La variedad Cupi obtuvo mayor expansión de 3,08 cm y 79.8% de digestibilidad; variedad Ramis 78.3% de digestibilidad y por último el producto final tuvo una aceptación de 15%.

Instituto de Innovación Tecnológica y Promoción del Desarrollo - (PIWANDES), (2003). "Evaluación de Cuatro Mezclas Alimenticias, dos a Base de Cañihua y dos a Base de Quinua".

En el proceso de extrusión, el rango de temperatura fue de 158 a 165 °C. Para la operación de mezclado se utilizó una velocidad de rotación de 70 rpm y el tiempo de mezclado fue de 10 a 12 minutos.

Mezclas a Base de: Cañihua 45 %, Soya 25 %, Maca 15 %, Arroz 15 %.

Mezclas a Base de: Quinua 45%, Soya 25 %, Maca 15 %, Arroz 15 %

Aro, (2001). Tesis, "Elaboración de Mezcla Alimenticia a Base de Quinua, Cañihua, Cebada, Maíz, Haba y Soya por Proceso de Cocción - Extrusión".

Esta investigación determino la mezcla óptima de cereales y leguminosas mediante el score químico, determino los parámetros de extrusión y realizo las pruebas biológicas. Concluyo, que la muestra que presento mayor aceptación por los infantes fue la que contiene 28.8% quinua; 9,25% cañihua; 5% de cebada; 6% de haba; 3% maíz y 8% de soya, acondicionado a 15% de humedad, extruidos a 180 °C y con una velocidad de rotación de 457 rpm, en la pruebas biológicas obtuvo: 90% de digestibilidad aparente, 90% de digestibilidad verdadera, 78% de utilización de proteína neta y 89% de valor biológico.

Luna, G y Tacora, G. (2008). "Efecto de Cocción - Extrusión de la Fracción Indigestible, Capacidad Antioxidante y Algunas Propiedades Funcionales de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)".

En este estudio se evaluó el efecto de la cocción - extrusión en la capacidad antioxidante, fracción indigestible, fitatos y polifenóles totales en 3 variedades de cañihua, utilizando los métodos: Composición proximal del grano de cañihua, método AOAC (1995), Azúcares libres, método colorimétrico DNS AACC (1984), Fracción indigestible, método de Saura Calixto *et al.*, 2000. Encontrando diferencias en sus contenidos de proteína, extracto etéreo, polifenóles totales y capacidad antioxidante entre variedades, sobresaliendo Ramis por su contenido de proteína (19.34 % b.s) y Cupi por su extracto etéreo (12.8% b.s.). Los polifenóles totales variaron entre 2.33 – 2.53 (mg de ácido gálico Eq./g b.s) la variedad cupi presento la mayor y la capacidad antioxidante varia 36.86 - 41.78 (μmol Trolox Equivalente/g b.s), Siendo la variedad Cupi la que presentó los mayores niveles (41.78 μmol Trolox Equiv./g). La Fracción Indigestible vario entre 44.6 - 50.79 %. El contenido de fitatos varió entre 0.78 - 0.83 %. El contenido de

polifenóles totales y capacidad antioxidante disminuyeron en 47.6 y 66 % respectivamente, mientras que el contenido de fitatos no fue afectado.

Tacora, et al., (2010). “Efecto de la Presión de Expansión por Explosión y Temperatura de Tostado en Algunas Características Funcionales y Fisicoquímicas de Dos Variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”.

Se evaluó el efecto que ejerce el proceso de expansión por explosión a presiones de 120, 140 y 160 lb pulg⁻² y el proceso de tostado a temperaturas de 130, 160 y 190 °C en el contenido de polifenóles totales, capacidad antioxidante, fitatos así como en sus características fisicoquímicas: grado de gelatinización, índice de absorción e índice de expansión de cañihua en las variedades cupi e Illpa INIA 406, dando como resultado que el proceso de expansión por explosión incrementó el contenido de polifenóles totales y capacidad antioxidante donde se obtuvo una capacidad antioxidante de 5.415 µg Trolox eq.g-1 en la variedad cupi y 5.450 µg Trolox eq g-1 en la variedad Illpa INIA 406, a medida que las presiones aumentaron, mientras que el proceso de tostado acrecentó el contenido de polifenóles totales aumentó progresivamente, la capacidad antioxidante fue de 5.415 µg Trolox eq g-1 en la variedad cupi y 5.450 µg Trolox eq g- 1 en la variedad ILLPA INIA 406 donde se experimentó una leve disminución inicial e incrementando su valor progresivamente a temperaturas mayores, no existiendo una variación considerable del contenido de fitatos, se produjo un incremento inicial las características fisicoquímicas, disminuyendo estas a 190 °C, siendo similares en ambas variedades, dando a entender que el proceso de expandido y

extrusión genera mejores características funcionales en comparación con el tostado.

Repo Carrasco R., (2008). "Determinación de Capacidad Antioxidante de la Cañihua".

La determinación de Capacidad Antioxidante de la Cañihua realizo por el método del ABTS, ha observado una mayor capacidad antiradicalaria de la variedad Cupi 15.0980 ($\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$) seguida por las variedades Illpa (14.2121 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$), chilliwa 13.4785 ($\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$), Ramis (12.5367 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$) y pukacañihua (13.1658 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$). En la cuantificación de polifenoles totales encontrados para la variedad cupi es de 2.538 (mg ácido gálico Equivalente/g), se encuentra dentro del rango mencionado por Saura – Calixto y Bravo (2002), 0.1 – 10% para los cereales. Como se puede ver el amplio rango demuestra la variabilidad de este componente en los vegetales.

Neyra, A. (2011). "Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas Maca"

Realizo Estudios Sobre la Maca estos resultados fueron Obtenidos para dos Muestras de Harina de Maca de dos Empresas (KOKEN y AMAZON). Observó que el extracto acuoso de *Lepidium peruvianum* "maca" presentó una mayor capacidad antioxidante, 65.38 ($\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$), sin embargo, se observó también que el extracto metanólico de *Lepidium meyenii* presentó una capacidad antioxidante 60.32 ($\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$). Estas diferencias podrían estar influenciadas por el proceso de obtención de la harina, clima, humedad, entre otros, que podrían intervenir en la presencia o ausencia de diversos metabolitos

y/o sustancias activas. El Contenido de fenoles totales determinadas por el método espectrofotométrico en diferentes extractos maca morada fue: acuoso sin hervir 15.745 (mg de ácido gálico Equivalente/g) de polvo seco, Acuoso hervido 14.33 (mg de ácido gálico Equivalente/g) Etanólico 6.73 (mg de ácido gálico Equivalente /g) polvo seco.

Hertog, (1993). "Determinación de la Capacidad Antiradicalaria de Diferentes Productos".

Se evaluó y observó la capacidad antiradicalaria del Maíz morado del producto final no extruida y extruida; desenlazando con los resultados que el maíz morado extruida tiene una capacidad antiradicalaria de 47.20 (μmol Trolox equivalente/g), y la no extruida tiende a un valor de 63.15 (μmol Trolox equivalente/g) medida por el porcentaje de optación de radicales libres. Determinando que variables de temperaturas altas de extrusión atentan a la volatilización de la capacidad antiradicalaria del maíz morado y también observo en productos como Ciruela 32.44 μmol Trolox Equiv./g, camote morado 31.67 μmol Trolox Equiv./g. La capacidad antiradicalaria, medida por el porcentaje de optación de radicales libre, para las diferentes plantas estudiadas, a concentraciones de 100 ug/mL.

Almeida, (2012). "Extracción y Caracterización del Colorante Natural del Maíz Morado (*Zea mays L.*) y Determinación de su Actividad Antioxidante".

En la presente investigación, se estudió la extracción del colorante del maíz morado tanto de los granos como de las corontas, se evaluó la estabilidad del mismo, a diferentes valores de pH, temperaturas de extracción y condiciones de almacenamiento. El extracto colorante de las corontas en estado sólido presento un menor tiempo de humectabilidad (129 s), mayor índice de solubilidad (0.290) y

mayor dispersabilidad en agua (96.72 %), que el extracto colorante proveniente del grano. Igualmente el contenido de antocianinas (22.68 mg/g muestra, expresado como cianidina 3 – β glucósido) y compuestos fenólicos (2.78 mg ácido gálico Equiv./g de muestra seca), registrado en el extracto de las corontas, superó al encontrado en el extracto del grano con 13.92 mg/g muestra seca para las antocianinas y 1.94 mg ácido gálico Equiv./g de muestra seca para los compuestos fenólicos. Paralelamente se analizó el poder antioxidante del extracto de los granos resultando 15.96 (μ mol Trolox Equiv. /g.), valor que es superior al obtenido por otros frutos.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. CAÑIHUA.

1.1.1. Descripción botánica.

La cañihua es una planta terofita erguida o algo postrada y alcanza entre 20 y 70 cm de alto, Tanto los tallos en su parte superior, como las hojas y las inflorescencias están cubiertos de vesículas de color blanco o ligeramente rosado que las protegen del frío. Las hojas alternas presentan peciolo cortos y finos, las láminas son engrosadas, de forma de rombo, las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior que se unen después en la inserción del peciolo. Las inflorescencias son pequeñas, axilares o terminales, cubiertas totalmente por el follaje que las protege del efecto de las bajas temperatura (León, 1964).

El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris, el pericarpio es muy fino y translucido. La semilla es muy pequeña de 1 a 1,2 mm y de color

castaño claro, oscuro o negro con el epispermo muy fino (Tapia y Frías, 2007).
(Anexo 1, figura 01)

La clasificación en cuatro grupos principales de qañiwas cultivadas y una silvestre (Paredes, 1967).

- Saiguaqañiwa de crecimiento erecto, grano castaño;
- Saiguacquito de crecimiento erecto grano marrón oscuro a negro;
- Lasta qañiwa crecimiento ramificado grano castaño;
- Lasta cquito crecimiento ramificado grano marrón oscuro a negro;
- Cuchi - qañiwa especie semi silvestre.

1.1.2. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica de la cañihua (Solano, 2001).

Reino: Vegetal

Sub Reino: Phanerogamae

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

SubClase: Archichlamydeae

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Especie: *Chenopodium canihua* Cook.

Nombre Comun: "Kañiwa", "Cañihua", "Cañahua",
"Quinoa Silvestre".

1.1.3. Origen.

Con relación al origen de este cereal andino, se encuentran referencias similares con el de la quinua, su origen se pierde en la prehistoria; pero no hay

duda que es un cultivo autóctono de los andes de América, originaria de la meseta del Collao, donde se ha cultivado desde tiempos inmemorables, la cañihua originaria de los andes del sur del Perú y Bolivia, fue domesticada por los pobladores de estas naciones (Hernández, 1992).

1.1.4. Formas de consumo y utilización.

La forma de consumo es de la siguiente manera (Tapia, 2000):

- Consumo humano: mayormente en forma de kañihuahaku o cañihuaco (grano tostado y molido), o harina de cañihua, con el que se preparan panes secos (kispíño), mazamoras, tortas, refrescos, bebidas calientes, entre otros.
- Consumo animal: como forraje en las zonas del altiplano donde existe una agricultura muy limitada, como ingredientes en la dieta de pollos parrilleros.
- Uso industrial: como sucedáneo del trigo en la panificación.
- Algunas otras formas de transformación artesanal de la cañihua, quinua y amaranto tales como grano reventado, harina tostada y grano extruido (FAO, 2000).

1.1.5. Valor nutricional.

El consumo de granos (quinua, cañihua y quiwicha), ricos en lisina y metionina, y de leguminosas (tarwi, frejol) compensan las carencias de los tubérculos (Guidò, 2005).

La quinua (*Chenopodium quinoa*), la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el amaranto o quiwicha (*Amaranthus caudatus*) son granos andinos que se caracteriza por contener proteínas de alto valor biológico (aminoácidos esenciales

disponibles al organismo animal para satisfacer su requerimiento durante una situación biológica) y el valor nutricional (aminoácidos para síntesis de proteínas totales juntamente con otros nutrientes).

En el cuadro 01. Se aprecia el contenido de macro nutrientes de los granos andinos, comparados con el trigo, donde se observan las diferencias en cantidad y calidad (Collazos, 1975).

Cuadro 01

Composición fisicoquímica de granos andinos en comparación con el trigo (g/100g).

Composición	Quinua (a)	Cañihua (a)	Kiwicha	Trigo
Proteína	11.7	14.0	12.9	8.6
Grasa	6.3	4.3	7.2	1.5
Carbohidratos	68.0	64.0	65.1	73.7
Fibra	5.2	9.8	6.7	3.0
Ceniza	2.8	5.4	2.5	1.7
Humedad%	11.2	12.2	12.3	14.5

(a) valores promedio de las variaciones de la tabla de composición de los Alimentos Peruanos.

Fuente: Collazos, (1975).

Las proteínas biológicamente incompatibles son aquellos que tienen uno o más aminoácidos esenciales que limitan la síntesis de proteínas tisulares, disminuyen su utilización. En el cuadro 02 se evalúa el contenido de los aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en las proteínas de los granos andinos; en ella se observa que estos aminoácidos son elevados al ser comparados con los cereales

(pobres en lisina y treonina) y las leguminosas (pobres en aminoácidos azufrados: metionina+cistina). Esto significa que el cómputo de aminoácidos (relación entre los mg de aminoácidos en 1g de nitrógeno de la proteína del alimento estudiado y los mg de aminoácidos en 1g de nitrógeno de la proteína de referencia) es bueno permitiendo realizar mezclas de cereales y leguminosas para mejorar el Cómputo Aminoácido y la calidad Biológica de la proteína de la mezcla (Complementación Aminoácida) (Guido, 2005).

Cuadro 02

Contenido de aminoácidos lisina, metionina, treonina y triptófano en los granos andinos y en trigo (g de aminoácidos/100 g de proteínas).

Aminoácidos	Quinoa (a)	Cañihua (a)	kiwicha	Trigo (b)
Lisina	6.8	5.9	6.7	2.9
Metionina	2.1	1.6	2.3	1.5
Treonina	4.5	4.7	5.1	2.9
Triptófano	1.3	0.9	1.1	1.1

(a) Valores promedio de las variedades de la tabla de composición de Alimentos Peruanos.

(b) FAO, 1983. Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos Biológicos sobre las proteínas.

1.2. MACA.

La maca es una especie nativa Peruana, de origen alto andino, pero su cultivo al igual que otras especies vegetales, fue desapareciendo en la época de la conquista española tanto que fue declarada en la década de los ochenta, por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO

como una especie en peligro de extinción (*INADE/PRLT/PIWANDES* y *F.A.O, 2000*).

1.2.1. Descripción botánica.

Es una planta de crecimiento postrada, similar al rabanito. Las hojas en la base son de forma arrestada, pegada al suelo y con peciolo largo de más de 20 cm. y 2 a 3 cm de ancho. Las flores son muy pequeñas, al igual que las semillas. Desde hace más de 20 años se han iniciado actividades de selección de ecotipos más productivos y que corresponden a ocho diferentes coloraciones de la raíz, las que van desde blanco hasta morado (*Tapia M. y Fries A., 2007*). (Anexo 1, figura 2)

1.2.2. Clasificación taxonómica.

Obregón (1998), determina para la "maca" la siguiente clasificación taxonómica:

División: Angiospermae

Clase: Dicotyledoneae

Subclase: Archichlamydeae

Orden: Papaverales

Familia: Brassicaceae

Género: *Lepidium*

Especie: *Lepidium meyenii Walp*

Nombre Vulgar: Maca

1.2.3. Origen.

La maca es una planta que crece entre los 3 500 y 4 500 metros sobre el nivel del mar en la zona conocida como los andes centrales de Perú, específicamente en la meseta del Bombón, entre los Departamentos de Junín y Pasco (*Chacón, 1997*).

Esta planta forma parte de la familia de los crucíferas y es una de las cuatro plantas que nacen y se desarrollan en los andes, en temperaturas que oscilan entre los 4 y 7 °C durante el día, y hasta -8°C durante la noche. Se estima que existe alrededor de 100 especies de maca, 11 de las cuales se reproducen en este país Sudamericano (*Golberg, 2001*).

1.2.4. Propiedades de la maca.

INADE/PRLT/PIWANDES y F.A.O, (2000); destaca las siguientes propiedades:

- Es un gran alimento porque contiene los elementos esenciales para el buen desarrollo del organismo: micro elementos (calcio, hierro y fósforo), proteína, carbohidratos y aminoácidos esenciales; por eso muchos la consideran, aparte de ser un gran alimento como un reconstituyente natural.
- La maca destaca por las extraordinarias dosis de albumina (proteína constituyente del suero sanguíneo) que posee.
- La maca es la única planta que tiene magnitud de proteína y aminoácidos, similares a las de la carne.
- Estimula el metabolismo, mejora la memoria, es antidepresivo y muy efectivo para combatir la anemia.

- Se le usa para combatir el raquitismo y a la osteomalacia por las elevadas cantidades de calcio y fosforo que posee.

1.2.5. Ecotipos de la maca.

La mayoría de los autores describen diferentes tipos de la maca teniendo en cuenta el color externo de la raíz, las que presentan principalmente colores: amarillo, negro, rojo y morado (Obregón, 1998).

Cuadro 03

Producción de maca en función al ecotipo

Ecotipo	Producción de Maca 2004-2007 TM/Ha.	% De Producción
Amarillo	60.1	47.80
Rojo – blanco	40.9	16.50
Morado	23.7	9.00
Blanco rojo	16.0	6.30
Plomo	14.2	5.40
Negro	12.8	4.20
Rojo – amarillo	10.0	3.70
Blanco	8.5	2.20
Blanco – morado	4.4	1.60
Amarillo – rojo	3.1	1.30

Fuente: Obregón, (1998).

1.2.6. Valor nutricional de la maca.

El valor nutricional del hipocotilo seco de la maca es alto, asemejándose a aquellos encontrados en cereales y gramíneas tales como maíz, arroz y trigo, los hipocotilos frescos contienen 80% de agua, los hipocotilos secos de maca tienen

la siguiente composición: 59% de carbohidratos, 10.2 de proteínas, 8.5 de fibra y 2,2% de lípidos (Chacon, 1997).

Cuadro 04

Composición químico proximal de diferentes ecotipos de la maca en base seca

Determinación análisis proximal	Ecotipos		
	Amarillo (g%)	Rojo (g%)	Morado (g%)
Humedad	9.71	10.14	10.47
Proteínas totales	17.99	17.22	16.31
Grasa	0.82	0.91	0.82
Carbohidratos	62.69	62.60	63.82
Fibra	5.30	5.45	4.95
Ceniza	3.49	3.68	3.63
Nitrógeno total	2.87	2.76	2.42
Nitrógeno	1.55	1.16	1.36
Proteico	8.25	9.97	7.7
Proteína Pura (NP x 6.25)	37.86	37.52	38.18
Almidón			
Vitaminas	(mg%)	(mg %)	(mg %)
Niacina	43.03	37.27	39.06
Ácido ascórbico	3.52	3.01	2.05
Riboflavina	0.61	0.50	0.76
Tiamina	0.42	0.52	0.43

Fuentes: Obregón, (1998).

Según Obregón (1998), destaca que en el trabajo de investigación realizado sobre el "Estudio químico y Fitoquímico comparativo de tres ecotipos de *Lepidium meyenii Walp*, "maca" procedente de Carhuamayo (Junín) obtuvo los resultados que se aprecia en la cuadro 04.

En cuanto a los aminoácidos presentes en la maca realizados en un trabajo de investigación, esta es óptima como se observa en el cuadro 05.

Nutricionalmente hablando es conocido la deficiencia en aminoácidos esenciales de los tubérculos y raíces, sin embargo en el caso de la maca es muy valiosa la presencia de prácticamente todos los aminoácidos esenciales excepto el triptófano (este no se determinó), si bien no se detectó cisteína, esta se forma a partir de metionina y fenilalanina (Obregón, 1998).

La maca también es rica en esteroides y un alto contenido de mineral, en particular en hierro, calcio y cobre (Aliaga, 1999).

Cuadro 05
Composición de aminoácidos en la maca.

Aminoácidos	Miligramos de aa/g. de proteína
Ac. Aspártico	91.7
Ac. Glutámico.	156.5
Cerina	50.4
Histidina	21.9
Glicina	68.3
Treonina	33.1
Alanina	63.1
Argenina	99.4
Terosina	30.6
Fenilalanina	55.3
Valina	79.3
Metionina	28.0
Isoleucina	47.4
Leucina	91.0
Lisina	54.5
Prolina	0.5

Fuente: Aliaga, (1999).

Cuadro 06

Minerales presentes en la maca.

Minerales	mg/100g
Calcio	220.00
Fosforo	180.00
Hierro	15.50
Manganeso	0.80
Cobre	5.90
Zinc	3.80
Sodio	18.70
Potasio	2050.00

Fuente: *Aliaga, (1999).*

1.3. MAÍZ MORADO.

1.3.1. Descripción botánica.

El maíz morado es una planta monocotiledónea, de estambres hipogéneos, pertenecientes a la familia de las Gramíneas. El maíz morado constituye una de las muchas variedades de la especie *Zea maíz* (*Sevilla y Valdez, 1985*).

El maíz morado es uno del conjunto de variedades de *Zea maíz L.* que poseen un fruto (infrutescencia) de color morado (*Llano, 1984*). (Anexo 1, figura 03)

1.3.2. Clasificación taxonómica.

Salhuana y Haynes (2004), presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino: Vegetal

Subreino: Embriobionta

División: Angiospermae

Clase: Monocotyledoneae

Orden: Cyperales

Familia: Gramíneae

Género: Zea

Especie: Mays

Nombre Científico: Zea Mayz L.

Nombre común: Maíz morado, Millo, Peruvian purplecorn, Purplecorn.

1.3.3. Origen.

Crecen en los Andes del Perú, Bolivia y Argentina, dispersos y cultivados también en las costas del territorio Peruano, desde mucho antes de los Incas.

La producción Peruana de maíz morado ha mostrado una franca recuperación a partir del 2003, creciendo a un promedio anual de 19.6% hasta 2006, totalizando las 10.6 mil TM. En el año 2006 las principales regiones productoras fueron Lima (24.2%), Arequipa (21.8%) y Cajamarca (*Chacón, 1997*).

1.3.4. Propiedades del maíz morado.

Palacios (1997), destaca las siguientes propiedades:

- Promueve la reducción del colesterol y la baja de presión arterial
- Estabiliza y protege la capilaridad de las arterias
- Combatir obesidad y diabetes.

- El maíz morado, es una herencia saludable para la humanidad; dado que contiene sustancias fenólicas y antocianinas, además de otras fotoquímicas muy importantes para la salud.

1.3.5. Variedades de maíz morado.

Existen diferentes variedades de maíz morado diferenciándose por la forma, tamaño, número de hileras, color del grano. Todas derivadas de una línea más ancestral denominada "Kculli" aún cultivada en Perú, Bolivia y Argentina (Llano, 1984).

- **Morado Canteño:** variedad nativa, altura de 1.8-2.5 m, floración a los 110-125 días.
- **Morado Mejorado (Derivados de Caraz):** para siembra en sierra media y costa central, altura cercana a los 2m, precocidad de floración masculina, 90 a 100 días.
- **Morado Caraz:** Usado para siembra en sierra y puede adaptarse también en la costa. El tamaño del grano es menor que la variedad Cusco.
- **Arequipeño (variedad Tradicional),** color no es intenso, presenta mucha variabilidad puede ser mejorado, es más precoz que los anteriores.
- **Cuzco Morado:** De granos grandes, dispuestos en mazorcas de 8 hileras bien definidos. Su cultivo se da en lugares de zonas de altitud intermedia, en los departamentos de Cusco y Apurímac.
- **Negro de Junín:** En la sierra centro y sur llegando hasta Arequipa.

1.3.6. Usos y alternativas de procesamiento agroindustrial del maíz morado.

El colorante natural que caracteriza al maíz morado es la antocianina que se encuentra tanto en los granos como en la coronta y muy requerido en la industria alimentaria; ha generado un interés, sobre todo en los países desarrollados, donde se restringe el uso de colorantes artificiales o sintéticos; también por tratarse de un rico antioxidante (*Aliaga, 1999*).

De los ecotipos negros del maíz se extraen los pigmentos antocianinas, las cuales aportan color a las bebidas, dulces y confites, productos de panadería, conservas de pescado, grasas y aceites, mermeladas y jaleas, frutas confitadas y en almibar, jarabes de frutas, sopas y saborizante, coloración de jugos de frutas, vinos y vinagres (*Chávez, 2000*).

El maíz, junto con la papa constituyen las materias primas más importantes para la obtención industrial de almidón, el cual se usa industrialmente para producir alcohol y edulcorantes alimentarios. La molienda del maíz morado previo a una escarificación permite la elaboración de una gran variedad de sémolas y harinas de distinta granulometría (*FAO, 2000*).

A partir del maíz morado se obtienen bebidas no alcohólicas como pinolate Guatemalteco (harina de maíz, azúcar y agua), el piloncillo costarricense u Hondureño (harina de maíz y cacao), el alote Mexicano (harina de maíz, agua, leche y azúcar) y en el Perú son muy populares la "chicha morada" y la "mazamorra morada" preparadas con este maíz, reconocidas como muy nutritivas (*Nakamura, 2007*).

Por otro lado, sugirió la utilización del grano para la industria almidonería, además de la obtención de levadura prensada o de jora (Arias y Chalmin, 1985).

1.3.7. Composición química del maíz morado

La composición química de los granos y coronta del maíz morado, (Collazos et al., 1996) se reporta en el cuadro 07.

Cuadro 07

Composición química del maíz morado en base seca

Componentes	Granos (%)	Coronta (%)
Proteína (%)	8.41	1.48
Grasa (%)	6.65	0.99
Carbohidratos (%)	71.30	54.68
Fibra (%)	3.35	40.71
Cenizas (%)	1.55	2.14
Componentes	Maíz morado ¹	
Humedad (%)	11.4	
Calcio	12 mg	
Fosforo	328 mg	
Hierro	0.2 mg	
Retinol	0.8 mg	
Tiamina	0.38 mg	
Riboflavina	0.22 mg	
Niacina	2.8 mg	
Ácido ascórbico reducido	2.1 mg	

¹ composición por 100 g de maíz morado

Fuente: Collazos et al., (1996).

1.4. PROCESO DE COCCIÓN - EXTRUSIÓN DE ALIMENTOS.

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio (Apro, 2001). El mismo da una definición práctica: la extrusión de alimentos es un proceso en el que un material (grano, harina o subproductos) es forzado a fluir, bajo una o más de una variedad de condiciones de mezclado, calentamiento y cizallamiento, a través de una placa / boquilla diseñada para dar forma o expandir los ingredientes.

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo. El objetivo principal de extrusión consiste en ampliar la variedad de los alimentos que componen la dieta elaborando a partir de ingredientes básicos, alimentos de distintas forma, textura, y color de bouquet; la extrusión con cocción es un tratamiento térmico a elevadas temperaturas durante corto tiempo que reduce la contaminación microbiana e inactiva los enzimas, sin embargo, tanto los alimentos extruidos en caliente como frío, se conservan principalmente, por su baja actividad de agua (Fellows, 1994). A su vez la disponibilidad de los aminoácidos puede verse afectada a través de mecanismos de oxidación y reacción de maillard (Bjorck y Asp, 1983).

La extrusión es un proceso termodinámico de cocido y secado, mediante el cual un producto farináceo húmedo es expandido y adquiere una consistencia plástica, en un tubo por combinación de presión, calor y tracción mecánica, esto da como resultado una elevación de temperatura dentro del tubo, gelatinización de almidones, desnaturalización de las proteínas, además del moldeo, corte, expansión exotérmica del producto final (Bjorck y Asp, 1983).

La cocción es un proceso importante en la fabricación de alimentos; es capaz de efectuar un número de operaciones, incluyendo cocción, formación, texturización y deshidratación de materias alimenticias particularmente aquellos con granos, estas operaciones están contenidas en una pieza de equipo compacto, el cual desperdicia poca energía y necesita únicamente una pequeña cantidad de espacio (*Kokini et al., 1992*).

Durante el proceso de extrusión, el alimento se somete a alta temperatura, elevada compresión e intenso esfuerzo cortante (cizallamiento) las cuales producen los siguientes fenómenos:

- Modificación de las características físicas, químicas y fisicoquímicas de las macromoléculas, ocurren fenómenos como la gelatinización y dextrinización del almidón, la desnaturalización y/o texturización de las proteínas y la desnaturalización de parte de las vitaminas presentes (*Kokini et al., 1992*).
- Fusión y plastificación del material alimenticio, aquí las partículas del alimento cambian de granular a aformo y finalmente llegan a un estado de masa plástica, viscosa y uniforme (*Harper, 1981*).
- Tendencia a la orientación de las moléculas en la dirección del flujo de masa, ocurre la formación de enlaces cruzados intermoleculares de gran importancia en la reacción de una estructura expandible y con una estabilidad posterior a la extrusión (*Harper y Jansen, 1988*).
- Expansión del material alimenticio, ocurre cuando la presión interna del sistema es suficientemente alta y cambia bruscamente hasta alcanzar la presión atmosférica al salir del molde o dado del extrusor (*Linko, 1981*).

1.4.1. Principios básicos de la cocción - extrusión.

Durante el proceso de extrusión, el alimento es trabajado y calentado por una combinación de fuentes de calor, incluyendo la energía disipada por fricción al girar el tornillo, o inyección de vapor directo a lo largo de la cámara. La temperatura del producto supera la temperatura de ebullición normal, pero no ocurre evaporación debido a la elevada presión que existe. Durante el paso de los ingredientes alimenticios a lo largo del extrusor, son transformados de un estado granular crudo a una masa continua (*Harper y Jansen, 1988*):

Los extrusores consisten de dos componentes básicos: (1) el tornillo o tornillos que giran en una cámara que transporta el material alimenticio mientras que genera presión y esfuerzo de corte, (2) una boquilla u orificio de restricción a través del cual el producto es forzado (*Harper, 1992*). De acuerdo al autor las extrusoras tienen los componentes. (Anexo 1, figura 4)

1.4.2. Ventajas de la cocción - extrusión de alimentos:

Presenta una lista de ventajas de los modernos extrusores que hacen que se difundan en la industria de alimentos (*Harper, 1981*):

- **Alta productividad:** Un extrusor provee un sistema de procesamiento continuo de capacidad de producción mayor que otras formas de sistema.
- **Bajo costo:** Los requerimientos de trabajo y espacio por unidad de producción son más pequeñas que otros sistemas de cocinas.
- **Productos de alta calidad:** El proceso de calentamiento HTST (Alta Temperatura y Tiempo Corto) minimiza la degradación de los nutrientes de los alimentos, mientras mejora la digestibilidad por gelatinización del

almidón y aminora la desnaturalización de la proteína. El tratamiento de altas temperaturas y corto tiempo destruye factores indeseables en los alimentos. Algunos factores desnaturalizables térmicamente son compuestos anti nutricionales tales como inhibidores de tripsina, hemaglutinas, gopiol y enzimas indeseables tales como las lipasas o lipooxigenasas y microorganismos.

- **Producción de nuevos alimentos:** La extrusión puede modificar proteínas vegetales y otros materiales alimenticios para producir nuevos productos alimenticios.
- **No genera efluentes:** La cadena de efluentes del proceso es una ventaja importante, debido al severo control de las plantas procesadoras de alimentos para prevenir riesgos de contaminación ambiental.

1.4.3. Limitaciones de la cocción - extrusión

El proceso de la cocción - extrusión también presenta ciertas desventajas según *Harper (1981)*, entre las que tenemos:

- Los extrusores procesan solamente harinas o materiales granulados.
- En mezclas que contienen proteínas en un buen porcentaje, requieren ser cocidos en el menor de los rangos disponibles de temperatura de extrusión.

1.4.4. Efectos de cocción - extrusión sobre la composición de

Macronutrientes.

Al igual que otros procesos para el tratamiento térmico de alimentos, la cocción-extrusión tiene efectos tanto beneficiosos como perjudiciales sobre el valor nutricional (*Bjorck y Asp, 1983*).

- Sobre las Proteínas el tratamiento térmico de proteínas vegetales generalmente mejora su digestibilidad debido a la inactivación de inhibidores de proteasas y otras sustancias anti fisiológicos: sin embargo la disponibilidad de los aminoácidos puede verse afectada a través de mecanismos de oxidación y reacción de Maillard (*Bjorck y Asp, 1983*).

La Inactivación de inhibidores de proteasa manifiestan que la inactivación de los inhibidores de tripsina se incrementa con la temperatura de extrusión y el contenido de humedad, y a temperatura constante, aumenta con el tiempo de residencia y la humedad (a 135°C, 20% de humedad y un tiempo de residencia de dos minutos, se puede inactivar un 89% de inhibidor de tripsina) (*Bjorck y Asp, 1983*).

La reacción de Maillard se favorece con el aumento de temperatura y reducción de contenido de agua ($a_w = 0,3$ a $0,7$), siendo las pentosas y la lisina los compuestos más reactivos. La reacción de Maillard causa la disminución de la digestibilidad de las proteínas, a la vez que reduce la disponibilidad de aminoácidos (*Bjorck y Asp, 1983*).

- En los carbohidratos la cocción - extrusión destruye la estructura organizada y cristalina del almidón, ya sea parcial o totalmente, dependiendo de la proporción relativa de amilasa, amilopectina y de las variables de extrusión e imparte a los productos de almidón propiedades funcionales específicas (*Linko, 1981*).

La cocción – extrusión de almidón de maíz a bajos niveles de humedad, produce altas temperaturas y esfuerzo de corte y con ello la degradación del almidón y la formación de dextrinas (*Gomes y Aguilera, 1983*).

Durante el paso a través del extrusor, el material sufre la adición de calor y que junto a la hidratación permite que ocurra la modificación de la estructura de los gránulos de almidón, conocida como gelatinización. Este fenómeno conduce a otros cambios en las propiedades del almidón, tales como el aumento del índice de solubilidad en agua, aumento de la absorción de agua, digestibilidad del almidón o susceptibilidad al ataque enzimático (*Gonzales, 1991*).

- El valor nutricional de los lípidos durante el procesamiento puede ser afectado a través de diferentes mecanismos tales como la oxidación, la isomerización cis - trans o hidrogenación. La cocción - extrusión reduce el contenido de monoglicéridos y ácidos grasos libres por formación de complejos con la amilasa haciéndolos menos utilizables (*Bjorck y Asp, 1983*).
- Las pérdidas de vitaminas en los alimentos extruidos dependen del tipo de alimento, de su contenido en agua, del tiempo y la temperatura de tratamiento, sin embargo; las condiciones HTST (Alta Temperatura y Tiempo Corto) de la extrusión en caliente y el enfriamiento rápido del producto a la salida de la boquilla, hacen que las pérdidas vitamínicas y en aminoácidos esenciales sean relativamente pequeñas (*Linko, 1981*).

1.5. MEZCLAS ALIMENTICIAS EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA.

1.5.1. Mezclas alimenticias.

Para elevar la calidad de una proteína se requieren determinadas proporciones de cada aminoácido esencial, lo que ocurre con los alimentos de origen animal. La mayoría de las proteínas de origen vegetal carecen de algunos aminoácidos esenciales, pero este se mejora efectuando mezclas de cereales y leguminosas (*FAO/OMS, 1990*). Los granos andinos se prestan ventajosamente para realizar mezclas con leguminosas o cereales. Se recomienda una proporción

de 1 parte de leguminosas y 2 partes de granos, cereales o tubérculos (FAO, 1992).

Las semillas de leguminosas son ricas en lisina, pero deficientes en aminoácidos azufrados; los cereales en cambio presentan adecuadas cantidades de aminoácidos azufrados siendo deficientes en lisina.

Para lograr el mejor balance posible en el contenido de aminoácidos esenciales, las harinas de leguminosas pueden complementarse favorablemente con las harinas de los cereales (CENAN/INS/ MINSA ,1993).

1.5.2. Principios de formulación de una mezcla alimenticia.

Los métodos para formular las mezclas (Bressani, 1976), son los siguientes:

Los mismos autores recomiendan que el planteamiento del cómputo químico de aminoácidos y la digestibilidad de la proteína son factores relacionados con la calidad de la dieta que debe ser tomada en cuenta al asignar una determinada cantidad de proteína a la población. El cómputo de aminoácidos y una digestibilidad menor de 100% significara que se debe dar un mayor mezclado de los componentes según su contenido de aminoácidos esenciales (FAO, 1983).

1.5.3. Relación de eficiencia proteica.

La calidad de las proteínas de los alimentos depende de su contenido de aminoácidos esenciales. La FAO ha planteado que la proteína de un alimento es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína posee uno o más aminoácidos limitantes. La relación del aminoácido limitante que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo aminoácido en la proteína

de referencia para cada grupo de edad se denomina score químico (SQ)(Olivares, 1994).

$$SQ = \frac{\text{mg de aa en 1g de N de la proteína del alimento estudiado}}{\text{mg de aa en 1g de N de la proteína de referencia}} \times 100$$

Donde:

SQ: Score químico

aa: Aminoácido

N: Nitrógeno

1.6. COMPUESTOS FENÓLICOS.

Los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen un amplio grupo de sustancias químicas, consideradas metabolitos secundarios de las plantas, con diferentes estructuras químicas y actividad, englobando más de 8000 compuestos distintos. La distribución de los compuestos fenólicos en los tejidos y células vegetales varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuesto químico que se trate, situándose en el interior de las células o en la pared celular (Martínez *et al.*, 2000).

Los compuestos fenólicos están relacionados con la calidad sensorial de los alimentos de origen vegetal, tanto frescos como procesados. Su contribución a la pigmentación de los alimentos vegetales está claramente reconocida, a través de las antocianidinas, responsables de los colores rojos, azul, violeta, naranja y púrpura de la mayoría de las plantas y sus productos. También se les asocia con la astringencia que se presentan muchas frutas comestibles antes de la maduración (Martínez *et al.*, 2000).

1.6.1. Estructura química de los compuestos fenólicos.

Los compuestos fenólicos químicamente son sustancias que poseen un anillo aromático y un anillo benceno con uno o más grupos hidroxilados incluyendo derivados funcionales, como podrían ser ésteres, metilésteres, glucosidos, etc. (Tsimiduo, 1998). Son relativamente polares y tienden a ser solubles en agua. Además de la naturaleza bencénica que tiene, presentan intensa absorción en la región UV (Lock, 1994; citado por Perez y Leon 2005). Los compuestos fenólicos poseen una estructura química ideal para actuar como antioxidante, mostrando una mayor eficiencia *in vitro* en comparación a la vitamina E y C (Rice et al., 1996).

La naturaleza de estos compuestos varía desde moléculas simples, como los ácidos fenólicos, hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos. Estos compuestos son en su mayoría potentes antioxidantes debido a su estructura química, ya que son excelentes donadores de protones o electrones (Kinsella et al., 1993). Además poseen una estructura química ideal para captar iones metálicos y por lo tanto para inhibir la formación de radicales libres (Rice et al., 1996).

1.6.2. Clasificación de los compuestos fenólicos

1.6.2.1. No flavonoides

Los no flavonoides se subdividen en compuestos como los ácidos fenólicos, estilbenos y taninos hidrosolubles, los ácidos fenólicos distinguen dos familias distintas, la serie benzoica y la serie cinámica que se pueden encontrar en forma libre o esterificada con azúcares. La actividad antioxidante de los ácidos fenólicos se debe también a los hidrógenos fenólicos, la posición de los grupos hidroxilo y

el grado de hidroxilación determina en gran medida la actividad antioxidante, la presencia de un segundo grupo hidroxilo aumenta la capacidad antioxidante (García, 2005).

1.6.2.2. Flavonoides

Se han descrito más de 4000 flavonoides ($C_6 - C_3 - C_6$) diferentes que se clasifican en varias familias según cambios en su estructura básica. Los flavonoides es el grupo más ampliamente distribuidos (flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavanonas, antocianinas y flavonoles) estos son constituyentes naturales de los alimentos vegetales y proporcionan, en gran medida, el flavor, color y textura de estos alimentos. Los flavonoides más abundantes en los vegetales son los flavonoles y las flavonas (Pokorny et al., 2005).

1.6.3. Actividad biológica de los compuestos polifenólicos.

Los antiradicalarios pueden clasificarse en naturales o sintéticos estando algunos de estos últimos en desuso debido a los estudio que les atribuyen efectos cancerígenos, este hecho ha despertado un creciente interés en el estudio de los antioxidantes naturales entre los que se encuentran distinto de compuestos polifenólicos. La capacidad antioxidante descrita por distintos polifenoles se puede considerar como la actividad biológica responsable del efecto preventivo que se les atribuye sobre determinadas enfermedades (Martínez et al., 2000).

Los polifenoles son un grupo de compuestos presentes en la naturaleza y por ende, en la dieta, su estructura química los hace ser potentes antioxidantes, que se basa en su capacidad secuestradora de radicales libres, quelación de metales

è inhibir oxidasas (*Leighton y Urquiaga, 1998*). Su estructura química es la ideal para reaccionar con los radicales libres y formar un radical intermedio más estable y menos reactivo (*Ugartondo, 2009*).

Entre los polifenoles, un interesante grupo lo constituyen los flavonoides. Hay varios miles de flavonoides diferentes presentes en frutas y verduras y muchos de ellos tienen una capacidad antioxidante incluso más alta que las vitaminas A y E (*Leighton y Urquiaga, 1998*). Los flavonoides pueden aumentar la disponibilidad de antioxidantes endógenos, así como la actividad de enzimas antioxidantes, al mismo tiempo que son capaces de inhibir enzimas involucradas en la generación de especies reactivas de oxígeno (EROs) (*Pérez, 2003*).

1.6.4. Métodos de cuantificación de compuestos polifenólicos.

Dentro de los métodos para la cuantificación y/o identificación de compuestos polifenólicos se encuentran las técnicas espectrofotométricas, ensayos ultravioleta y cromatografías (*Martínez et al., 2007*).

a) Técnicas espectrofotométricas.

Para determinar polifenoles en alimentos destacan el ensayo de la vainillana para determinación de compuestos flavan – 3 - ol, dihidrochalconas y proantocianidinas que tiene una unión simple en la posición 2,3 y poseen grupos hidroxilos en la posición del anillo B y el ensayo de Folin - Ciocalteu para la cuantificación de polifenoles totales, esta técnica llegó a ser la más utilizada para determinar de manera cuantitativa a los polifenoles. Este método consiste básicamente en generar cierto color a través de la adición del reactivo de Folin - Ciocalteu en un medio alcalino a una determinada muestra.

b) Ensayos ultravioleta.

Se han realizado numerosos estudios para determinar y/o desarrollar técnicas rápidas de cuantificación de compuestos fenólicos mediante ensayos ultravioletas, cada grupo de compuestos fenólicos se caracterizan por tener uno o más absorbancias máximas a distintas longitudes de onda dentro del espectro ultravioleta. Una de las técnicas más empleadas dentro de este grupo es la determinación del ácido clorogénico, el cual se cuantifica después de su extracción con etanol y posterior lectura de la absorbancia máxima a una longitud de onda de 325 - 328 nm.

c) Técnicas cromatografías.

Las técnicas cromatograficas han permitido la separación, aislamiento, purificación e identificación de compuestos fenólicos así como el estudio de la interacción de los polifenóles y otros componentes de los alimentos. Hoy en día las técnicas de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) son las más empleadas para la separación y cuantificación de compuestos fenólicos. Existen distintos soportes y fases móviles que permiten el análisis de antocianinas, procianidinas, flavonas y ácidos fenólicos. Mediante del empleo HPLC, se puede determinar un gran número de polifenóles de interés nutricional como fenoles simples, ácidos fenólicos y sus derivados, los distintos flavonoides; sin embargo esta técnica requiere la utilización de métodos de extracción adecuados a cada uno de los compuestos a analizar.

1.7. CAPACIDAD ANTIRADICALARIA.

1.7.1. Antioxidante.

Un antioxidante es la sustancia que se encuentra en pequeñas concentraciones comparada a un sustrato oxidable e inhibe o retarda

significativamente la oxidación de dicho sustrato, el término de sustrato oxidable hace referencia de cualquier compuesto encontrado en el alimento y en tejido vivos (proteínas, lípidos, carbohidratos). A partir de esta definición se considera que las defensas antioxidantes incluyen:

- Los agentes que remueven catalíticamente las especies reactivas.
- Las proteínas que minimizan la disponibilidad de pro oxidante como iones de fierro o cobre.
- Las proteínas que protegen bio - moléculas por otros mecanismos.
- Agentes de bajo peso molecular que reducen las especies reactivas.

Los antioxidantes están formados por muchas líneas de defensa, la primera línea consiste en la inhibición de la formación de especies reactivas de oxígeno y de radicales libres a través del secuestro de iones metálicos, por reducción de hidroperóxidos y peróxidos de hidrogeno y por captación de superóxidos y oxígeno singulete. Los antioxidantes que absorben radicales actúan como segunda línea de defensa (*Britton, 1992*).

1.7.2. Importancia de los antioxidantes

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas inhibiendo, la inhibición o la propagación de las reacciones en la cadena (*Velioglu et al., 1998*). El antioxidante dona los átomos del hidrógeno a los radicales libres, así inhiben la propagación de la reacción en cadena (*Shahidi y Janitha, 1992*).

1.7.3. Antioxidantes naturales.

Las sustancias antioxidantes naturales se consideran más seguras y deseables que las sintéticas, pues pueden poseer implícitamente efectos beneficiosos para la salud, los antioxidantes naturales pueden ser compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos del nitrógeno (alcaloides, aminoácidos y aminas), o carotenoides, así el ácido ascórbico (Larson, 1988).

1.7.4. Efecto sinérgico de los antioxidantes

La mayoría de los antioxidantes utilizados en la actualidad, son compuestos fenólicos, es conocido que la combinación de varios antioxidantes resulta más efectiva, ya que refuerzan la acción de preservación, a esta acción se le denomina "efecto sinergista". Bajo esta denominación se comprende sustancias que refuerzan la acción de los antioxidantes (Bellitz y Grosh, 1998).

1.7.5. Radicales libres

El oxígeno está asociado a las condiciones de vida aerobia, representa la fuerza motriz para el mantenimiento del metabolismo y viabilidad celular al mismo tiempo que involucra un peligro potencial, responsable de la formación de intermediarios parcialmente reducidos y dotados de una reactividad alta conocidas como especies reactivas de oxígeno (EROs) (Martínez et al., 2007).

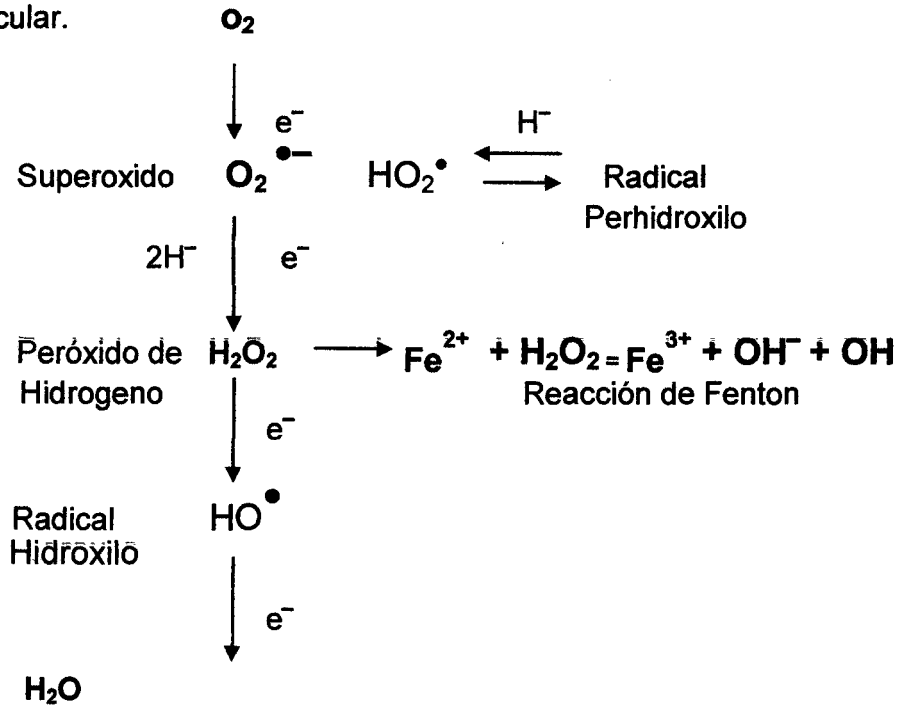
Especies reactivas de oxígeno es el término que se aplica colectivamente a las moléculas radicales y óxido de nitrógeno y no radicales que son agentes oxidantes, derivados de procesos fisiológicos normales, como la fosforilación oxidativa y como resultado de la exposición diaria a la radiación ionizante, la

contaminación atmosférica, el humo del cigarrillo, algunos fármacos, entre otros (Rojano et al., 2008).

Figura 05

Química de las especies reactivas de oxígeno (EROs)

El EROs normalmente es generado por una reducción secuencial del oxígeno molecular.



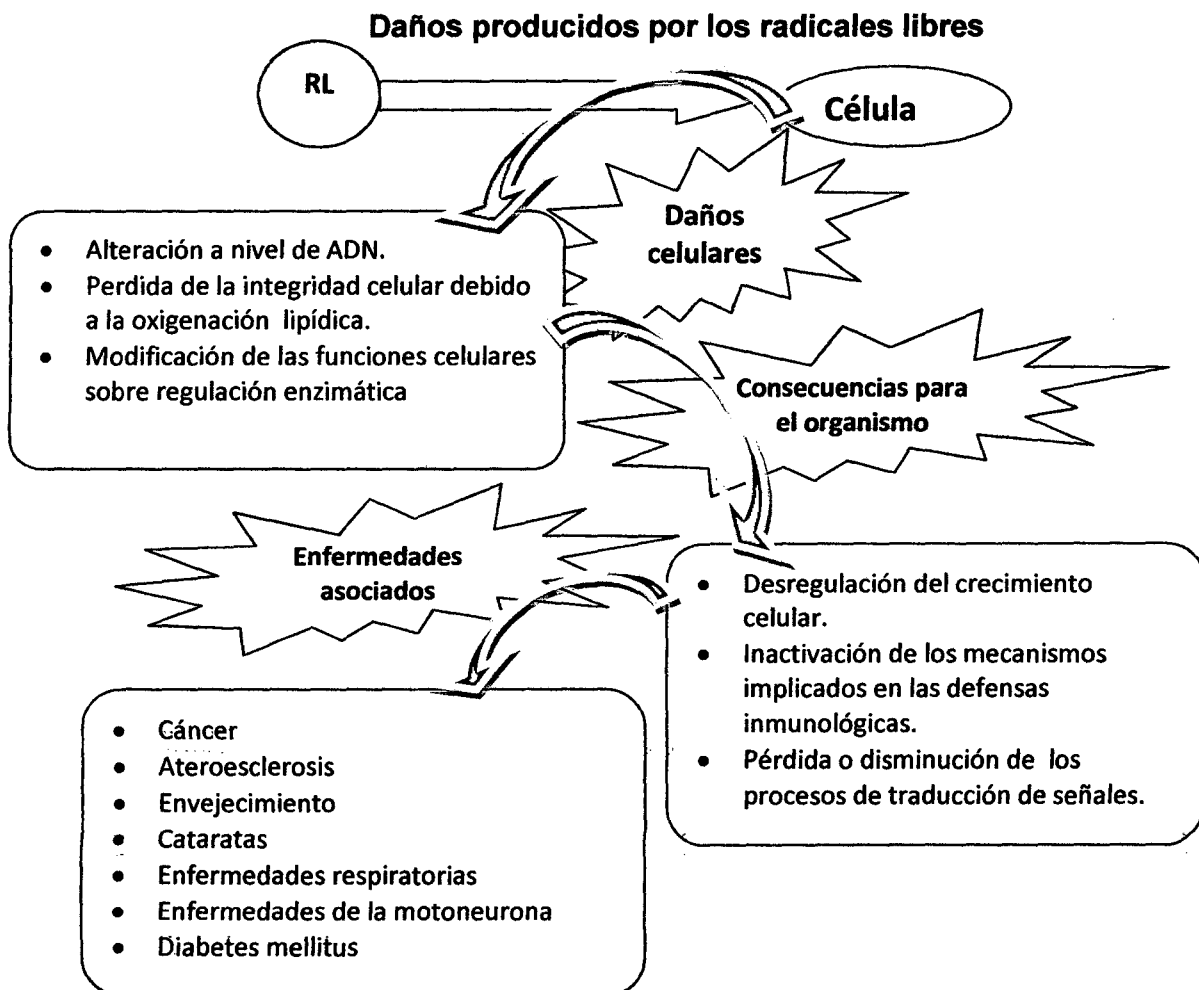
Fuente: Desikan et al., (2005).

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón desapareado o libre, por lo que son muy reactivos ya que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células. La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de

reaccionar con todo lo que este a su alrededor provocando un gran daño a moléculas, membranas celulares y tejidos (Avello y Suwalsky, 2006).

Cuando el aumento del contenido intracelular de EROs sobrepasa las defensas antioxidantes de la célula se procede el estrés oxidativo, a través del cual se induce daño a moléculas biológicas como lípidos, glucósidos, proteínas y ácidos nucleídos. El estrés oxidativo se presenta en diversos estados patológicos en los cuales se altera la funcionalidad celular, contribuyendo o retroalimentado el desarrollo de enfermedades degenerativas como la aterosclerosis cardiomiopatías, enfermedades neurológicas y cáncer (Avello y Suwalsky, 2006).

Figura 06



Fuente: Avello y Suwalsky, (2006)

1.7.6. Función antirradicalaria.

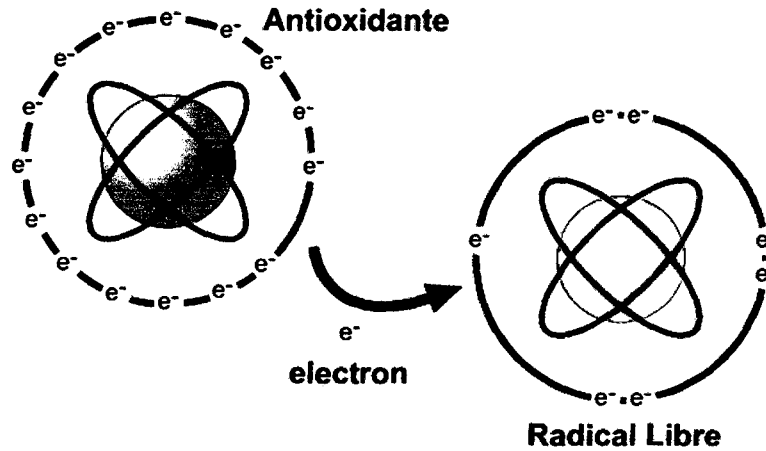
Los sistemas biológicos en ambientes oxigenados han desarrollado mecanismos de defensa, tanto a nivel fisiológico como bioquímico. Entre ellos destacan, a nivel fisiológico, el sistema micro vascular, cuya función es mantener los niveles de O_2 en los tejidos y a nivel bioquímico (Martínez et al., 2007). La célula se protege de los radicales libres mediante la acción de sistemas enzimáticos antioxidantes y de sistemas no enzimáticos (Rojano et al., 2008).

La primera defensa antioxidante es intracelular y es principalmente de tipo enzimático. Las enzimas antioxidantes requieren de la presencia de metales como Cu, Fe, Mg, Se y Zn para su acción, por esto se les llama a veces metales antioxidantes. Las más importantes son la catalasa, el superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa y requieren Fe, Se, y Cu o Mn, y Zn respectivamente (Urquiaga et al., 1999).

La segunda barrera antioxidante es de tipo no enzimático y está dada por compuestos antioxidantes que actúen tanto a nivel celular como extracelular (Urquiaga et al., 1999). Está formada por distintos compuestos que atrapan o neutralizan radicales libres, interrumpiendo las reacciones de cadena a través de las cuáles se propaga el daño que éstos producen. Para lograrlo, los antioxidantes entregan un electrón a los radicales libres, con lo cual los desactivan el proceso, pero sin transformarlo ellos mismos en radicales libres. Dada la gran movilidad de sus electrones o por su transformación en radicales libres no reactivos (Leighton y Urquiaga, 1998). (Figura 07)

Figura 07.

Transformación de radicales libres



fuelle: *Velázquez et al., (2004).*

Esta segunda defensa antioxidante está formada por compuestos, endógenos y exógenos. Los de origen exógeno, es decir, provenientes de la dieta, para ser reemplazados necesitan ser nuevamente ingeridos en esta. Estos compuestos antioxidantes, llamados hoy antioxidantes dietarios, son fundamentales para la prevención de enfermedades ya que son fácilmente modificables. La clave en antioxidantes naturales son los antioxidantes dietarios, algunos de los cuales están bien establecidos (vitamina C, vitamina E, carotenoides) y otras sustancias que tienen función antioxidante, particularmente los polifenoles (*Urquiaga et al., 1999*).

El consejo de nutrición del Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos de Norte América (Nutrición Board, Institute of Medicina, National Academy of Sciences, USA) propuso en 1998 una definición de antioxidantes dietarios para caracterizar las propiedades biológicas de los compuestos antioxidantes.

Esta definición propone que un antioxidante dietario es una sustancia presente en los alimentos, que disminuye significativamente los efectos adversos de las especies reactivas de oxígeno, especies reactivas de nitrógeno o ambas, sobre las funciones fisiológicas normales en humanos. Con ella, se considera los criterios de que se trata de una sustancia presente en la dieta humana, cuya cantidad se ha medido en los alimentos de consumo común y que disminuye en el organismo los efectos adversos de las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (Leighton y Urquiaga, 1998).

1.7.7. características de antiradicalarios

Las principales características de un compuesto o sistema antioxidante son, la prevención o detención de una cadena de propagación oxidativa, mediante la estabilización del radical generado y la regeneración del antioxidante antiradicalario ayudando así a reducir el daño oxidativo (Martínez et al., 2007).

La célula es una entidad de estructura compleja. Posee regiones lipofílicas, donde predominan las grasas, como las membranas. Otras regiones, como el citosol, son de naturaleza acuosa. Por ello, el antioxidante tiene que tener características de solubilidad diferente, según donde va actuar. En un caso, debe ser soluble en grasas como la vitamina E y carotenoides y en el debe ser soluble en agua y vitamina C. de este modo, tal como se está comprendiendo con las investigaciones más recientes, los antioxidantes difieren unos de otros tanto en su mecanismo como en su sitio de acción. Por ejemplo, B-caroteno es uno de los antioxidantes más efectivos en neutralizar al oxígeno singulete; la vitamina E es el principal protector de las LDL (Lipoproteínas de Baja Densidad) y es uno de los antioxidantes más efectivos como interruptor de reacciones en cadena; la

vitamina C nos protege de tóxicos como del humo del cigarrillo (Leighton y Urquiaga, 1998).

Existe una clasificación de los antioxidantes, mencionados; hay dos tipos principales de antioxidantes, el "primario" (ruptura de la reacción en cadena, secuestradores de radicales libres) y el "secundario" o "preventivo". Los mecanismos antioxidantes "secundarios" pueden incluir la desactivación de metales, inhibición de los hidróperóxidos lipídicos interrumpiendo la producción de olores volátiles indeseables, la regeneración de antioxidante "primarios", eliminar el oxígeno singulete (Martínez et al., 2007).

Por lo anterior se puede definir como antioxidante en el ámbito de los alimentos como "aquellas sustancias que, en bajas cantidades, actúan previniendo o retardado considerablemente la oxidación de materiales fácilmente oxidables tales como las grasas" (Martínez et al., 2007).

1.7.8. Métodos de determinación de la actividad antiradicalaria

a. FRAP (Poder reductor férrico/antioxidante).

El análisis se basa en el poder reductor de un antioxidante que reduce el ion férrico (Fe^{+3}) al ion ferroso (Fe^{+2}). De este modo se genera una coloración de intensidad proporcional a la actividad reductora de la muestra, la capacidad para reducir el hierro se considera un índice del poder antioxidante de la muestra. El ensayo FRAP es sencillo y fácilmente automatizable. Es rápido, generalmente la reacción se completa entre 4 y 8 minutos (Prior et al., 2005).

b. ORAC (capacidad de absorbança del radical oxígeno).

Consiste en la cuantificación de la capacidad antioxidante mediante la inhibición del ataque radicalario a la fluorescencia por parte del radical (AAPH) 2,2- azobis-2-methyl-propanimidante; dihydrachloride. (Arrete, 2007)

c. ABTS (acido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonico)).

Este método es muy usado para materiales biológicos, compuestos puros o extractos de plantas de naturaleza hidrofílica y lipofílica para poder llevar a cabo el método ABTS se tiene que formar el radical catión ABTS., generando en medio de una reacción que puede ser química (dióxido de magnesio, persulfato de potasio) o enzimática (peroxidasa mioglobulina), el radical catión ABTS. Posee una coloración verde – azulada (Kuskoskil et al., 2005).

e. DMPD (dihidróclorato de N, N-dimetil – p – fenilendiamina)

Este método se basa en la reacción del radical catión DMPD por los antioxidantes de la muestra. La generación de este radical requiere un pH adecuado (5.25) y la adición de una solución de cloruro férrico. La absorbança del radical se determina a 505 nm y los compuestos antioxidantes una vez adicionados, son capaces de transferir un átomo de H+, provocando su de coloración, se disuelve en medio acuoso (Arrete, 2007).

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el ámbito de la Región de Cusco, Provincia de Canchis, Distrito de Sicuani a una altitud 3 546 msnm su parte operativa, el proceso de cocción - extrusión se efectuó en la Planta Industrial "TAIRO E.I.R.L." ubicado en la Ciudad de Sicuani, el análisis fisicoquímico y microbiológico fue cursado al laboratorio de MICROLAB – Cusco, la cuantificación de compuestos bioactivos y determinación de capacidad antiradicalaria se realizaron en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria la Molina Lima.

2.2. MATERIALES.

2.2.1. Materias primas e insumos.

- Cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) variedad Cupi, adquirida del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) - Puno, Centro Experimental Salcedo.
- Maca (*Lepidium meyenii Walp*) ecotipo morado y deshidratada, que fueron proporcionados por el Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima - Perú.

- Maíz morado (*Zea mays L.*) variedad cusco morado, las cuales fueron proporcionadas por el Instituto de Investigación Agraria INIA Cusco.
- Leche en polvo, aceite vegetal y azúcar industrial procedente de la distribuidora de ALICORP S.A. Juliaca.
- Saborizante vainilla y lecitina de soya fueron adquiridas de la Empresa de Insumos para Industrias Alimentarias JAMIL- Juliaca.

2.2.2. Maquinas, equipos y materiales.

a) Máquinas y equipos de planta.

- EXTRUSORA.- Marca: G&M, Fabricación: Perú, Capacidad: 80 kg/h,
Material: acero inoxidable, Tornillo: simple, 220 Voltios
- MOLINO DE MARTILLOS.- Marca: INNOVA, Fabricación: Perú,
Capacidad: 80 kg/h, Material: Acero inoxidable, 220 Voltios.
- MOLINO DE DISCO.- Marca: INNOVA, Fabricación: Perú, Capacidad:
60 kg/h, Material: Acero inoxidable, 220 Voltios.
- LAMINADORA.- Marca: INNOVA, Fabricación: Perú, Capacidad: 100
kg/h, Material: Acero inoxidable, 220 Voltios
- ESCARIFICADORA.- Marca: INNOVA, Fabricación: Perú, Capacidad:
100 kg/h, Material: Acero inoxidable, 220 Voltios
- BALANZA DE PLATAFORMA.- Marca: Excellence Level, Fabricación:
Japón, Capacidad: 100 Kg, Unidad de medición: kg, 220 Voltios
- ZARANDA.- Material: acero inoxidable.
- BALANZA ELECTRÓNICA DIGITAL.- Marca: HAUS Capacidad: 1 – 10,
000g.

b) Equipos de laboratorio

- ESPECTROFOTOMÉTRO.- Marca: Génesis 5/Milton Roy, fabricación: U.S.A, material: vidrio de 10 mm de paso óptico, puerto: RS-232C, monocromador: 1200 líneas/mm, 220 Voltios
- CENTRIFUGA.- Marca: Hetich Zentrifugen, fabricación: Alemania, capacidad máxima: 4x290 ml, 4000 rpm, refrigeración por aire libre, 220 Voltios.
- CONGELADORA.- Marca: Frigidaire, fabricación: U.S.A, color blanco, capacidad máxima: 419 lt, 220 Voltios
- BALANZA ELECTRÓNICA DE PRECISIÓN.- Marca: Ohaus Scout Li, capacidad: 400 g, sensibilidad: 0.01 g, calibración de bronce: 200 g, batería de 3.7 Voltios.
- VORTEX.- Marca: Labnet, modelo: VX100, rango de velocidad: 200 a 3000 rpm, temperaturas: 4 °C – 65 °C.

c) Materiales de vidrio y otros

- Matraz (250, 500 y 1000 ml)
- Matraz Esmerilado 250 ml
- Beakers (50 ml, 100 ml)
- Probetas (10, 50 y 500 ml)
- Pipetas (5 ml, 10 ml)
- Microburetra 5 ml
- Micro pipetas (5 - 50, 20 - 200 y 100 – 1000 µL con tips.)

- Fiolas (10, 20, 50, 100 y 250 ml)
- Tubos de ensayo de 5,7ml
- Tubos para centrifuga o eppendorf
- Baguetas de vidrio
- Cronometro de mano (OMP modelo PRO - digital)

d) Reactivos

- ABTS = sal diamónica del ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzo tiazolin-6-sulfónico) = 98%. (sigma Aldrich)
- Folin Ciocalteau1N (sigma Aldrich)
- Metanol (CH₄O) 80%
- Etanol (C₂H₆O) 96%
- Agua destilada (H₂O)
- Carbonato de sodio (Na₂CO₃) (Mallinckrodt)
- Persulfato de potasio (K₂S₂O₈) (Mallinckrodt)
- Acido gálico (C₇H₆O₅)

e) Materiales de envase.

- BOTES.- Capacidad 250 gramos, Material: polietileno transparente con tapa rosca.
- BOLSAS: Material.- Polietileno de alta densidad, Capacidad: 5 kg
- BALANZA DIGITAL.-Capacidad: 5 kg,Marca: MELL

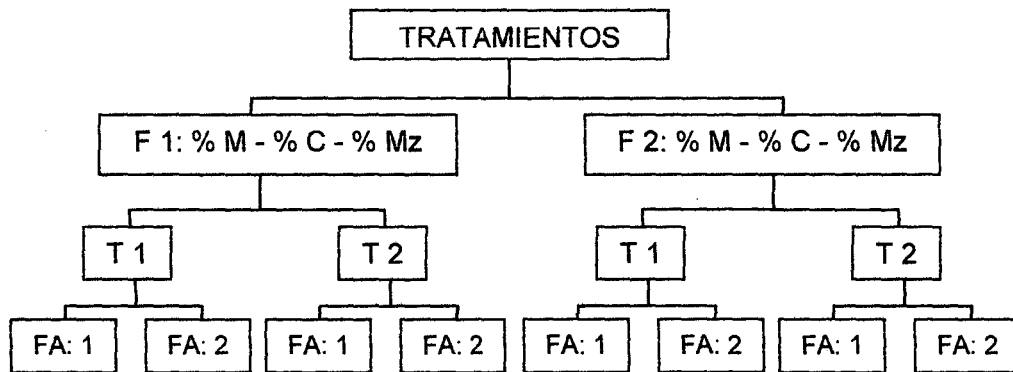
2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Es un diseño factorial multivariable donde existen tres variables independientes o de proceso (formulación, temperatura y flujo de alimentación) que se controlaron en el proceso, existen dos variables dependientes o de respuesta (compuestos

fenólicos totales y capacidad antiradicalaria), el diagrama 1 representa el resumen de los tratamientos que se realizaron para el experimento.

Diagrama 01

Tratamientos para el experimento



Fuente: Elaboración Propia.

Leyenda: F: Formulación

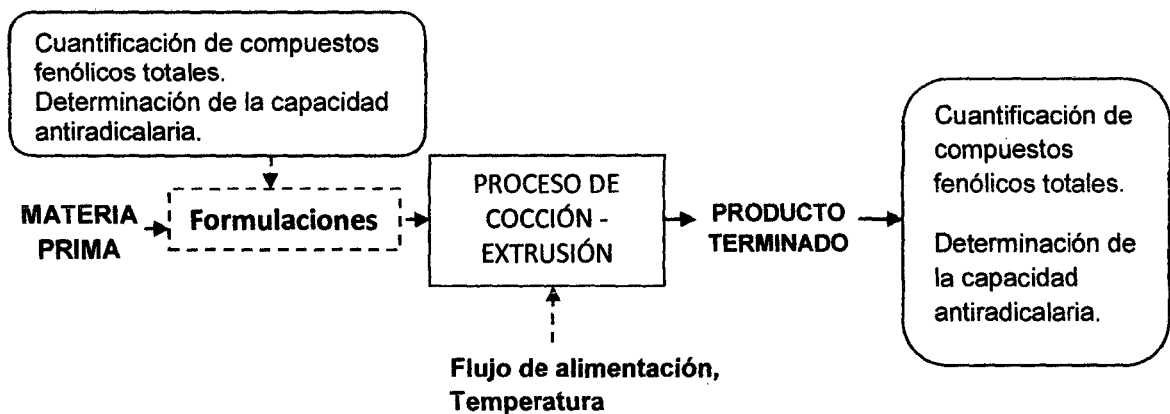
T °C: Temperatura en Grados Centígrados

F.A: Flujo de Alimentación g/min

En el presente trabajo de investigación fue conducido bajo un diseño de experimentación realizada de acuerdo al procedimiento que muestra el diagrama 02.

Diagrama 02

Resumen de variables para cuantificar los compuestos fenólicos y determinar la capacidad antiradicalaria.



FUENTE: Elaboración Propia

2.3.1. Variables en la investigación.

2.3.1.1. Variables independientes o de proceso.

Las cuales pueden ser controladas o modificadas durante el proceso así tenemos en el siguiente cuadro 08.

Cuadro 08

Variables independientes o de proceso

Operación	Variables
Formulación	Porcentajes de materia prima
Extrusión	Temperatura y Flujo de alimentación.

Fuente: Elaboración Propia

2.3.1.2. Variables dependientes o de respuesta.

Es considerado como respuesta de las variables del producto final como se muestra en cuadro 09.

Cuadro 09

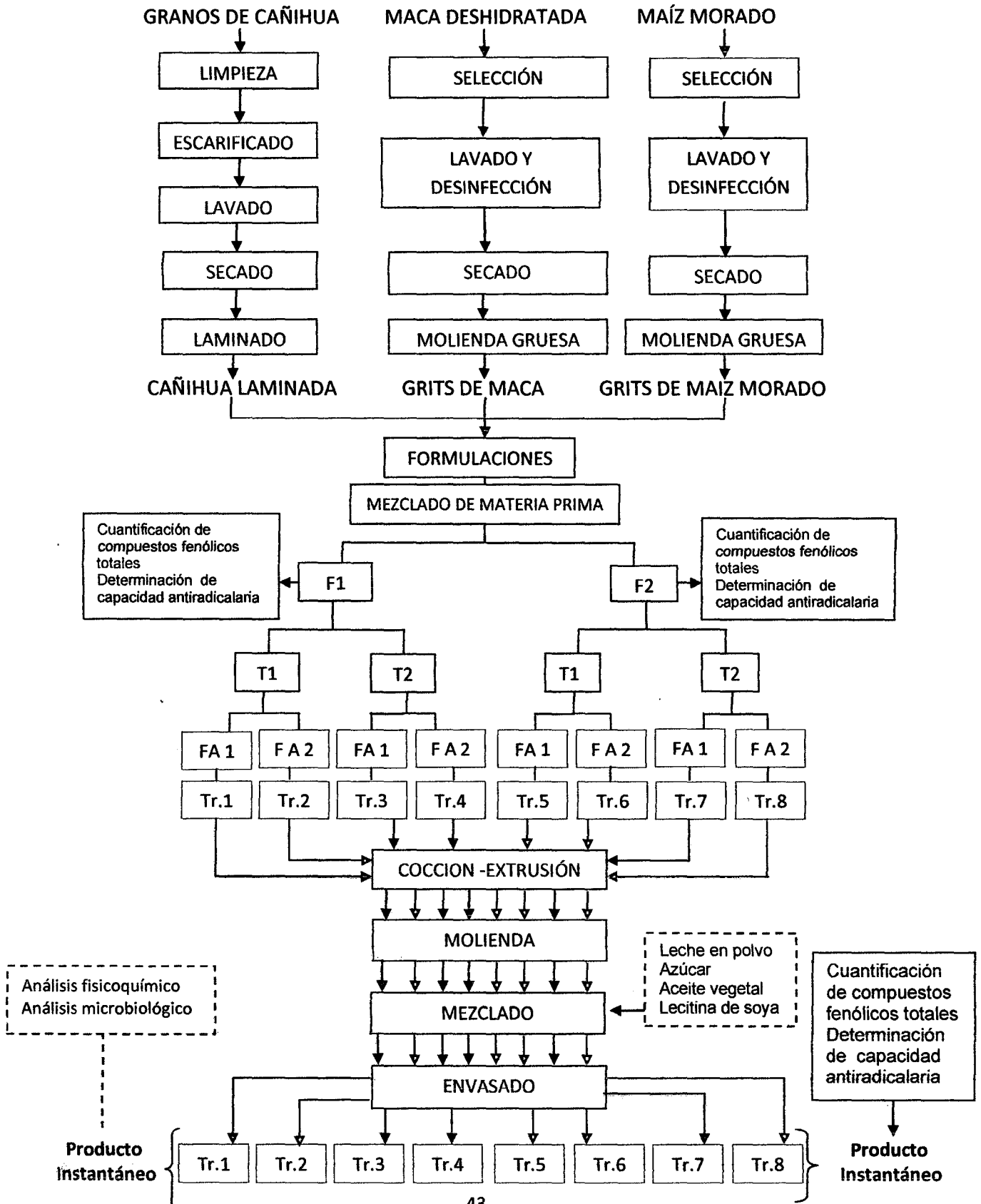
Variables dependientes o de respuesta

Producto terminado	Cuantificación y determinación
Alimento instantáneo a base de cañihua, maca, maíz morado, leche en polvo, azúcar, aceite vegetal, saborizante y lecitina de soya.	<ul style="list-style-type: none">- Cuantificación de compuestos fenólicos totales.- Determinación de capacidad antiradicalaria.

Fuente: Elaboración Propia

2.4. METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

Diagrama 03: Resumen de la metodología experimental.



2.4.1. Obtención de materias primas para el extruido.

2.4.1.1. Obtención de cañihua laminada.

Limpieza.

Esta operación se efectuó mediante el uso de zaranda con el objeto de separar los materiales extraños (piedras, pajas, etc.), del grano de la cañihua.

Escarificado.

La operación consiste en la remoción del endospermo de la cañihua mediante el uso de una maquina escarificadora, con la cual se logro separar la cubierta externa del grano, así como disminuir el contenido de fibra en el producto.

Lavado.

Escarificado los granos se sometieron a un lavado con agua adicionando una solución de hipoclorito de sodio 0.2 mg/l. para eliminar microorganismos y disminuir los riesgos asociados a elementos tóxicos.

Secado.

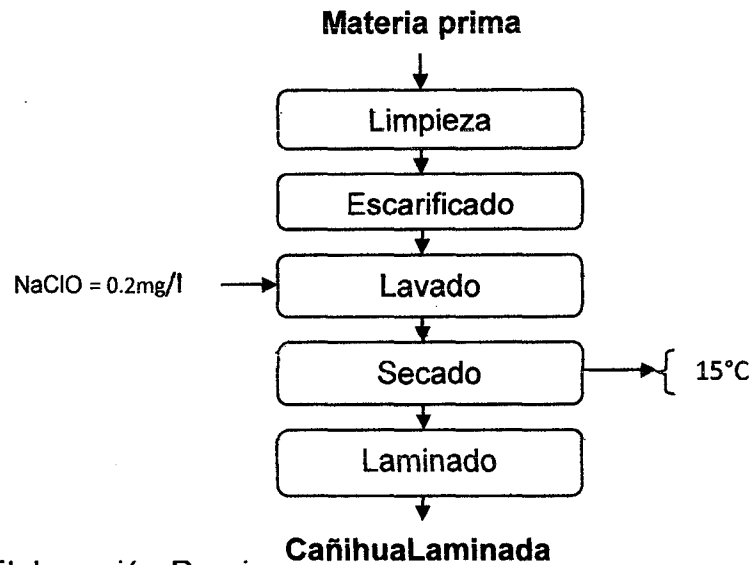
Se realizó el secado al sol (medio ambiente a una temperatura de 15°C), con la finalidad de eliminar parte del agua mediante evaporación.

Laminado.

Esta operación se realizó con maquina laminadora y que permitió obtener la cañihua laminada, con la finalidad de que sea homogéneo el espesor para facilitar la cocción y expansión en el extruido.

Diagrama 04

Diagrama de flujo para la obtención de cañihua laminada.



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1.2 Obtención de grits de maca

Selección

Se seleccionó la materia prima en buen estado físico, del resto de productos defectuosos y magullados. Así mismo se clasificó de acuerdo al tamaño mediano y grande.

Lavado y Desinfectado

El lavado se realizó con chorros de agua fría a fin de evitar la presencia de polvo, tierra, residuos, que pudieran haber quedado luego de la cosecha y con la finalidad de disminuir la carga microbiana se realizó el desinfectado con agua potable adicionando hipoclorito de sodio 0.2mg/l. Posterior se realizó el enjuague con abundante agua.

Secado.

Esta operación se realizó mediante el secado al sol (medio ambiente a una temperatura promedio de 15°C) ya que se logran temperaturas ambientales

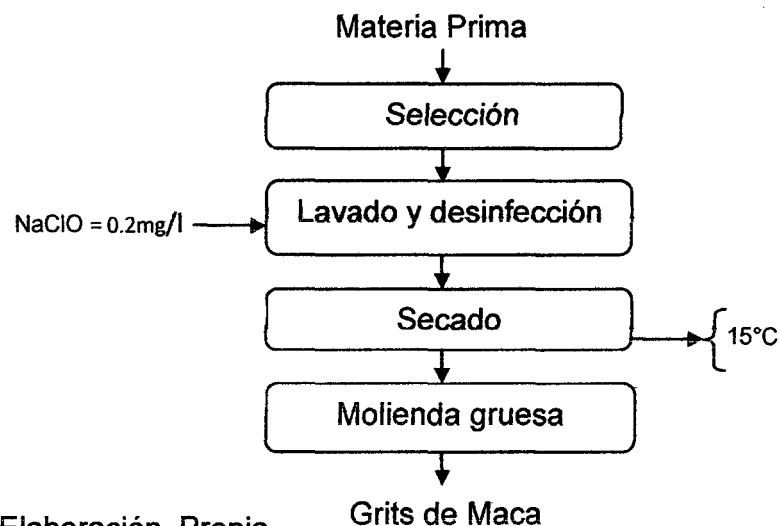
más altas con menor grado de humedad con la finalidad de eliminar parte del agua mediante evaporación.

Molienda gruesa.

Se utilizó molino de martillos de tamiz N° 8 obteniendo una granulometría de 2 a 3 mm de diámetro con la finalidad de obtener grits de maca para el proceso de extrusión.

Diagrama 05

Diagrama de flujo para la obtención de grits de maca



Fuente: Elaboración Propia.

2.4.1.3. Obtención de grits de maíz morado.

Selección.

Se realizó para eliminar impurezas y partículas extrañas presentes en el maíz, además de granos dañados y picados.

Lavado y desinfección.

El lavado se realizó con chorros de agua fría, para disminuir la carga microbiana se realizó el desinfectado con agua adicionando hipoclorito de sodio de 0.2 mg/l. Posterior se realizó el enjuague con abundante agua.

Secado.

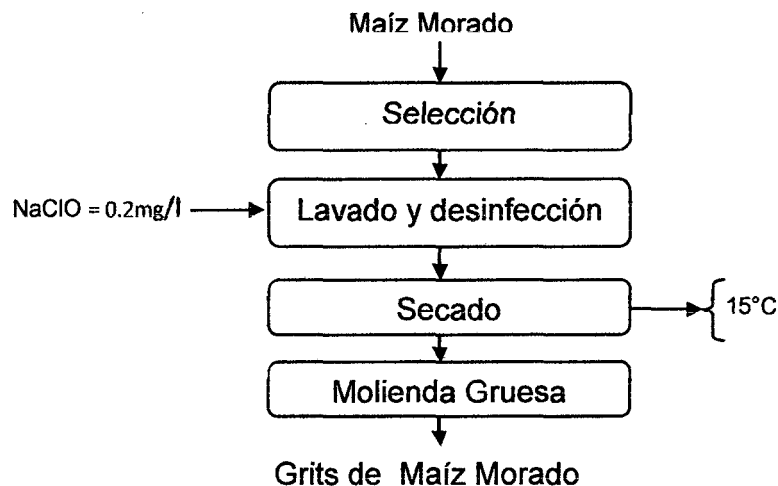
Se realizó el secado al sol a una temperatura de 15°C, con la finalidad de inhibir la proliferación de microorganismos y eliminar parte del agua mediante evaporación.

Molienda gruesa.

En esta etapa el maíz seleccionado se procede a triturar en un molino de martillos de modo que se logró obtener partículas gruesas. Utilizando el tamiz N°8 obteniéndose partículas de 1 a 3 mm de diámetro, de esta forma el grits de maíz morado se procedió a pesar y almacenar para su posterior utilización.

Diagrama 06

Diagrama de flujo para la obtención de grits de maíz morado



Fuente: Elaboración Propia

2.4.2. Metodología para selección de las formulaciones.

Para la formulación se utilizaron proporciones variables de maca, cañihua, maíz morado, se estableció que todas las formulaciones tendrían que contener los insumos (azúcar: 28%, leche en polvo: 10.68%, aceite vegetal: 8%) y los aditivos (lecitina de soya: 0.15%, saborizante: 0.17%) constantes. Para lo cual se empleó 12 combinaciones de proporciones porcentuales en peso al 100%, de acuerdo al

cálculo del cómputo químico expresados en porcentajes de aminoácidos, las 12 combinaciones fueron: F1 (20M-50C-30Mz), F2 (50M-30C-20Mz), F3 (60M-10C-30Mz), F4 (40M-20C-40Mz), F5 (20M-10C-70Mz), F6 (10M-10C-80Mz), F7 (70M-20C-10Mz), F8 (30M-60C-10Mz), F9 (50M-20C-30Mz), F10 (10M-40C-50Mz), F11 (40M-50C-10Mz) y F12 (40M-30C-30Mz) (diagrama 09), Todas las formulaciones fueron evaluadas mediante la predicción de la calidad proteica a través del valor del Score Químico o Cómputo Químico con la finalidad de seleccionar dos formulaciones adecuadas

Se mezclaron porcentajes en peso, de acuerdo al cálculo del Cómputo Químico expresado en porcentajes de materia prima como cañihua laminada, grits de maca y grits de maíz morado, se mezclaron homogéneamente para facilitar la cocción y expansión del producto extruido.

Para la determinación de humedad de cada mezcla acondicionada a un porcentaje de humedad, se envió al laboratorio de Ciencias naturales: análisis de Aguas, Suelos Aqualab Coviduc – Cusco.

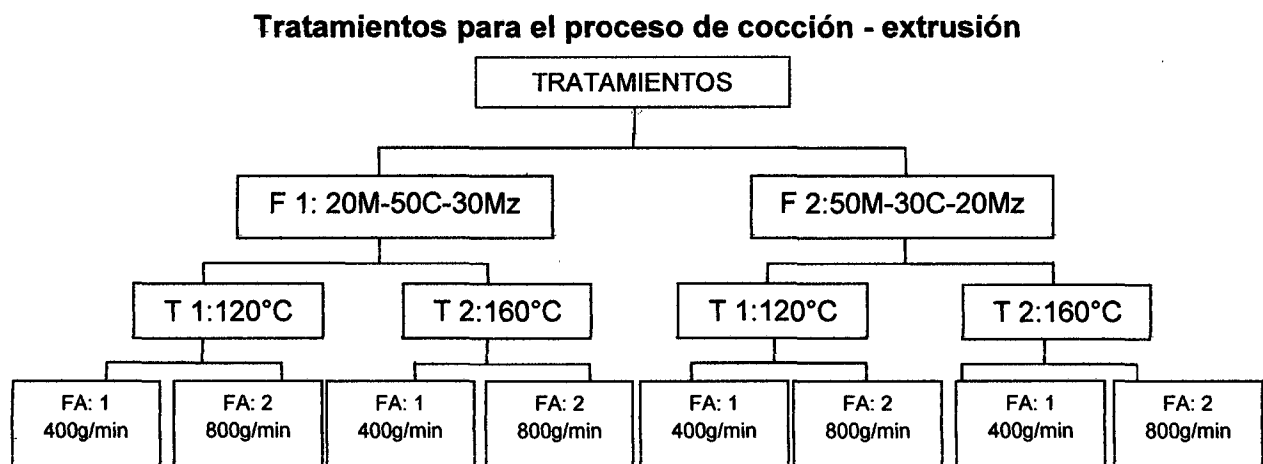
Por otro lado se realizó el análisis fisicoquímico con la finalidad de determinar su composición química, (Proteínas, grasas, minerales, hidratos de carbono, etc.) y en qué cantidades estos macronutrientes se encuentran dentro del producto instantáneo, además garantizar que los resultados obtenidos a través del cómputo químico se validen con este análisis.

2.4.3. Proceso de cocción - extrusión.

El proceso de extrusión se considera la parte más importante del trabajo de investigación ya que depende de este la estabilidad de los compuestos fenólicos totales y la capacidad antiradicalaria.

Las materias primas fueron mezcladas de acuerdo a las formulaciones y acondicionadas antes de proceso de extrusión, llevándola al nivel de humedad establecido de 14%, luego se procedió a la cocción- extrusión de los mismos en un extrusor de un solo tornillo. Durante este proceso los tratamientos tuvieron un flujo de alimentación que fue de 400 g/min y 800 g/min. Las temperaturas durante el extruido fueron: 120°C y 160°C (diagrama 07) a una velocidad de rotación del tornillo de 550 rpm, la mezcla finalmente es extruida y cortado por la acción de unas cuchillas rotatorias, para luego ser enfriados a temperatura ambiente hasta alcanzar los niveles que aseguren la conservación y calidad de la misma.

Diagrama 07



Fuente: Elaboración Propia.

Leyenda:F: Formulación

T °C: Temperatura en Grados Centígrados

F.A: Flujo de Alimentación g/min

2.4.4. Operaciones posteriores al proceso de cocción - extrusión.

Molienda.

Una vez enfriado el producto extruido a temperatura ambiente, se somete a una molienda fina para obtener harina uniforme. El producto es triturado en

un molino de discos con tamiz N° 140 obteniendo una granulometría de 80 a 100 μm , recepcionado en bolsas de polietileno y cerrados herméticamente para garantizar su inocuidad y posterior mezclado con insumos y aditivos.

Mezclado con insumos y aditivos.

Esta operación se realiza en una mezcladora horizontal en la que se mezclaron el producto extruido pulverizado, insumos y aditivos hasta obtener una mezcla homogénea e instantánea.

Envasado.

El producto mezclado fue envasado en potes de polietileno de alta densidad, con una capacidad de 250 g cada unidad, para el proceso de envasado se realizó: Primero: Se llenaron los envases con el producto obtenido, Segundo: Pesamos cada unidad del envase mas el producto en una balanza digital teniendo como peso bruto 290 gr.

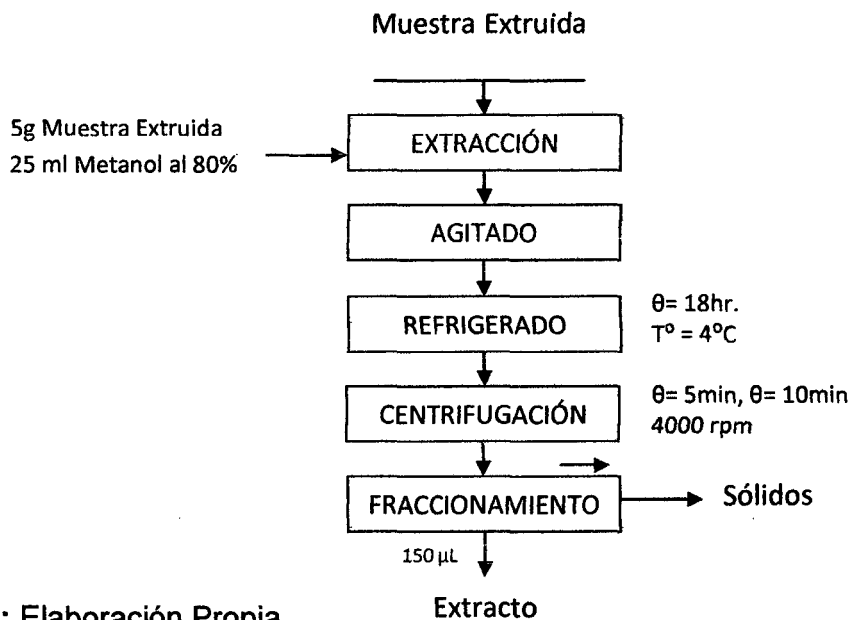
2.5. MÉTODO DE ANÁLISIS.

2.5.1. Obtención de extractos para el análisis de compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria.

Con la finalidad de evaluar la eficacia de los compuestos fenólicos totales del alimento extruido, se procedió a la obtención de los mismos, considerando las siguientes etapas como se muestra en el diagrama 08.

Diagrama 08

Obtención de extractos.



Se realizó la extracción de las muestras en dos fases, ocho tratamientos en cada fase con tres repeticiones a cada tratamiento, muestras que se realizaron por el proceso de extrusión; también se realizó la extracción de las muestras no extruidas denominada muestra patrón. Para ello se procedió a utilizar el proceso de extracción optimizado. (Chirinos et. Al., 2007), el procedimiento fue el siguiente:

Para la preparación de los extractos se pesaron 5g de la muestra extruida y la muestra patrón, luego se procedió a preparar metanol (CH₄O) al 80% (400 ml de metanol y 100 ml de agua), se coloca en un tubo de plástico con tapa rosca los 5 g muestra extruida con 25 ml de metanol protegido de la luz, el conjunto se dejó agitando por 5 minutos haciendo uso del agitador magnético. La mezcla se deja reposar refrigerando por 18 horas a 4 °C. Trascurrido ese tiempo se centrifuga a 4000 rpm por 10 minutos. Se toma una alícuota del sobrenadante en un tubo Eppendorf y se guarda a – 20 °C para su posterior análisis.

2.5.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales.

Se utilizó el método espectrofotométrico reportado por (Singleton y Rossi, 1965), el cual se basa en la cuantificación espectrofotométrica del complejo colorado formado por la reacción entre los compuestos fenólicos totales y el reactivo Folin – Cicocalteau.

El procedimiento fue el siguiente:

- Se prepararon soluciones de carbonato de sodio y de Folin – Cicocalteau 1N.
- Para cuantificar los compuestos fenólicos totales se depositó en tubos de pruebas de 500 μ L de los extractos obtenidos, a ello se le añadió 250 μ L del reactivo Folin – Cicocalteau 1N y se adiciono 1250 μ L de la solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3), se homogenizo y se dejó reposar por 30 minutos a temperatura ambiente, luego se hizo la lectura a la longitud de onda de 755 nm. Paralelamente se preparó un blanco con etanol en lugar del extracto y se trabajó bajo las mismas condiciones, el blanco sirvió para llevar a cero el espectrofotómetro.
- Se determinó la concentración del ácido gálico $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ a 725 nm usando una curva estándar. Los resultados se expresaron como: mg ácido gálico Equivalente/ g de muestra.

La ecuación para la cuantificación de compuestos fenólicos totales fue la siguiente:

$$Y = 0.0345 \times Abs - 0.0018$$

Dónde:

Y: Es el contenido en mg ácido gálico Equivalente/ g

El contenido de compuestos fenólicos totales se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{mg ácido gálico /g} = ((0.0345 \times \text{Abs}) - 0.0018) \times \text{Fd} \times \text{A} \times 100$$

Dónde:

Abs: Absorbancia de la muestra medidas a 755nm

Fd: Factor de Dilución

A: volumen (ml) de solvente utilizado + Peso de la muestra (g)/ Peso de La Muestra (g)

2.5.3. Determinación de la capacidad antiradicalaria.

Se utilizó la metodología reportada por *Arnao, (2001)*. El método ABTS (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)) permite evaluar la capacidad antiradicalaria debido a la decoloración de un radical libre preformado por la acción del compuesto antiradicalario. Es aplicable para antiradicalarios hidrofílicos, así como también para los lipofílicos. El procedimiento fue el siguiente:

➤ La solución madre de ABTS se preparó como sigue:

- Reactivo A: Se pesa 78.4 mg de ABTS y se lleva a 10 ml con agua destilada en una fiola.
- Reactivo B: Se pesa 13.2 mg de persulfato de potasio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) y se lleva a 10 ml con agua destilada en una fiola. Ambas soluciones se deben proteger de la luz.
- Para preparar la solución madre se mezclaron volúmenes iguales de los reactivos A y B (relación 1:1), se mezclaron bien y se dejaron reposar en oscuridad por 12 horas a temperatura ambiente. La solución madre solo sirvió para las 4 horas siguientes.

- Trascurrido ese tiempo se prepara una solución diluida de ABTS adicionando 60 ml de etanol (C₂H₆O) al 96 %, esta solución debe dar una lectura de absorbancia entre en el rango 1.1 ± 0.02, de lo contrario debe ser regulada ya sea con etanol o con la solución madre, según sea el caso (conservar en frasco ámbar). Se llevó previamente el espectrofotómetro a cero con etanol.
- La determinación de la capacidad antiradicalaria es como sigue:

Con una micro pipeta se toma 150 µL del extracto y se le adiciona 2850 µL de la solución madre ABTS diluida se agitó por 2 horas y 30 minutos ya que en ese tiempo se mantiene constante a temperatura ambiente. Al mismo tiempo, se prepara un blanco con 150 µL de etanol en lugar de la muestra, y se calibra el espectrofotómetro con etanol. La solución de reacción se lleva a agitación a temperatura ambiente y se lee al espectrofotómetro a 734 nm cada 30 minutos hasta no observar cambios significativos en las lecturas. Dichas lecturas no deben ser menores a 0.1 ni mayores a la absorbancia del blanco, en caso contrario el extracto se diluirán antes de ser mezclado con la solución de ABTS.
- La capacidad antioxidante se calcula usando una curva de Trolox (C₁₄H₁₈O₄), y los resultados se expresan como µmol de Trolox equivalente / g de muestra. La ecuación empleada, obtenida a partir de la curva estándar de Trolox a 734nm con r² = 0.9925, es la siguiente:

$$Y = 868.24 \times \Delta \text{Abs} \times 0.25 \times V \times F_d$$

Dónde:

Y = µmol de Trolox equivalente/g de muestra

ΔAbs = Absorbancia del blanco – Absorbancia de la muestra a 734 nm

- V = (Volumen de solvente en ml + Volumen de la muestra en ml)/
(Volumen de la muestra en ml) se asume que la muestra tiene
Densidad igual a 1, es decir 1 g = 1 ml.
- Fd = Factor de dilución
- 0.25 = Es el peso molecular de Trolox.

2.6. DISEÑO ESTADISTICO.

En el presente trabajo de investigación se analizaron los efectos de las variables de extrusión en el programa Statgraphics Centurión, teniendo en la primera y segunda fase 3 factores experimentales tanto así para la cuantificación de compuestos fenólicos totales y determinación capacidad antiradicalaria, teniendo en total dos fases de 16 tratamientos en estudio, con tres repeticiones por variable de estudio haciendo un total de 24 corridas. Utilizamos un diseño factorial 2 x 2 x 2, se realizó un análisis de varianza múltiple de 3 factores con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre los factores. Los factores en estudio fueron: Formulación (F1, F2), Temperatura (T1, T2) y Flujo de alimentación (FA1, FA2) y las variables de respuesta fueron el estudio de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria.

2.6. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.

La validación en el presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de identificar y cuantificar los microorganismos (bacterias, hongos y levaduras) presentes en el producto instantáneo y para establecer la inocuidad, confiabilidad del alimento instantáneo para su consumo humano.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. EFECTO DE LA FORMULACIÓN EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIRADICALARIA.

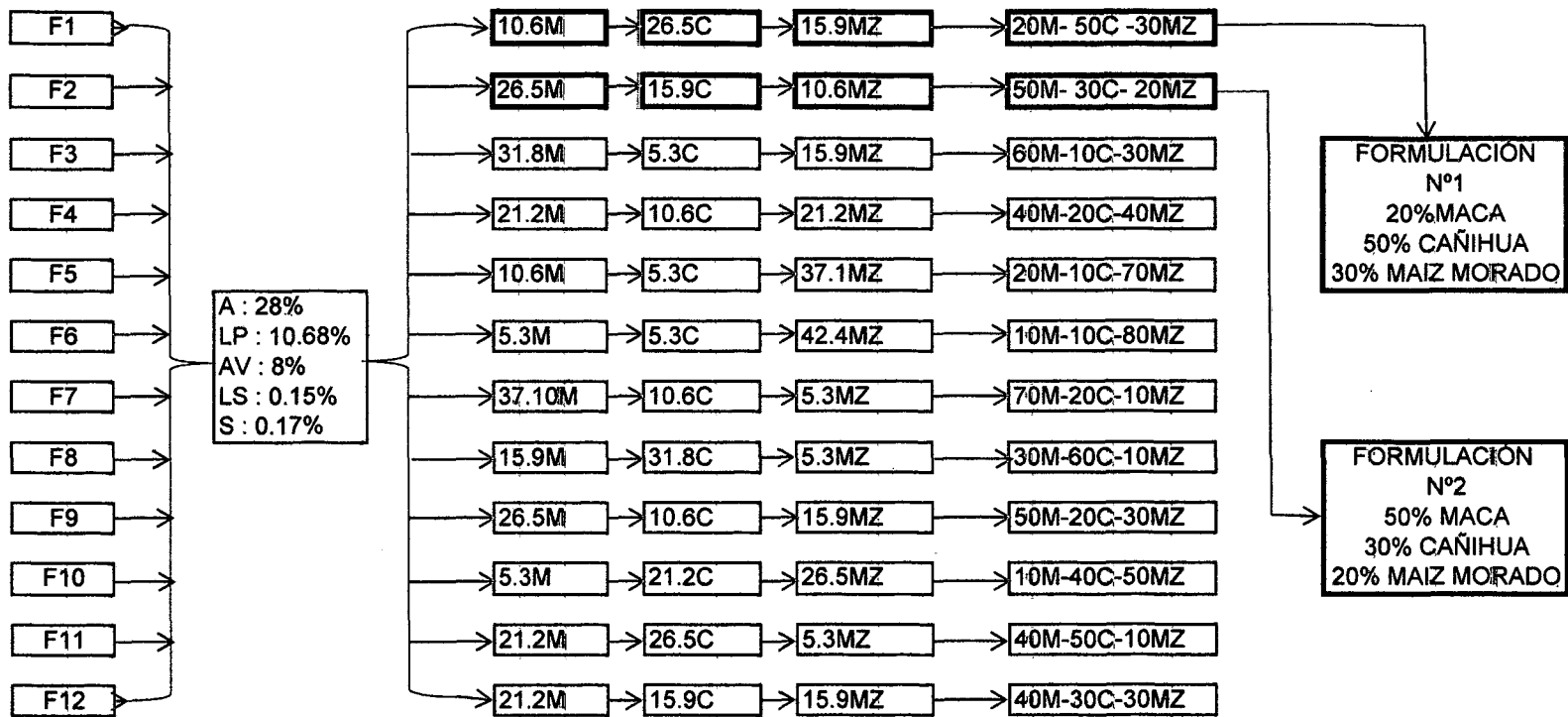
3.1.1. Selección de formulaciones para la mezcla a extraer.

La metodología del estudio de las 12 formulaciones se presenta en el anexo 02 cuadro 23, donde se indican los porcentajes de materia prima, insumos y aditivos de cada formulación a la sumatoria del 100%, así mismo se detalla el proceso de selección basándose por su porcentaje de cómputo químico mayores al 85% establecido por el Programa Integral de Nutrición para mezclas fortificadas de cereales y leguminosas (anexo 6) y composición de macronutrientes.

La selección está en función al cálculo del porcentaje de energía en Kcal, % de proteína animal, % carbohidratos de de azúcar, % proteína, % grasa y % de carbohidrato (anexo 02, cuadro 24).

La selección de las formulaciones para el estudio fue de la siguiente manera.
Diagrama 9.

DIAGRAMA 09
PROCESO DE SELECCIÓN A PARTIR DE 12 COMBINACIONES PARA OBTENER DOS FORMULACIONES



LEYENDA

M : MACA	LS: LECITINA DE SOYA	S: SABORIZANTE
C : CAÑIHUA	AV: ACEITE VEGETAL	
MZ: MAIZ MORADO	LP: LECHE EN POLVO	

FUENTE : Elaboracion Propia

En base a las formulaciones que se presentan en el diagrama 09 se calculó la valoración del contenido de aminoácidos en nitrógeno de proteínas en 12 formulaciones de una mezcla alimenticia, como se puede observar la gran parte de formulaciones presentan un alto valor de cómputo químico (cuadro 10) que varía entre 79.6% – 104.9 % del aminoácido limitante. El PIN establece algunas especificaciones técnicas para la elaboración de mezcla fortificada de cereales y leguminosas tales como el cómputo químico mayores al 85% (Anexo 06); en el presente trabajo las formulaciones 5 y 6 no se encuentra dentro de las especificaciones técnicas. (Cuadro 10)

La cantidad de proteínas de los alimentos depende de sus contenidos de aminoácidos esenciales. La FAO ha planteado que la proteína de un alimento es biológicamente completa cuando contiene todo los aminoácidos en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón. Las proteínas biológicamente incompletas son los que poseen una o más aminoácidos limitantes. Para el presente estudio se seleccionaron las formulaciones 1 y 2 por presentar un cómputo químico de 99.2% y 99.4% respectivamente debido que los valores están dentro de los parámetros establecidos por el PIN, así mismo los porcentajes de materias primas son las más adecuados para el proceso de cocción – extrusión.

La relación de aminoácido limitante para los cereales (lisina) que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo aminoácido en la proteína de referencia para cada grupo de edad se denomina Score Químico (SQ). (Olivares, 1994)

Cuadro 10

Computo químico de las 12 formulaciones

Formulaciones	Computo químico (%)
Formulación 1	99.2
Formulación 2	99.4
Formulación 3	94.7
Formulación 4	93.2
Formulación 5	83
Formulación 6	79.6
Formulación 7	100.7
Formulación 8	104.9
Formulación 9	95.8
Formulación 10	92,8
Formulación 11	103.9
Formulación 12	96.9

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2. Análisis fisicoquímico del producto final.

Los resultados del análisis fisicoquímico de las formulaciones 1 y 2 del alimento instantáneo se observa en el cuadro 11, donde sus valores son de 3.90 y 3.65 % de humedad, 8.84 y 8.01 % de proteína total, 26.01 y 24.90 % de grasa, 2.94 y 2.12 % de ceniza, 2.33 y 1.98 % de fibra, 62.72 y 63.08 % de carbohidratos, 0.25 y 0.21 % de acidez. Deduciendo que hay una ligera diferencia en cada macronutriente de la formulación 1 a la formulación 2.

Cuadro 11

Análisis fisicoquímico del producto final

Parámetros	Formulación 1 (20M - 50C - 30Mz)	Formulación 2 (50M -30C - 20Mz)
Humedad %	3.90	3.65
Proteínas %	8.84	8.01
Grasas %	26.01	24.90
Ceniza %	2.94	2.12
Fibra %	2.33	1.98
Carbohidratos %	62.72	63.08
Acidez % (H ₂ SO ₄)	0.25	0.21

Fuente: Laboratorio Microbiológico MICROLAB – CUSCO.

Haciendo una comparación del análisis fisicoquímico del producto final que es un resultado real (cuadro 11), con los resultados del análisis de macronutrientes de las formulaciones en estudio (anexo 2, cuadro 24) estos resultados son teóricos es como sigue; formulación 1: % de proteína 8.18, % de grasa 25.77 y % de carbohidratos 61.54 y para la formulación 2: % de proteína 7.75, % de grasa 23.60 y % de carbohidratos 57,99 por lo tanto los macronutrientes del análisis fisicoquímico del producto final tienden un ligero incremento en su composición, lo cual el computo químico nos garantiza seleccionar la fórmula adecuada a través de la predicción de la calidad proteica.

El Programa Integral de Nutrición hace referencia la especificación técnica para una mezcla fortificada de cereales y leguminosas, donde señala los requisitos físicos químicos por ración de 50 g de alimento que deberá contener: Energía por ración: 200 – 300 Kcal, Proteínas: 06 – 10 % de la energía total, Grasa: 20 – 30 %

de la energía total, Carbohidratos: La diferencia, Proteína animal: Min. 20 % de la proteína total, Acidez: Menor o igual a 0.4 % expresado en ácido sulfúrico, Cenizas: Menores 5 %. De esta manera se hace una confrontación entre el análisis fisicoquímico del alimento instantáneo a partir de cañihua, maca y maíz morado con los requisitos establecidos por el Programa Integral de Nutrición. Deducimos que nuestro producto final está dentro de los parámetros establecidos por el PIN (Anexo 6).

3.1.3. Compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria de las formulaciones (muestra patrón).

En el cuadro 12 se muestra los resultados de los compuestos fenólicos totales por el método espectrofotométrico y capacidad antiradicalaria por el método ABTS de la formulación 1 y 2, muestras que no se realizaron el proceso de cocción – extrusión denominándose así muestra patrón.

Cuadro 12

Compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria de la muestra patrón

Muestra	Fenoles Totales (mg de ácido gálico Equiv./g)	Capacidad Antiradicalaria (μmol Trolox Equivalente/g)
Muestra Patrón: F1	6.02	63.94
Muestra Patrón: F2	5.39	59.22

Fuente: Elaboración Propia.

Para la muestra patrón de la formulación 1 dio como resultado 6.02 (mg de ácido gálico Equiv./g) valor superior en comparación para la formulación 2 siendo esta 5.39 (mg de ácido gálico Equiv./g) para los compuestos fenólicos totales, la

formulación 1 tiene un valor superior ya que esta formulación presento porcentajes de 50% cañihua, 20 % de maca y 30% maíz morado. Los resultados para la capacidad antiradicalaria de la formulación 1 y 2 es como sigue 63.94 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) y 59.22 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) respectivamente, la formulación 1 nuevamente presento un valor superior en cuanto a la capacidad antiradicalaria.

3.1.4. Efecto de la formulación en los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria.

El efecto generado por la formulación en una mezcla alimenticia en la cuantificación de los fenólicos totales y capacidad antiradicalaria conduce a la existencia del sinergismo en tres tipos de vegetales que comprenden una mezcla compleja de componentes de manera que en conjunto ejercen un efecto sinérgico a la actividad antiradicalaria como cañihua, maca y maíz morado mostrados en una mezcla. La combinación de varios polifenoles totales resulta más efectiva, ya que refuerza la acción de preservación, a esta acción se le denomina "efecto sinergista", bajo esta denominación se comprende sustancias que refuerzan la acción de los compuestos fenólicos (*Belitz y Grosh, 1988*). Se deduce que existe sinergismo en tres tipos de antiradicalarios es necesario que el efecto antioxidante de la combinación de ellos sea mayor que la suma de los efectos causados por compuestos separados, por tanto para que haya sinergismo se realiza una combinación de tres alimentos como la maca, cañihua y maíz morado siendo mayor la capacidad antiradicalaria de estos compuestos a que sean presentados como compuestos solos logrando potenciar la capacidad antiradicalaria a través de esta acción combinada.

3.2. EFECTO DEL PROCESO DE COCCIÓN – EXTRUSIÓN (TEMPERATURA Y FLUJO DE ALIMENTACIÓN) EN LOS COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIRADICALARIA.

3.2.1. Proceso de cocción - extrusión.

Se controlaron 08 tratamientos (cuadro 13), la composición de humedad inicial de la mezcla de cañihua laminada, grits de maca y grits de maíz morado fue de 10.3% y se acondiciono 4 % hasta llegar a una humedad final para la extrusión de 14%, luego sometidos al proceso de cocción – extrusión cada formulación a dos temperaturas (120°C y 160°C) de extrusión y la variabilidad de dos flujos de alimentación (400 g/min y 800 g/min) respecto a la formulación y temperatura tal como indica el cuadro 13. El porcentaje de humedad final del producto extruido fue de 2.7% (anexo 4).

Aro (2001), determino los parámetros de extrusión y realizo el acondicionamiento óptimo de humedad para el proceso de extrusión de 15% de humedad final para un alimento a base de cañihua, quinua, maíz, haba cebada y soya; esta humedad favorece el flujo de extrusión de esta forma en la presente investigación se trabajó con 14% de humedad adecuando el cizallamiento.

Cabe mencionar que se encontró valores de humedad de 15.20%, a temperatura de 150°C. Trabajos realizados sobre extrusión de cañihua y maíz de la variedad Cupi reportados (Sofa, 2003). Las variables de temperatura y humedad de cocción - extrusión en el presente trabajo de investigación tiene una similitud en cuanto a los valores; así mismo (PIWANDES, 2003), encontró temperaturas de extrusión de 158 a 165 ° C para el proceso de extrusión en una mezcla alimenticia a base de cañihua, soya, maca y arroz.

Cuadro 13

Variables controlados en el proceso de cocción- extrusión

F	Temperatura (°C)	Flujo de Alimentación (G/ MIN)	Humedad final Para extruir (%)	Tratamiento
F1	120	400	14	1
	120	800	14	2
	160	400	14	3
	160	800	14	4
F2	120	400	14	5
	120	800	14	6
	160	400	14	7
	160	800	14	8

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde: F: formulación

3.2.2. Cuantificación de compuestos fenólicos totales por el Método espectrofotométrico.

En el cuadro 14. Se observa el resultado del contenido de compuestos fenólicos totales de los diferentes tratamientos. En esta investigación se trabajó con 8 tratamientos, de los cuales el tratamiento 4 obtuvo un mayor valor de 7.39 (mg de ácido gálico equivalente/g) de la formulación 1 (20% de maca, 50% de cañihua y 30% de maíz morado) a temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 800 g/min, Valor superior a los demás tratamientos. Señalar que la muestra patrón no fue sometida al proceso de cocción – extrusión, mientras que los 8 tratamientos estudiados si fueron sometidos al proceso.

Cuadro 14

Compuestos fenólicos totales de la muestra patrón y los tratamientos

Muestra	Fenoles Totales (mg de ácido gálico equivalente/g)
Muestra Patrón F1	6.02
Tr. 1: (F 1 – T: 120 °C – F.A: 400 g/min.)	6.11
Tr. 2: (F 1 – T: 120 °C – F.A: 800 g/min.)	6.15
Tr. 3: (F 1 – T: 160 °C – F.A: 400 g/min.)	6.50
Tr. 4: (F 1 – T: 160 °C – F.A: 800 g/min.)	7.39
Muestra Patrón F2	5.39
Tr. 5: (F 2 – T: 120 °C – F.A: 400 g/min.)	2.73
Tr. 6: (F 2 – T: 120 °C – F.A: 800 g/min.)	2.57
Tr. 7: (F 2 – T: 160 °C – F.A: 400 g/min.)	4.12
Tr. 8: (F 2 – T: 160 °C – F.A: 800 g/min.)	4.28

Fuente: Elaboración Propia.

Leyenda:

Tr: tratamiento

M: Muestra

F: Formulación

T°C: Temperatura en grados centígrados

F.A: Flujo de alimentación g/min

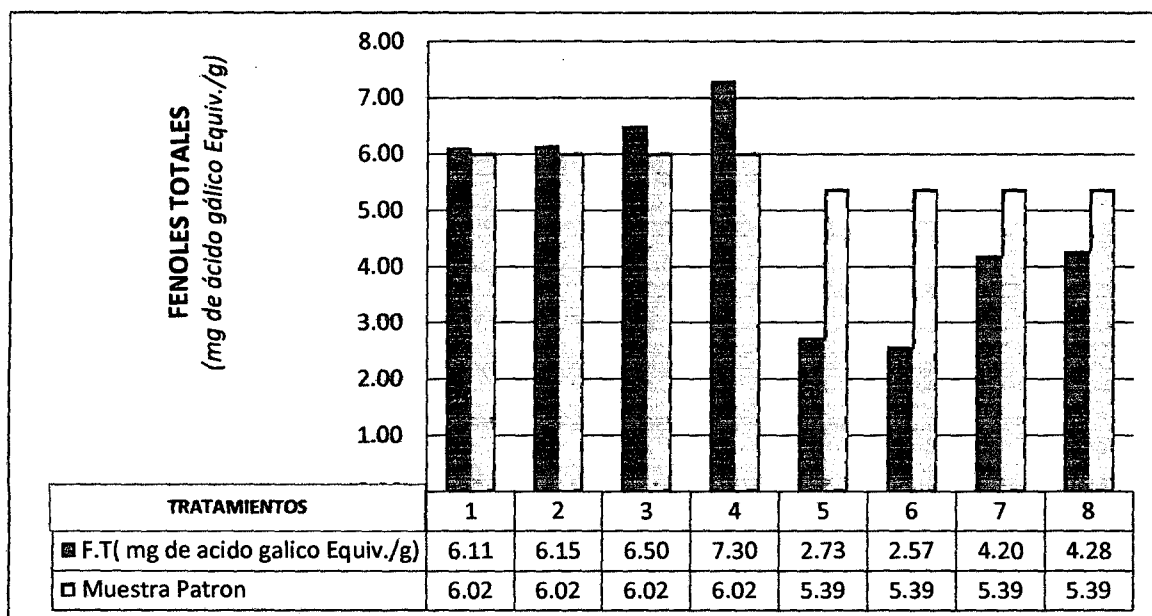
3.2.2.1. Efecto del proceso de cocción – extrusión (Temperatura y flujo de alimentación) en la cuantificación de los Compuestos fenólicos totales.

Los polifenoles totales del producto extruido se puede observar en el cuadro 14 y figura 08. Se observa los compuestos fenólicos determinado por el método espectrofotométrico (mg de ácido gálico Equivalente/g), obteniendo los valores de compuestos fenólicos totales de la muestra patrón 6.02 (mg de ácido gálico Equivalente/g) no procesada; los tratamientos de la formulación 1 (50% cañihua – 20% maca – 30% de maíz morado), ejecutando una confrontación con los

tratamientos 1, 2, 3 y 4 se intensificaron sus valores a 6.11, 6.15, 6.50 y 7.39 (mg de ácido gálico Equivalente/g) respectivamente, el tratamiento 4 es el mejor ejemplar en contenido de compuestos fenólicos totales, perteneciente a la formulación 1 a temperatura de extrusión de 120 °C y 160 °C y flujo de alimentación de 400 g/min, 800 g/min, incrementándose los compuestos fenólicos con estas variables.

Figura 08

Efecto del proceso de cocción – extrusión en la cuantificación de compuestos fenólicos totales



Fuente: Elaboración Propia

Estableciendo los valores de compuestos fenólicos totales de la muestra patrón y los tratamientos de la formulación 2 (30% cañihua – 50% maca – 20% de maíz morado) (figura 08). La muestra patrón tiene un valor de 5.39 (mg de ácido gálico Equivalente /g) ejemplar que no se realizó el proceso de extrusión; ejecutando la confrontación con los tratamientos 5, 6, 7 y 8 redujeron sus valores a 2.73, 2.57, 4.12 y 4.28 (mg de ácido gálico Equivalente /g) respectivamente, señalando que

la formulación 2, temperaturas de 120 °C y 160 °C, flujo de alimentación de 400 g/min y 800 g/min mermo los compuestos fenólicos totales.

Corroborando con los resultados reportados en cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales (mg de ácido gálico Equivalente/g) determinados por el método espectrofotométrico, refiere que las distintas variedades de cañihua evaluadas contienen compuestos fenólicos como la variedad Cupi 2.538 (mg de ácido gálico Equivalente /g) por (*Repo Carrasco, 2008*), observando los resultados del siguiente trabajo de investigación son muy prominentes al 7.39 (mg de ácido gálico Equivalente /g) valor que hace entender que la cañihua en una mezcla alimenticia intensifica sus compuestos fenólicos totales por el proceso de extrusión ya que este tratamiento fue extruido a 160 °C y 800 g/min favoreciendo relativamente al incremento de compuestos fenólicos.

Saura et al.,(2002) mencionado por Repo Carrasco (2008), manifiesta que el contenido de compuestos fenólicos totales encontrados para la variedad Cupi (2.538 mg ácido gálico equivalente/g.) se encuentra dentro del rango mencionado 0.1 % – 10 % para los cereales. Como se puede ver el amplio rango demuestra la variabilidad de este componente en los vegetales para tal efecto la presente investigación está dentro de estos parámetros ya que se encontró un valores entre 2. 72 - 7.30 (mg de ácido gálico Equivalente/g) e indicando que el producto extruido tiene un alto porcentaje de compuestos fenólicos totales según la variabilidad de temperatura y flujo de alimentación.

Los fenóles totales del grano del maíz morado es 1.94 (mg de ácido gálico Equivalente /g) reportados por (*Almeida, 2012*), realizamos una comparación con el alimento extruido a base de cañihua, maca y maíz morado con la formulación 1 que presenta 30% de maíz morado, donde se encontró fenoles totales en un

rango de 6.11 - 7.30 (mg de ácido gálico Equivalente /g) valores más altos en referencia a los demás tratamientos, concluyendo de esta manera que el maíz morado hizo un aporte en el incremento de los compuestos fenólicos totales a temperaturas de 160°C – 120°C y la variabilidad del flujo de alimentación.

La cuantificación de compuestos fenólicos totales por el método espectrofotométrico de maca ecotipo morado obtuvieron un resultado de 6.73 (mg de ácido gálico equivalente/g) de polvo seco en diferentes extractos de harina de maca ecotipo morado (*Neira, 2011*); dentro del trabajo de investigación el valor más alto fue de 7.39 (mg de ácido gálico Equivalente /g) para la mezcla alimenticia, teniendo en consideración que el valor es superior a lo obtenido.

Los efectos nos señalan que en el proceso de cocción - extrusión acrecentó el contenido de polifenoles aumentando progresivamente en el alimento extruido. Esto debido posiblemente a recientes investigaciones que sugieren que los productos de la reacción de Maillard, formados como consecuencia del tratamiento de calor intenso o almacenamiento prolongado, generalmente exhiben compuestos bioactivos y rompen la cadena de la actividad secuestrante del oxígeno donde el contenido de polifenoles aumenta a medida que las temperaturas de trabajo se incrementan, mostrando también que ante el cambio de formulaciones el contenido de compuestos fenólicos varía (*Kaur y Kapoor, 2001*).

3.2.2.2. Análisis estadístico de compuestos fenólicos totales.

En el cuadro 15 se observa las variables de estudio controlados como: formulación (F1 y F2), temperatura (T1 y T2) y flujo de alimentación (FA1 y FA2), de esta manera se efectuó el diseño factorial de 2 x 2 x 2 obteniendo así 8

Tratamientos en estudio con tres repeticiones cada uno, con la finalidad de determinar la existencia de diferencia significativa entre los factores para cuantificar los compuestos fenólicos totales.

Cuadro 15

Tratamientos en estudio para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales

Formulación	F1: (20M – 50C – 30Mz)				F2: (50M – 30C – 20Mz)			
	T1 = 120°C		T2 = 160°C		T1 = 120°C		T2 = 160°C	
Flujo de alimentación	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8
Repetición I	6.00	6.15	5.99	7.40	2.68	3.80	3.98	4.31
Repetición II	6.12	6.13	6.40	7.40	2.30	0.09	4.15	4.26
Repetición III	6.20	6.15	7.09	7.35	2.21	3.80	4.20	4.25

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.3. Análisis de varianza multifactorial para los compuestos fenólicos totales.

El análisis de varianza multifactorial señala que existe diferencia significativa cuando ($p < 0.05$) en las Formulaciones, temperatura, flujo de alimentación como se muestra en el siguiente cuadro 16.

Cuadro 16

Análisis de varianza para compuestos fenólicos totales

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A:Formulación	61,2801	1	61,2801	99,44	0,0000
B:Temperatura	9,56344	1	9,56344	15,52	0,0015
C:Flujo de alimentación	0,592204	1	0,592204	0,96	0,3436
AB	1,2105	1	1,2105	1,96	0,1828
AC	0,133504	1	0,133504	0,22	0,6488
BC	0,270937	1	0,270937	0,44	0,5181
ABC	0,275204	1	0,275204	0,45	0,5148
Bloques	1,3423	2	0,67115	1,09	0,3634
Error total	8,62717	14	0,616226		
Total (corr.)	83,2954	23			

Fuente: Elaboración Propia.

El cuadro 16 interpretamos como sigue: El análisis del cuadro de ANVA indica que siendo el valor-P inferior al nivel de significancia de 0.05, para la formulación y temperatura (120 °C y 160 °C) esto indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los los niveles de formulación y temperatura con una seguridad de 95%, mientras que el factor de flujo de alimentación (400 g/min y 800 g/min) y las interacciones son estadísticamente iguales. Porque el valor-P es mayor al nivel de significancia de 0.05, derivamos así que los efectos de temperatura y formulación influyen en la cuantificación de los compuestos polifenoles.

3.2.2.4. Optimización respuesta para compuestos fenólicos totales

Meta: Maximizar compuestos fenólicos totales

Valor óptimo = 7,27625

Cuadro 17

Optimización de respuesta para los compuestos fenólicos totales.

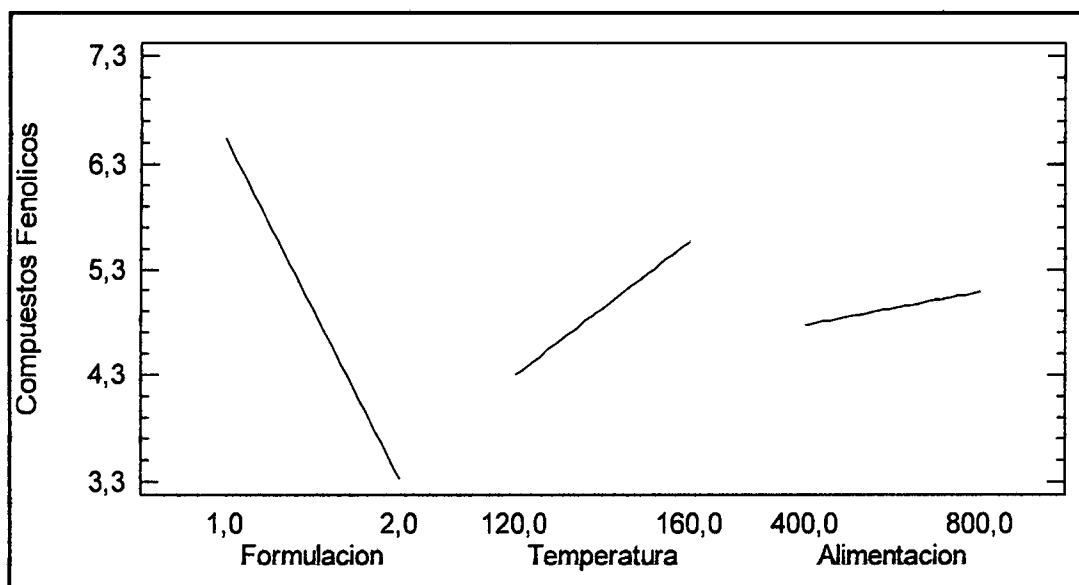
FACTOR	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
Formulación	1,0	2,0	1,0
Temperatura °C	120,0	160,0	160,0
Flujo de Alimentación g/min	400,0	800,0	800,0

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro 17 muestra la optimización desde el máximo valor en compuestos fenólicos totales que es de 7.27625, se alcanza con la formulación 1 (20M – 50C – 30Mz), a una temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 800 g/min. Dentro de estos niveles el tratamiento 4 muestra el valor óptimo.

Figura 09

Efectos principales en el proceso de cocción - extrusión para compuestos fenólicos totales



Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 09 se aprecia que la formulación 1 a una temperatura alta de 160 °C y flujo de alimentación de 800 g/min presenta mayor cantidad de compuestos fenolicos, la gráfica corrobora al cuadro de optimización.

3.2.3. Determinación de la capacidad antiradicalaria por el método ABTS.

En el cuadro 18. Se observa los resultados de la capacidad antiradicalaria de los diferentes tratamientos. En este trabajo de investigación se trabajó con 8 tratamientos, de los cuales el tratamiento 3 obtuvo un valor mayor de 67.08 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) de la formulación 1 (20 % de maca, 50 % de cañihua y 20 % de maíz morado) a una temperatura de 160 °C y flujo de alimentación de 400 g/min.

Cuadro 18

Capacidad antiradicalaria de la muestra patrón y los tratamientos por el método ABTS.

Muestra	Capacidad Antiradicalaria ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$)
Muestra Patrón: F1	63.94
Tr. 1: (F 1 – T: 120 °C – F.A: 400 g/min.)	55.68
Tr. 2: (F 1 – T: 120 °C – F.A: 800 g/min.)	52.69
Tr. 3: (F 1 – T: 160 °C – F.A: 400 g/min.)	67.08
Tr. 4: (F 1 – T: 160 °C – F.A: 800 g/min.)	65.24
Muestra Patrón: F2	59.22
Tr. 5: (F 2 – T: 120 °C – F.A: 400 g/min.)	41.36
Tr. 6: (F 2 – T: 120 °C – F.A: 800 g/min.)	39.85
Tr. 7: (F 2 – T: 160 °C – F.A: 400 g/min.)	43.25
Tr. 8: (F 2 – T: 160 °C – F.A: 800 g/min.)	42.36

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

Tr: Tratamiento

F: Formulación

T °C: Temperatura en Grados Centígrados

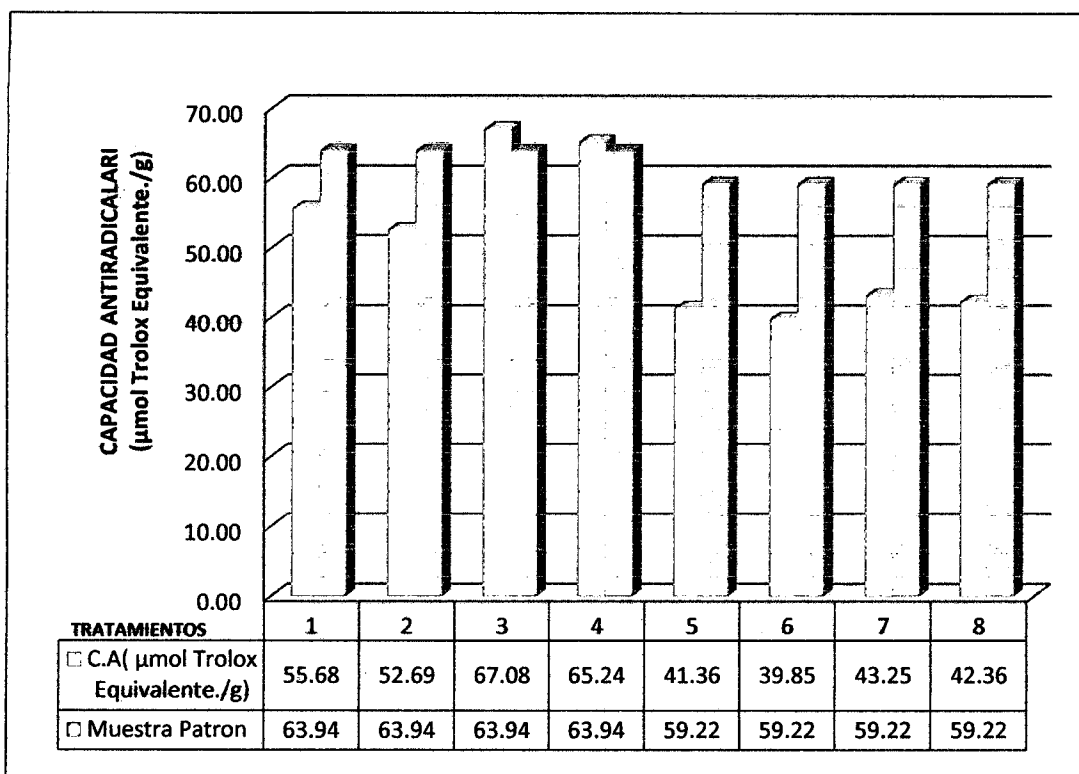
F.A: Flujo de Alimentación g/min

3.2.3.1. Efecto del proceso de cocción – extrusión (temperatura y flujo de alimentación) en la determinación de la Capacidad antiradicalaria.

Los valores de la capacidad antiradicalaria del producto se exponen en el cuadro 18 y figura 10, donde se observa la capacidad antiradicalaria que fue determinado por el método ABTS ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$), estableciendo una comparación de valores de capacidad antiradicalaria de la muestra patrón y los tratamientos de la formulación 1 (20 % maca – 50 % cañihua – 30 % de maíz morado), la muestra patrón tiene un valor de 63.94 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) ejemplar donde no se realizó el proceso de extrusión; ejecutando la confrontación con los tratamientos 1 y 2 redujeron sus valores a 55.68 y 52.69 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) respectivamente, significa que a una temperatura de 120 °C mermo la capacidad antiradicalaria, entretanto en los tratamientos 3 y 4 se intensificaron su valores a 67.08 y 65.24 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) respectivamente, denotando que a una temperatura de extrusión de 160°C se incrementa la capacidad antiradicalaria, el flujo de alimentación no influye significativamente en la determinación de la capacidad antiradicalaria de la formulación 1.

Figura 10

Efecto del proceso de cocción – extrusión en la determinación de capacidad antiradicalaria



Fuente: Elaboración Propia

Estableciendo una comparación de capacidad antiradicalaria de la muestra patrón y los tratamientos de la formulación 2 (30% cañihua – 50% maca – 20% de maíz morado), la muestra patrón tiene un valor de 59.22 (µmol Trolox Equivalente/g) ejemplar que no se realizó el proceso de extrusión; ejecutando la confrontación con los tratamientos 5, 6, 7 y 8 redujeron sus valores a 41.36, 39.85, 43.25 y 42.36 (µmol Trolox Equivalente/g) respectivamente, a temperaturas de 120°C y 160°C, flujo de alimentación de 400 g/min y 800 g/min, mermo la capacidad antiradicalaria.

Luna y Tacora (2008), encontró valores en su determinación de la capacidad antiradicalaria del grano de cañihua en sus diferentes variedades sin desarrollar el proceso de extrusión, donde obtuvo la mayor capacidad antiradicalaria para la variedad Cupi 41.7865 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$), haciendo un balance con el presente trabajo de investigación el tratamiento 3 de la formulación 1 (50% cañihua – 20% maca – 30% de maíz morado) es la que tiene considerable cantidad de cañihua y también obtuvo la mayor capacidad antiradicalaria de 67.08 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente. /g}$) debido a que el trabajo se realizó por un proceso de extrusión, de esta manera se demuestra que el proceso de extrusión favorece al incremento de la capacidad antiradicalaria de la cañihua para una mezcla alimenticia a temperaturas de extrusión de 160 °C y flujo de alimentación de 400 g/min.

De las variedades de cañihua, estudiadas y determinados por el método ABTS se ha observado importante capacidad antiradicalaria en la fase hidrofílica de la variedad Cupi 15.0980 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) (Repo Carrasco, 2008); observando los resultados de la siguiente misión de investigación los resultados son muy prominentes al (67.08 $\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) valor que hace entender que la cañihua en una mezcla alimenticia intensifica su capacidad antiradicalaria por el proceso de cocción – extrusión. Esta diferencia se debe probablemente a que en la extrusión se utiliza temperaturas altas, presiones altas en tiempos breves. (Pokorny et al., 2005)

Se evaluó y observó la capacidad antiradicalaria del Maíz morado no extruida y extruida; desenlazando con los resultados que el maíz morado extruida tiene una capacidad antiradicalaria de 47.20 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$), y la no extruida

tiende a un valor de 63.15 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) medida por el porcentaje de optación de radicales libres, determinando que variables a temperaturas altas de extrusión atentan a la volatilización de la capacidad antiradicalaria del maíz morado (Hertog, 1993). Los valores de capacidad antiradicalaria de la mezcla alimenticia extruida del presente trabajo investigación oscilan entre 52.69 - 67.08 $\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) para la formulación 1 de la mezcla alimenticia, superiores al valor de 47.20 ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) para maíz morado extruido encontrado por el autor. (Almeida, 2012), encontró capacidad antioxidante del extracto de los granos de maíz morado resultando 15.96 ($\mu\text{mol de Trolox equivalente/g de muestra}$), valor que es inferior al obtenido en maíz morado entero, teniendo encuentra que en el presente trabajo de investigación se utilizó solo el grano del maíz.

Se observa los resultados obtenidos para dos muestras de harina de maca de dos Empresas (Koken y Amazon), observándose que el extracto acuoso de *Lepidium peruvianum* "maca" presentó una mayor capacidad antioxidante 65.38% ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$) sin embargo, se observó también que el extracto metanolico de *Lepidium meyenii* presentó una capacidad antioxidante de 60.32% ($\mu\text{mol Trolox Equivalente/g}$). Estas diferencias podrían estar influenciadas por el proceso de obtención de la harina y por procesos edáficos de temperatura, clima, humedad, entre otros, que podrían intervenir en la presencia o ausencia de diversos metabolitos y/o sustancias activas (Neyra, 2011). Considerando los datos de esta investigación concluimos que tienen semejanza de capacidad antiradicalaria de la mezcla extruida a partir de cañihua, maca y maíz morado.

Estudios llevados a cabo en tomate, café y té mostraron que un prolongado tiempo de calentamiento aumenta la capacidad antioxidante de estos alimentos induciendo la formación de componentes con esta actividad por ejemplo productos de la reacción de Maillard (*Arena et al., 2001*).

3.2.3.2. Análisis estadístico de la capacidad antiradicalaria.

En el cuadro 19 se observa las variables de estudio controlados como: formulación (F1 y F2), temperatura (T 1 y T 2) y flujo de alimentación (FA 1 y FA 2), de tal manera se efectuó el diseño factorial de 2 x 2 x 2 obteniendo así 8 tratamientos en estudio con tres repeticiones cada uno, con la finalidad de determinar la existencia significativa entre los factores para cuantificar la capacidad antiradicalaria.

Cuadro 19

Tratamientos en estudio para la determinación de capacidad antiradicalaria

Formulación	F1: (20M – 50C– 30Mz)				F2: (50M – 30C– 20Mz)			
	T1 = 120 °C		T2 = 160 °C		T1 = 120 °C		T2 = 160 °C	
Flujo de alimentación	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min	400 g/min	800 g/min
Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8
Repetición I	55.58	53.22	66.57	64.12	41.39	39.65	42.87	40.87
Repetición II	55.50	53.21	67.77	66.45	41.31	40.95	43.18	44.57
Repetición III	55.95	51.65	66.87	65.15	41.36	38.95	43.69	41.64

Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3.3. El análisis de varianza multifactorial para la capacidad antiradicalaria

Señala que existe diferencia significativa ($p < 0.05$). Formulaciones, temperatura, flujo de alimentación como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 20

Análisis de varianza para la capacidad antiradicalaria

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
A:Formulacion	2046,29	1	2046,29	2967,79	0,0000
B:Temperatura	301,254	1	301,254	436,92	0,0000
C:FlujoAlimentación	19,458	1	19,458	28,22	0,0001
AB	143,131	1	143,131	207,59	0,0000
AC	2,2022	1	2,2022	3,19	0,0956
BC	1,17484	1	1,17484	1,70	0,2128
ABC	0,108004	1	0,108004	0,16	0,6982
Error total	9,65299	14	0,689499		
Total (corr.)	2528,9	23			

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro 20. Interpretamos como sigue: El análisis del cuadro de ANVA indica que siendo el valor-P inferior al nivel de significancia de 0.05, indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de formulaciones y temperaturas (120 °C y 160 °C), también para el factor flujo de alimentación (400 g/min y 800 g/min) y la interacción formulación (A) y temperatura (B). Las interacciones AxC, BxC y AxBxC son estadísticamente iguales por que al valor-P es mayor al nivel de significancia de 0.05

3.2.3.4. Optimizar respuesta para la capacidad antiradicalaria

Meta: Maximizar CAPACIDAD ANTIRADICALARIA

Valor óptimo = 67,1371

Cuadro 21

Optimización de respuesta para la capacidad antiradicalaria

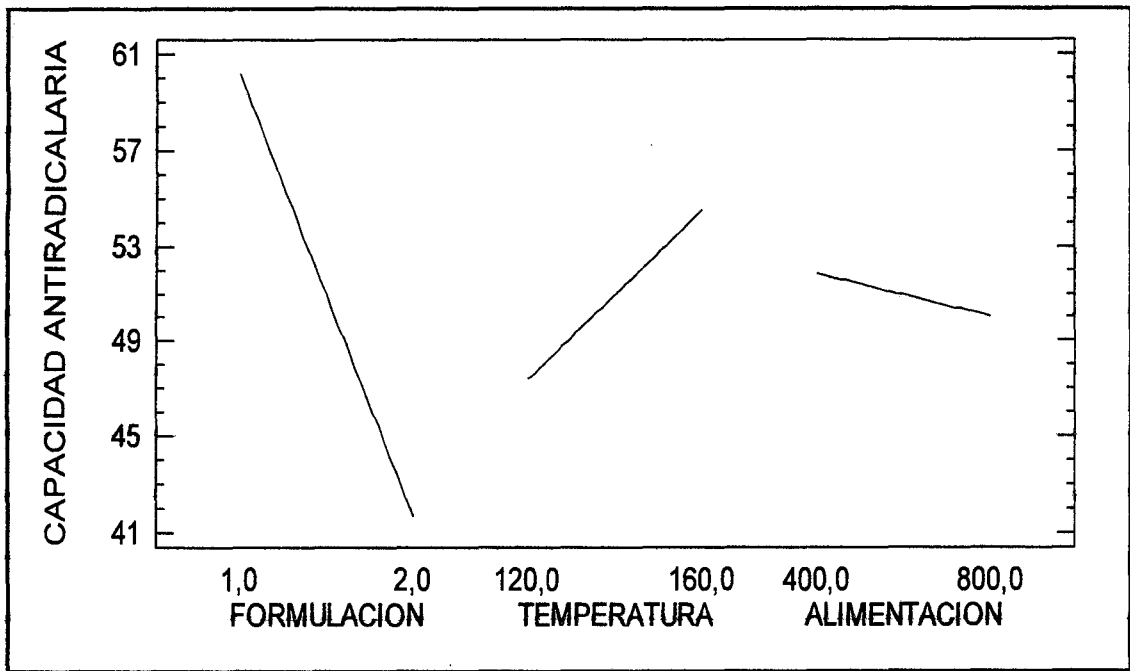
Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Formulación	1,0	2,0	1,0
Temperatura °C	120,0	160,0	160,0
Flujo de alimentación g/min	400,0	800,0	400,0

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro 21. Muestra la optimización del máximo valor de capacidad antiradicalaria que es de 67.1371, se alcanza con la formulación 1 (20M – 50C– 30Mz), a una alta temperatura de 160°C y flujo de alimentación de 400 g/min. Dentro de este nivel está el tratamiento 3, la cual muestra el valor óptimo.

Figura 11

Efectos principales en el proceso de cocción-extrusión para capacidad antiradicalaria



Fuente: Elaboración Propia

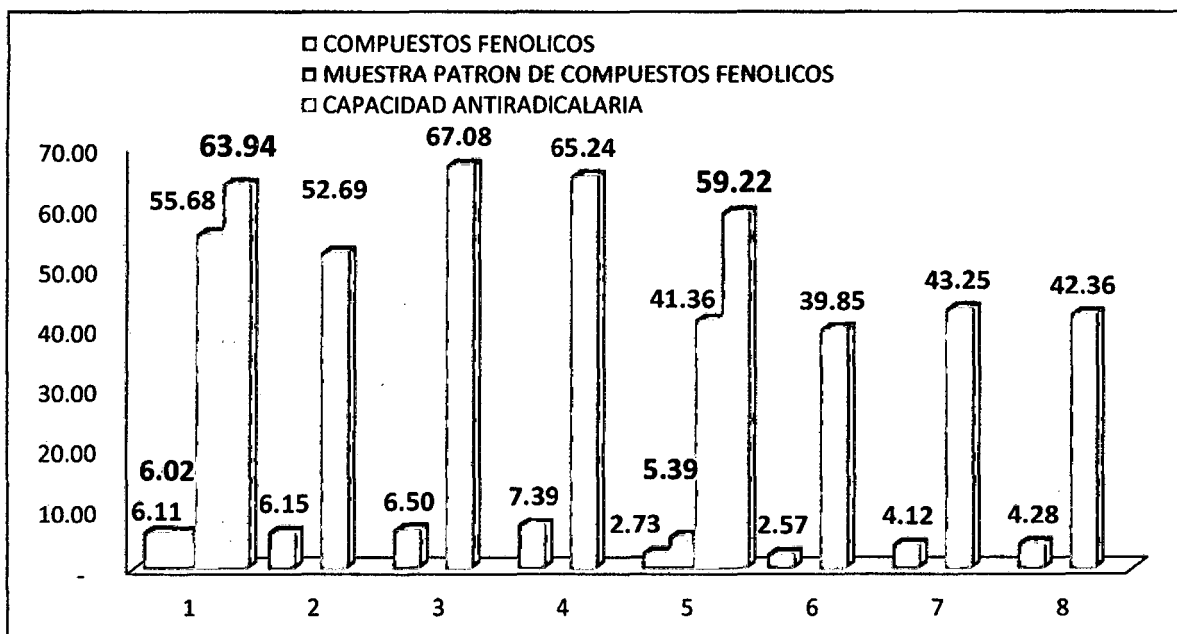
En la figura 11 se aprecia que la formulación 1 (20M – 50C– 30Mz) a una temperatura alta de 160 °C y flujo de alimentación de 400 g/min se tiene mayor capacidad antiradicalaria, la gráfica corrobora al cuadro de optimización.

3.2.4. Relación de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria.

El comportamiento de la capacidad antioxidante en el proceso cocción - extrusión se asemeja al comportamiento de polifenoles totales del mismo proceso ya que según *Pasko et al., (2009)*, existe una fuerte correlación entre el contenido de polifenoles totales de los pseudo cereales y la actividad antioxidante de los mismos sugiriendo que el contenido de polifenoles totales es un buen indicador de la capacidad antioxidante (figura 12).

Figura 12

Relación de los compuestos fenólicos totales y capacidad antiradicalaria



Fuente: Elaboración Propia

Realizando la comparación de la capacidad antiradicalaria (µmol Trolox Equivalente/g) y los compuestos fenólicos totales (mg de ácido gálico Equivalente

/g) deducimos que la capacidad antiradicalaria tiene una relación directamente proporcional a los compuestos fenólicos en un alimento extruido.

Tacora et al., (2010) menciona que el proceso de expansión por explosión y el proceso de cocción - extrusión incrementó el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante dando a entender que el proceso de expandido y extrusión genera mejores características funcionales en comparación con el tostado.

3.2.5. Resultado del análisis microbiológico.

Los resultados del análisis microbiológico del alimento instantáneo, se muestra en el cuadro 22.

Cuadro 22

Resultado del análisis microbiológico del producto final

Microorganismos	Resultados	Parámetros microbiológicos
Recuento de microorganismos Mesofilos aerobios viables (UFC/g)	522	10 000
Recuento de coliformes totales /g (37°C)	2	10
Basillus cereus /g	0	100
Salmonella sp. /25g.	0	0
Hongos /g	2	100

Fuente: Laboratorio Microbiológico MICROLAB-Cusco

Dónde: UFC/g = Unidades Formadoras de Colonia en un gramo de muestra

Este cuadro nos muestra que los resultado obtenidos se encuentra dentro del límite permisible de acuerdo al Laboratorio Microbiológico MICROLAB, lo que nos indica que no contiene microorganismos patógenos, además indica que el producto es apto para el consumo humano, por consecuencia no existió

contaminación durante el proceso; así mismo cumple con las normas de calidad sanitaria e inocuidad establecida por el Ministerio de Salud (Anexo 07).

Demostrando lo planteado por (*Fellows, 1994*) que la extrusión a alta temperaturas por corto tiempo esteriliza el producto elaborado.

CONCLUSIONES

Finalizando el presente trabajo de investigación, se concluyo:

1. Se logró obtener un alimento extruido a base de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), Maca (*Lepidium meyenii Walp*) y Maíz morado (*Zea maíz L.*); con un cómputo químico de 99.2% para formulación F1 (50C-20M-30Mz) y 99.4% para formulación F2 (30C-50M-20Mz), el análisis fisicoquímico del producto se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el programa integral de nutrición. Respecto al contenido de fenoles totales la formulación 1 y 2 (muestra no extruida) muestra patrón presento 6.02 y 5.39 mg de ácido gálico Equiv./g respectivamente y capacidad antiradicalaria de 63.94 y 59.22 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$ respectivamente, estos resultados origino efectos significativos de repotencializacion en propiedades de compuestos fenólicos y antiradicalarios del alimento concluyendo que produce sinergismo en tres tipos de antiradicalarios generados por la formulación de manera que en conjunto generan un efecto sinérgico en una mezcla alimenticia.
2. Respecto al contenido de compuestos fenólicos el alimento extruido presento 7.39 mg de ácido gálico Equiv./g valor superior con respecto a la muestra patrón con 6.02 mg de ácido gálico Equiv./g y demás tratamientos siendo el tratamiento 4 con temperatura 160 °C y flujo de alimentación 800 g/min la que presento incremento en el contenido de compuestos fenólicos, significa que el efecto de la temperatura influye directamente en la estabilidad de los compuestos fenólicos mientras que el efecto del flujo de alimentación no influye en la cuantificación, tales resultados nos señalan que el proceso de extrusión influye positivamente en el contenido de polifenoles totales del alimento extruido, esto debido al tratamiento de calor intenso que

generalmente exhiben los compuestos fenólicos rompiendo la cadena y la actividad secuestrante del oxígeno, el contenido de polifenoles aumenta a medida que las temperaturas de trabajo se incrementan, mostrando también que ante el cambio de formulación, el contenido de polifenoles varía. En cuanto al efecto de la temperatura y flujo de alimentación los resultados de la capacidad antiradicalaria presentaron un efecto positivo en las características funcionales, el tratamiento 3 con una temperatura de 160°C y flujo de alimentación de 400 g/min presento un valor alto de capacidad antiradicalaria siendo 67.08 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$ ya que los demás tratamientos presentaron valores inferiores, en comparación a la muestra patrón el resultado fue de 63.94 $\mu\text{mol Trolox Equiv./g}$ existiendo un incremento en la capacidad antiradicalaria para el alimento extruido.

RECOMENDACIONES

1. Hacer un estudio sobre los efectos a la salud que brindan los tubérculos, cereales, granos y leguminosas andinos incluyendo el estudio sobre el papel que juegan estos compuestos fenólicos como antiradicalarios o como prooxidantes en la patogénesis de algunas enfermedades crónicas. Determinar la cuantificación de los compuestos fenólicos totales y determinación de la capacidad antiradicalaria mediante los ensayos de DPPH y ORAC.
2. Realizar trabajos de investigación sobre el almacenamiento, vida en anaquel del producto extruido y estudiar la variación de la capacidad antiradicalaria y compuestos fenólicos, para lograr tecnologías adecuadas para conservar sus propiedades funcionales. Desarrollar métodos para medir la capacidad antiradicalaria total esta podrían involucrar antioxidantes solubles en agua e insolubles en agua a si como también sería muy interesante el estudio de enzimas responsables de la capacidad antioxidante.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aliaga, R. (1999). "Maca planta medicinal y nutritiva del Perú". Primera Edición. Lima-Perú.
2. Almeida, J. (2012). Tesis "Extracción y caracterización del colorante natural del maíz morado (*Zea mays L.*) y determinación de su actividad antioxidante".
3. Apró, N. (2001). La Extrusión como Tecnología Flexible de Procesamiento de Alimentos. Editorial Instituto Nacional de Tecnología Industrial y Centro Regional Pampeano. Buenos Aires - Argentina.
4. Arena, E., Fallico B., Maccarone E. (2001). Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juices as influenced by constituents, concentration process and storage. Food Chem. 2001, Pp 423 - 427.
5. Arias, S., Chalmin, P. (1985). Proyecto de Utilización Industrial de Cereales para la Producción de Etanol. QIT – UAM Xochimilco, México Pp. 76.
6. Aro. (2001). Tesis "Elaboración de Mezcla Alimenticia a Base de Quinoa, Cañihua, Cebada, Maíz, Haba y Soya por Proceso de Cocción - Extrusión" UNA-PUNO.
7. Arnao, H. (2001). Some Methodological Problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals a practical case. Tread in Food Science and Technologypp Gra Bretana Pp 419-431.
8. Arrete, L. (2007). Radicales Libres Antioxidantes y Mecanismos De Protección Pp. 161-172.
9. Avello, M., Suwalsky, M. (2006). Radicales libres antioxidantes naturales y mecanismos de protección. Pp. 161.172.
10. Belitz, D., Grosh, W. (1998). Química de los alimentos. Editorial Acriba Zaragoza. Pp. 258. España.

11. Bjorck, L., Asp, N. (1983). The Effects of Extrusion Cooking on Nutrition Value- A Literature Review. *Journal of Food Engineering*.
12. Bressani, R. (1976). Valor nutritivo de mezclas vegetales *Inter. Sciences*
13. Britton, W. (1992). Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lobansm. Wiss. Technol* 22-30.
14. CENAN., INS., MINSA. (1993). " Tabla de Composición de los Alimentos" .Instituto Nacional de Salud. Ministerio de Salud. Lima - Perú
15. Collazos, C. (1975). La composición de los alimentos peruanos*.Quinta Edición Ministerios de Salud.INS, Lima-Perú.
16. Collazos, C., White, P., White, S. (1996). La Composición de los Alimentos Peruanos.4 ta Edición, Instituto Nacional de Nutrición. Lima - Perú.
17. Chacón. (1997). Estudio Morfológico de los Cultivares de la Maca Universidad Centro del Perú Huancayo.
18. Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon).Tubers. Separation Purification, Technology. 10.1016 U.S.A.
19. Desikan, R., Hancock, J., Neill, S. (2005). Reactive oxygen species as signaling molecules. pp. 169-191. In: N. Smirnoff (ed). *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK. 302
20. F.A.O. (1983). Cultivos andinos Sub-explotados en la alimentación Oficial Regional de FOA. Para América Latina y el Caribe, Roma.
21. F.A.O. (1992). Manual sobre la utilización de cultivos andinos sub explotados en la alimentación. Oficial Regional de la F.A.O. para América Latina y el Caribe.

22. F.A.O. (2000). Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación "Manual Sobre la Utilización de los Cultivos Andinos Sub explotados en la Alimentación". Santiago Chile.
23. FAO - OMS (1990). Normas del Codex para regímenes especiales para lactantes y niños de corta edad Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comisión de Codex Alimentario. Roma-Italia.
24. Fellows, P. (1994). Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Práctica. ed. Acribia. Zaragoza. España.
25. García, R. (2005). Absorción *in vivo* de Oligómeros Epicatequinas Tesis Niversitat Rovira Ivrigili. Tarragona.
26. Golberg. (2001). Evaluación de la calidad proteica de los alimentos Editorial acriba Zaragoza España.
27. Gomes, M., Aguilera, M. (1983). Changes in the starch Fraction during Extrusion – Cooking of Corn. J. Food Sci.
28. Gonzales. (1991). Elaboración a base de cereales expandidos. Rev. Industrias Alimentarias. Vol. II No 5 Colombia.
29. Guido, A. (2005). Aportes de los cultivos andinos a la nutrición humana. En Raíces Andinos: Contribuciones al conocimiento y la capacitación. CIP. Lima.
30. Harper, J. (1992). "Bioquímica de Harper". Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V. Sonora - México.
31. Harper, J., Jansen, G. (1988). Nutritional Evaluation of food processing Effect of Extrusion Processing on Nutrients.
32. Harper, J. (1981). "Extrusion of foods". Vol. I y II. Ed CRC Press – Boca Raton. Ed. Acribia Zaragoza. España.

33. Hernández, J. (1992). "Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492" Colección FAO: Producción y Protección Vegetal N° 26 Roma - Italia.
34. Hertog. (1993). Diferentes Tipos de Compuestos Polifenólicos y Efectos en Salud, ha observado la capacidad antiradicalaria encontrando los resultados, capacidad antiradicalaria de diferentes productos.
35. INADE., PIWA., F.A.O. (2000). Organizaciones de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. "Agricultura Andina", boletín N° 10 Puno – Perú.
36. Kaur, C., Kapoor, C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. *Int. J. Food Sci. Technol.* 36:703-725.
37. Kinsella, E., Frankel, E., German, B., Kanner, J. (1993). Possible Mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant Foods. *Food Technology* Pp. 85 - 89.
38. Kokini, L., Chi Tang, H., Mukund, V., Karwe. (1992). *Food Extrusion Sciences and Technology*. Rutgers -The State University of New Jersey.
39. Kukoskil, E., Martta, E., Asuero, G., Troncoso, A., Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar la actividad antioxidante .*Ciencia y Tecnología de alimentos*: 726-732.
40. Larson, R., (1988). The Antioxidants of Higher Plants. *Photochemistry*, Vol. 27, Pp. 969 - 971.
41. Leighton, F., Urquiaga, I. (1998). Boletín de ciencias, vino y salud, programa bases moleculares de las enfermedades crónicas facultad de ciencias biológicas - Políticas Universidad Católica de Chile, vol. 3.
42. León, J. (1964). Plantas Alimenticias andinas. Boletín Técnico # 6. IICA, Zona andina Lima.

43. Linko, P. (1981). Advance In cereal Science y Technology: High Temperature Short – Time Extrusion Cooking.
44. Luna, G., Tacora, G. (2008). “Efecto de cocción-extrusión de la fracción indigestible, capacidad antioxidante y algunas propiedades funcionales de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”.
45. Llano. (1984). Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México. Segunda Etapa 2008-2009. 69 pp.
46. Martínez, R., Periago, M., Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latino Americanos de Nutrición.
47. Martínez, R., Periago, M., Ros, G. (2007). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Facultad de veterinaria universidad de Murcia. Volumen 50, N° 1.
48. Nakamura, D. (2007). Revista Perú Exporta, Tendencias y perspectivas del mercado internacional de Maíz Morado. La Asociación de Exportadores (ADEX) Edición N°384.
49. Neyra, A. (2011). Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas Maca. “Harina de Maca de 2 Empresas (KOKEN y AMAZON)”, Centro de Pomaceas – Universidad de Talca. Revista Horizonte Médico Art 4 Vol. 8.
50. Obregón, L. (1998). “Maca planta medicinal y nutritiva del Perú”. Primera Edición. Lima-Perú.
51. Olivares, S. (1994). “Necesidades nutricionales y calidad de la dieta. Manual de auto instrucción”. Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos.

52. Palacios, V. (1997). Plantas medicinales nativas del Perú. Lima: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
53. Pakco, P., Barton, H., Zagrodzki, P., Gorinstein, S., Fořta, M., Zachwieja, Z. (2009). Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. Food Chemistry.
54. Paredes, O. (1967). Biology, Chemistry and Technology. Centro de información CINVESTAV Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
55. Pérez, M., León, H. (2005). Evaluación de las características funcionales de 10 cultivares de masgwa (*tropaleum tuberosum*) en 6 estados de crecimiento y diferentes periodos de secado. Tesis UNALM – Perú.
56. Pérez, G. (2003). Los flavonoides, antioxidantes o pro oxidantes. Centro de investigación en biomédicas.
57. PIWANDES. (2003). Instituto de Innovación Tecnológica y Promoción del Desarrollo.” Granos Andinos avances, logros desarrolladas en quinua, cañihua y kiwicha Perú”.
58. Pokorny, J., Janda, V., Pudil, F. (2005). Changes during the extrusion of semolina in mixture with sugars. Food Sci, 19:24-30.
59. Prior, R., Wu, X., Schaech, K. (2005). Standardized methods. For the determination of. Antioxidant capacity and phenoliess. In food and dietary.
60. Repo Carrasco, R. (1998). Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos. Editorial. Agraria. Lima-Perú.
61. Repo Carrasco, R. (2008). “Capacidad Antioxidante de la Cañihua”. Editorial. Agraria. Lima-Perú

62. Rice Evans, C., Millar, N., Paranga, G. (1996). Structure Antioxidant Activity Relationship of Flavonoids and Phenolic acid. Free Radical Biology & Medicine. Pp 933-956. U.S.A.
63. Rojano, A., Gaviria, C., Gil, M., Saez, J., Schinella, G., Tournier, H. (2008). Antioxidant Activity of the Isoespintanol in Different Media. Universidad de Antioquia Medellin Colombia.
64. Saura, F., Serrano, J., Goñi, I. (2002). Intake and bio accessibility of total polyphenols in a whole diet. Food Chemistry, Pp 492-501.
65. Salhuana, W., Haynes, K. (2004). Estudio morfológico de los cultivos de los cultivos del maíz morado y producción agropecuaria. Boletín N°1 lima, s/f.
66. Singleton, L., Rossi, A. (1965). Colorimetry of total Phenolic with Phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology Viticulture. (16) pp. 44-158. U.S.A.
67. Sevilla, R., Valdez, A. (1985). Manual del cultivo, maíz morado. FOPEX. Lima, Perú.
68. Solano, M. (2001). "Botánica Sistemática". Universidad Nacional del Altiplano.
69. Sota. (2003). Realizo estudio sobre "Determinación de la Humedad Adecuada en Proporciones de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) y Maíz (*Zea mays L.*) Expandidos por Extrusión.
70. Shahidi, F., Janitha, P. (1992). Phenolic antioxidants. Rev. Food Science Nutritional, Vol. 29, Pp 67.
71. Tacora, R., Luna, G., Bravo, R., Mayta, J., Choque, M., (2010). Tesis "Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua

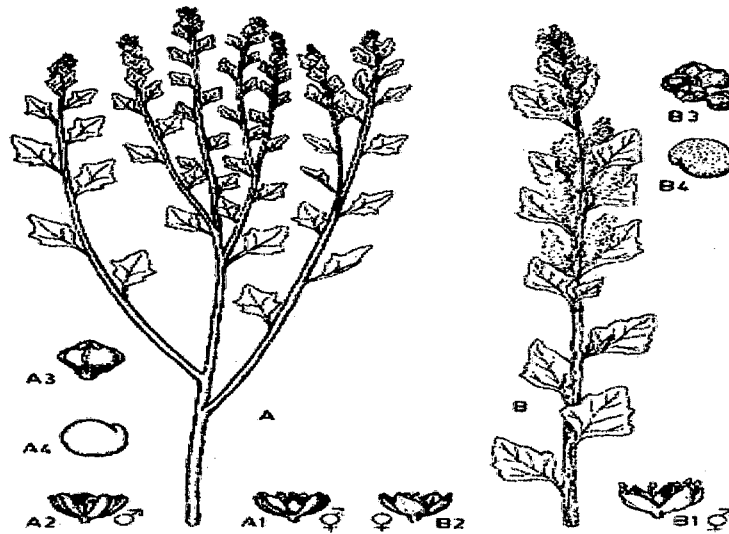
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen)", Facultad de Ciencias Agrarias. UNA-Puno.

72. Tapia, M. (2000). "Cultivos andinos sub explotados y su aporte en la alimentación". 2° Edición. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago Chile.
73. Tapia, M., Fries, A. (2007). Los cultivos Andinos en el Perú. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, Programa Nacional de Sistemas Andinos de Producción Agropecuaria. Boletín N° 1. Lima, s/f.
74. Tsimidou, M. (1998). Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect. Ital. J. Food Sci. Pp. 99.116
75. Ugartondo, V. (2009). Principales dianas biológicas de los Radicales Libres, Estructura Química de los Polifenoles.
76. Urquiaga, I., Ursa, U., Leighton, F. (1999). Antioxidante naturales impacto en la salud.
77. Velázquez, M., Prieto, B., Contreras, R. (2004). El Envejecimiento y los Radicales Libres. Ciencias (75): Pp: 36-43.
78. Velioglu, Y., Mazza G., Gao, L., (1998) Antioxidant activity and total phenolic in protectors, grasses y ascites.

ANEXO 1

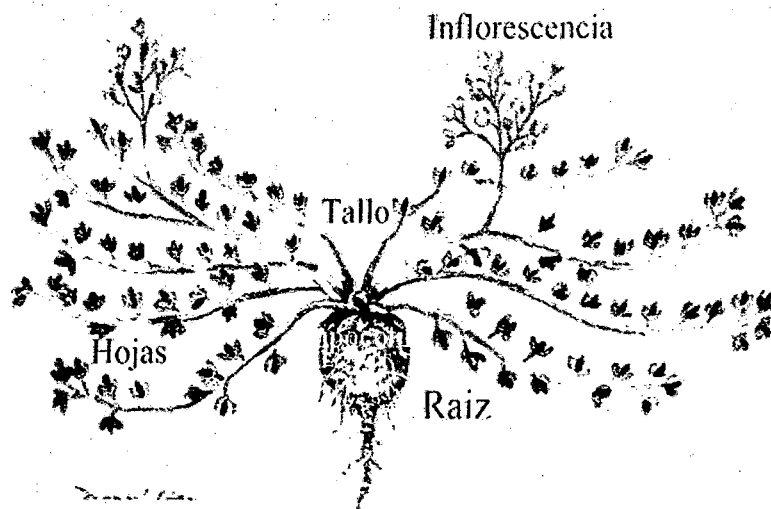
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CAÑIHUA, MACA, MAÍZ MORADO Y PARTES DEL EXTRUSOR

FIGURA 1: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA CAÑIHUA



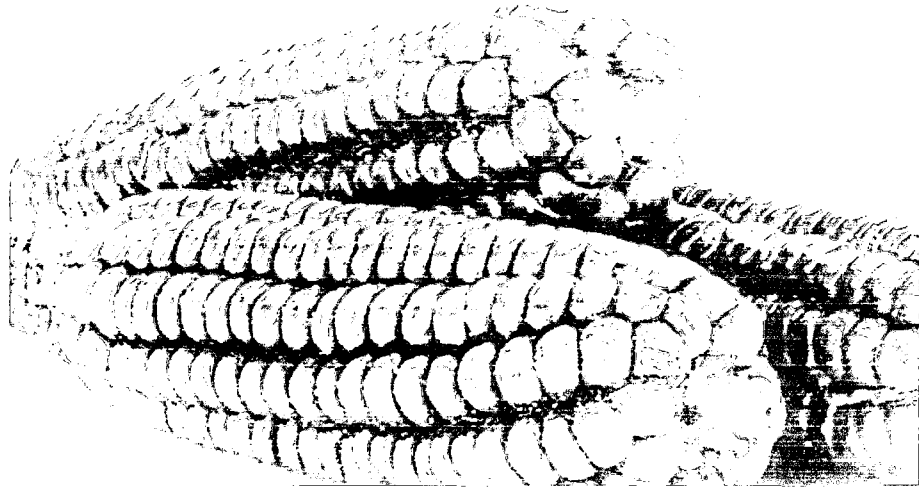
FUENTE: Tapia M.-Fries A. 2007

FIGURA 2: DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA MACA



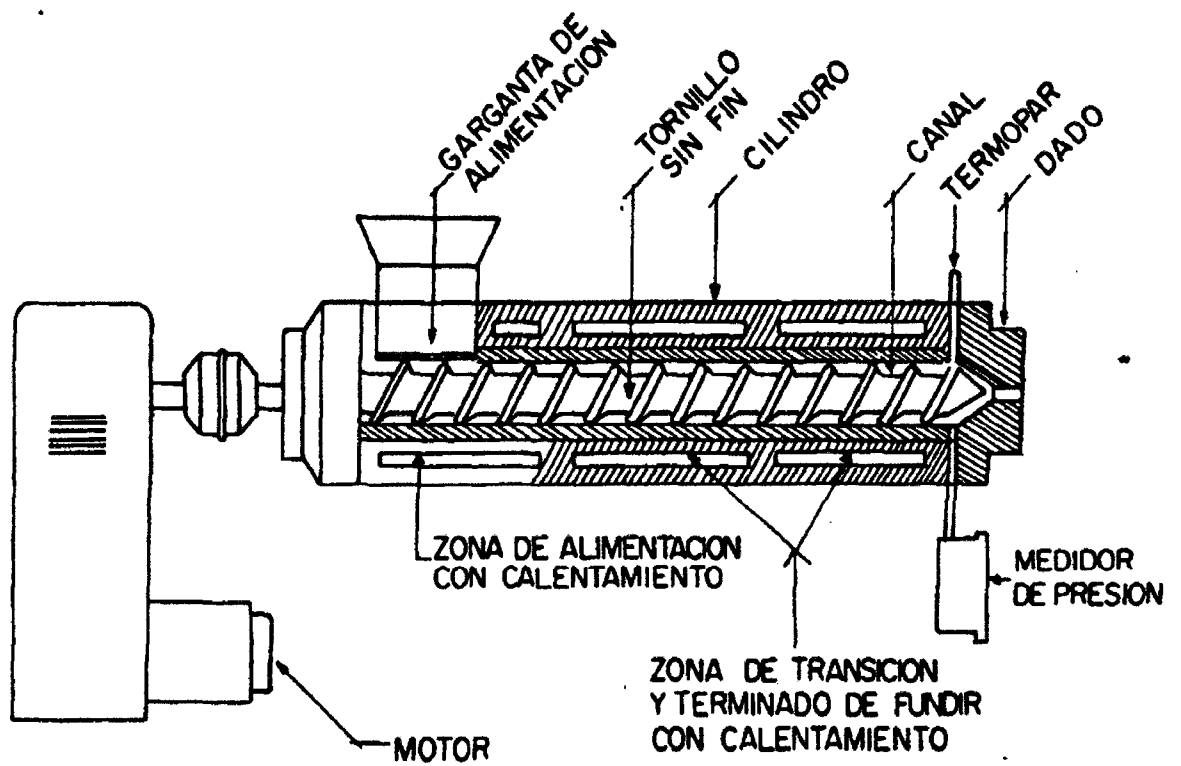
FUENTE: Tapia M.-Fries A. 2007

FIGURA 3: MAÍZ MORADO



FUENTE: Toma propia (2012)

FIGURA 4: PARTES DE UN EXTRUSOR



FUENTE: Martínez, 1993.

ANEXO 2
COMPOSICIÓN TEORICO DE LAS FORMULACIONES

CUADRO 23: COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE FORMULACIONES

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ	M-C-MZ
% Maca-Cañihua-Maiz Morado	20-50-30	50-30-20	60-10-30	40-20-40	20-10-70	10-10-80	70-20-10	30-60-10	50-20-30	10-40-50	40-50-10	40-30-30
FORMULACIÓN	F2	F11	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1	F12
INSUMO	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MACA	10,600%	26,500%	31,800%	21,200%	10,600%	5,300%	37,100%	15,900%	26,500%	5,300%	21,200%	21,200%
CAÑIHUA*	26,500%	15,900%	5,300%	10,600%	5,300%	5,300%	10,600%	31,800%	10,600%	21,200%	26,500%	15,900%
MAIZ MORADO	15,900%	10,600%	15,900%	21,200%	37,100%	42,400%	5,300%	5,300%	15,900%	26,500%	5,300%	15,900%
LECHE EN POLVO	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%	10,680%
AZUCAR	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%	28,000%
ACEITE	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%	8,000%
SABORIZANTE	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%	0,170%
LECITINA	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%	0,150%
TOTAL	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%	100,000%
COMPUTO QUIMICO	99,2	99,4	94,7	93,2	83,0	79,6	100,7	104,9	95,8	92,8	103,9	96,9

CUADRO 24: COMPOSICION DE MACRONUTRIENTES DE LAS FORMULACIONES

Energía Kcal	210,1221	207,7583	207,3979	209,0806	211,4047	212,4064	206,0755	208,7997	208,0789	211,4444	208,1187	208,76001
%prot animal	32,02	32,00	33,77	34,26	38,02	39,25	31,58	30,04	33,32	34,28	30,41	32,87
% cho de azucar	40,98	41,15	40,69	40,45	39,47	39,18	41,40	41,70	40,76	40,29	41,63	40,84
% Kcal Proteina	8,18	7,75	7,20	7,35	6,85	6,76	7,58	8,58	7,43	7,77	8,32	7,67
% Kcal Grasa	25,77	23,60	22,74	24,05	25,14	25,80	22,33	25,27	23,46	26,28	24,49	24,20
% Kcal carbohidrato	61,64	57,99	57,51	59,93	63,52	65,16	55,67	59,49	58,46	63,66	58,48	59,45

SELECCIÓN DE LAS FORMULACIONES

FORMULACION	MACA	CAÑIHUA	MAIZ MORADO
F1	20%	50%	30%
F2	50%	30%	20%

CUADRO 25: COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE LA FORMULACIÓN 1

INSUMO	MEZCLA %	CARBOH (g)	GRASA (g)	PROTEINA (g)	KCAL (g)
MACA	10,600%	7.03	0.17	1.25	54.48
CAÑIHUA*	26,500%	16.96	1.19	3.71	93.41
MAIZ MORADO	15,900%	12.12	0.54	1.16	57.97
LECHE EN POLVO	10,680%	3.86	2.78	2.88	51.95
AZUCAR	28,000%	27.75	0		110.99
ACEITE	8,000%	0	7.92		71.28
LECITINA	0,150%	-	-	-	-
SABORIZANTE	0,170%	-	-	-	-

CUADRO 26: COMPOSICIÓN DE LOS ALIMENTOS DE ACUERDO AL PORCENTAJE DE LA FORMULACIÓN 2

INSUMO	MEZCLA %	CARBOH (g)	GRASA (g)	PROTEINA (g)	KCAL (g)
MACA	26,500%	17.57	0.42	3.13	136.21
CAÑIHUA*	15,900%	10.18	0.72	2.23	56.05
MAIZ MORADO	10,600%	8.08	0.36	0.77	38.65
LECHE EN POLVO	10,680%	3.86	2.78	2.88	51.95
AZUCAR	28,000%	27.75	0	0	110.99
ACEITE	8,000%	0	7.92	0	71.28
LECITINA	0,150%	-	-	-	-
SABORIZANTE	0,170%	-	-	-	-

ANEXO 3
METODOLOGIA DE CÁLCULO DEL SCORE QUIMICO (COMPUTO DE AMINOACIDOS)

CUADRO 27: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS: NITROGENO, PROTEINA Y AMINOACIDOS ESENCIALES.

INSUMO	Humedad g/100g	Nitrogeno g/100g	Factor	Proteina	Isol	Leu	Lis	Met+Cis mg aa/gr mezcla	Fen+Tir	Tre	Trp	Val	His
MACA	9.71	3,13	6,25	12	296	569	341	175	346	207		496	137
CAÑIHUA*	11	2,67	6,25	16,72	408	380	390	106,875	232,5	206,25	46	266	167
MAIZ MORADO	12	1,52	6,25	9,5	230	783	167	217	544	225	44	303	170
LECHE EN POLVO	4	4,08	6,38	26	330	619	453	220	614	263	89	402	179

CUADRO 28: CONTENIDO DE AMINOACIDOS mg/g mezcla

INSUMO	% mezcla	Proteina g en la mezcla	Proteína (%)	Isol	Leu	Lis	Met+Cis mg aa/gr mezcla	Fen+Tir	Tre	Trp	Val	His
MACA	27%	4.40	39.39	208.34	400.48	240.01	123.17	243.53	145.69	0,00	349.10	96.43
CAÑIHUA*	16%	2,66	24,17	173,55	0,00	165,89	45,46	98,90	87,73	19,57	113,14	71,03
MAIZ MORADO	11%	1,17	10,60	42,91	146,08	31,16	40,48	101,49	41,98	8,21	56,53	31,72
LECHE EN POLVO	11%	2,78	25,50	143,63	269,41	197,16	35,75	267,23	114,47	38,74	174,96	77,91
OTROS INSUMOS	36%											
TOTAL	100%	10,89	100	638,93	820,26	688,34	255,25	603,62	382,36	84,39	590,39	285,48
mgaa/Prot alimento				51,67	74,18	57,65	27,71	64,65	35,44	6,05	63,07	25,19
Patron de las Bases				28	66	58	25	63	34	11	35	19
Computo Químico				184,5	112,4	99,4	110,9	102,6	104,2	55,0	180,2	132,6

ANEXO 04

INFORME DE ANÁLISIS DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD



AQUALAB

Laboratorio de Ciencias Naturales - Análisis de aguas, ruidos y servicios afines
COVID S.A. - San Sebastián - Cusco
Tel: 0719668110 - 1025*163091

INFORME DE ANÁLISIS DE MEZCLA (CANIHUA, MACA Y MAÍZ MORADO)

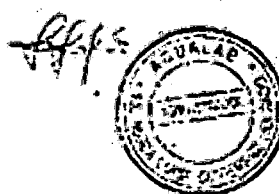
MUESTRA : M1: FORMULACION
 : M2: PRODUCTO EXTRUIDO

SOLICITA : MARIELA LIMA HURTADO
 : PETHER JOEL JAVIER SUCARI
 : FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL - SICUANI

FECHA : 28/04/2012

DETERMINACIONES	M1	M2
HUMEDAD %	10.3	2.7

Mario Cumpa Cayuri
MARIO-CUMPA CAYURI
INGENIERO QUIMICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16184



**ANEXO 5
COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS FORMULACIONES**



microlab

Telf.: 229773 - Cel: 974 962440 - RPM *707820

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Datos Generales	
Datos generales	
Número de muestra	01
Muestra	Alimento extruido a base de Cafihua, Maca y Maiz morado
Solicita	Mariela Lima Hurtado Pither Jhoel Javier Sucari
Distrito	Sicuaní
Provincia	Canchis
Departamento	Cusco
Fecha de recolección	19 de Abril del 2012
Hora de recolección	09:28 A.M

PARAMETROS	Resultado
1. Humedad %	3.90
2. Proteínas %	8.84
3. Grasas %	26.01
4. Ceniza %	2.94
5. Fibra %	2.33
6. Carbohidratos %	62.72
7. Acidez % (H ₂ SO ₄)	0.25

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

26/04/2012.

microlab
 Bija. Elizabet Samanez Grboja
 MICROBIOLOGA Y MAG. EN B. Q. Y TECNOLOGIA

microlab
 Bija. Rogelio Escalante Guzmán
 MICROBIOLOGO Y MAG. EN B. Q. Y TECNOLOGIA

Urb. Mariscal Gamarra 1-0 (1ra Etapa)
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
(Horario corrido)

Calidad y Rapidez a su Servicio



microlab

Telf.: 229773 - Cel: 974 962440 - RPM *707820

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Datos Generales	
<u>Datos generales</u>	
Número de muestra	02
Muestra	Alimento extruido a base de Cañihua, Maca y Maiz morado
Solicita	Manuela Lima Hurtado Pither Jhoel Javier Sucari
Distrito	Sicuaní
Provincia	Canchis
Departamento	Cusco
Fecha de recolección	19 de Abril del 2012
Hora de recolección	09:28 A.M

PARAMETROS	Resultado
1. Humedad %	3.65
2. Proteínas %	8.01
3. Grasas %	24.90
4. Ceniza %	2.12
5. Fibra %	1.98
6. Carbohidratos %	63.08
7. Acidez % (H ₂ SO ₄)	0.21

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Los establecidos para cada ensayo

NOTA:

- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente documento sin la autorización del Laboratorio.
- Los resultados son válidos únicamente para la muestra analizada.

26/04/2012.

microlab
[Firma]
Rta. Elizabeth Samánez Gibaja
MICROBIOLOGÍA Y ENDOCRINOLOGÍA

microlab
[Firma]
Rta. Rocío M. Escobar Guzmán
MICROBIOLOGÍA Y ENDOCRINOLOGÍA

Urb. Mariscal Gamarra 1-D (1ra Etapa)
Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
(Horario común)

Calidad y Rapidez a su Servicio

ANEXO 6

REQUISITOS FISICOQUÍMICOS

PROGRAMA INTEGRAL DE NUTRICION SUB-PROGRAMA PRE-ESCOLAR

ESPECIFICACIONES TECNICAS - 2011 MEZCLA FORTIFICADA DE CEREALES Y LEGUMINOSAS SUB-PROGRAMA PRE-ESCOLAR

I. DEFINICIÓN GENERAL

Es un alimento en polvo cocido de reconstitución instantánea, que contiene una mezcla -de cereales y leguminosas- cocida mediante el proceso de extrusión a la que se le adiciona diversos componentes: azúcar, aceites vegetales, leche en polvo, albúmina de huevo en polvo, minerales, vitaminas y estabilizadores. Todos los aditivos a ser usados deben ser de grado alimenticio y reconocidos por el Codex Alimentarius. Su proceso y composición deberá ajustarse a lo dispuesto en la Norma Sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos y otros, destinados a Programas Sociales de Alimentación (Resolución Ministerial N° 451-2006/MINSA), así como la Norma Sanitaria para la aplicación del Sistema HACCP en la fabricación de Alimentos y Bebidas (Resolución Ministerial N° 449-2006/MINSA).

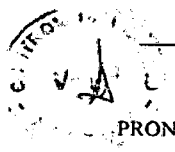
II. RACION

La ración diaria es de 50 gramos de producto, diluido en 200 ml de agua hervida tibia.

El producto deberá presentar como mínimo 2 sabores naturales (vainilla, canela- clavo, anís, chocolate, fresa, plátano, etc), los que serán entregados **alternadamente para cada entrega.**

III. REQUISITOS FISICO - QUIMICOS

Peso de la ración	:	50 gramos
Energía por ración	:	200 - 230 Kcal
Proteína	:	06 - 10 % de la energía total
Grasa	:	20 - 30 % de la energía total
Carbohidratos	:	la diferencia
Proteína Animal	:	Min. 20% de la proteína total.
Acidez	:	Menor o igual a 0.4% expresado en ácido sulfúrico
Cenizas	:	< 5%
Densidad energética	:	Min. 0.70 Kcal/g en producto preparado
Cómputo Químico	:	Mayor a 85%
Índice de Peróxido	:	< a 10 meq/ Kg grasa extraída, presente en el producto
Gelatinización	:	> 94 %
Humedad	:	Máx. 5%
Fibra dietaria	:	Menor de 5gr/100 gr de producto
Saponina	:	Ausente
Aflatoxina	:	No detectable en 5 ppb



MEZCLA FORTIFICADA DE CEREALES Y LEGUMINOSAS
SUB PROGRAMA PRE-ESCOLAR
TP-2011

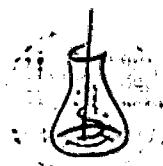
PRONAA-UGATSAN

Página 1 de 7

25/01/11

ANEXO 7

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA MEZCLA EXTRUIDA



microlab

Tel.: 229773 - Cel: 974 962440 - RPM *707820

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

Datos generales

Número de muestra : 01
 Solicita : Mariela Lima Hurtado
 Piñer Jhoel Javier Sucari
 Muestra : Alimento extruido a base de Cañihua, Maca y Maiz Morado
 Fecha de recolección : 19 de Abril del 2012
 Hora de recolección : 11:46 A.M

RESULTADOS

MICROORGANISMOS	RESULTADOS	Parámetros Microbiológicos
Recuento de microorganismos mesófilos aerobios viables (UFC/g)	522	10 000
Recuento de coliformes totales/g (37°C)	2	10
Bacillus cereus/g	0	100
Salmonella sp. /25 g.	0	0
Hongos/g	2	100

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO: Método estandarizado de fermentación de Tubo MÚltiple de Coliformes.
 DOCUMENTOS DE REFERENCIA:

NTS Nº 071-MINSA/DIGESA-MD-2005, Categoría V, ítem 7. Productos lácteos ácidos extruidos o expandidos proteínicos o no y hojuelas a base de granos (graseros, quinoa, algarroba y leguminosas) que no requieren cocción.

CONCLUSIÓN: De acuerdo a los resultados del análisis, establecido en el documento de referencia se concluye que: **ES APTA PARA EL CONSUMO HUMANO.**

microlab
 26/04/2012.

Riza, Elizabeth Samánez Gubija
 Microbióloga en el Laboratorio

microlab
 Riza, Rocío M. Escobedo Guzmán
 Microbióloga en el Laboratorio

Urb. Martical Gamarra 1-0 (1ra Etapa)
 Atención: Lunes a Sábado de 7 a.m. a 8 p.m.
 (Horario corrido)

Calidad y Rapidez a su Servicio

ANEXO 8
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS
PROGRAMA INTEGRAL DE NUTRICION
SUB-PROGRAMA PRE-ESCOLAR

Cada ración de 50 gramos debe contener como mínimo:

Hierro (mg)	:	10.0
Calcio (mg)	:	480
Fósforo (mg)	:	240
Zinc (mg)	:	6.0
Vitamina A (ug RE)	:	450
Ácido Fólico (ug)	:	37.50
Vitamina B12 (ug)	:	0.51
Vitamina B6 (mg)	:	0.63
Tiamina (mg)	:	0.48
Riboflavina (mg)	:	0.57
Niacina (mg)	:	6.30
Vitamina C (mg)	:	42.50

IV. CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS

Agentes microbianos	Categoría	Clases	n	c	Limite por g/ml	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵
Mohos	6	3	5	1	10 ³	10 ⁴
Levaduras	3	3	5	1	10 ³	10 ⁴
Coliformes	6	3	5	1	10	10 ²
<i>Staphylococcus aureus</i>	8	3	5	1	10	10 ²
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	1	10 ²	10 ⁴
<i>Salmonella</i> /25 g(*)	12	2	20	0	0	-----

(*) Usar unidades analíticas de 25 g que pueden juntarse, para un mínimo de 5 marchas analíticas

Fuente: Resolución Ministerial N° 451-2006/MINSA
Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA

V. CALIDAD ORGANOLEPTICA Y ACEPTABILIDAD



El producto preparado debe ser homogéneo y no presentar sedimentación ni grumos.
De color y olor característico al sabor entregado.

MEZCLA FORTIFICADA DE CERALES Y LEGUMINOSAS
SUB PROGRAMA PRE-ESCOLAR
TP-2011

PRONAA-UGATSAN

Página 2 de 7

25/01/11

ANEXO 9
CUADRO DE REPETICIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA
CAPACIDAD ANTIRADICALARIA

CODIGO	umol de trolox/100g			PROMEDIO
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
M:patron F2	5911,272915	5911,606015	5942,062881	5921,64727
M:patron F1	6320,759114	6461,956299	6397,996106	6393,570506
M:1 (F1-Tº120-FA7)	5558,241271	5550,001672	5595,266122	5567,836355
M:2 (F1-Tº120-FA15)	5322,12403	5321,54562	5165,96587	5269,878507
M:3 (F1-Tº160-FA7)	6657,883283	6777,929797	6687,592573	6707,801884
M:4 (F1-Tº160-FA15)	6412,65482	6645,32568	6515,8593	6524,613267
M:5 (F2-Tº120-FA7)	4139,092377	4131,505602	4136,489268	4135,695749
M:6 (F2-Tº120-FA15)	3965,15653	4095,41823	3895,78495	3985,453237
M:7 (F2-Tº160 -FA7)	4287,588485	4318,718182	4369,975374	4325,427347
M:8 (F2-Tº160-FA15)	4087,79618	4457,19136	4164,64549	4236,544343

ANEXO 10
CUADRO DE REPETICIONES PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LOS
COMPUESTOS FENOLICOS

CODIGO	mg de ácido gálico/100g			PROMEDIO
	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	
M:patron F2	542,8594122	535,6549268	539,3903168	539,3015519
M:patron F1	602,5154722	602,3641791	599,6423604	601,5073372
M:1 (F1-Tº120-FA7)	600,465779	612,591573	620,987159	611,3481703
M:2 (F1-Tº120-FA15)	615,2936476	613,8791733	615,2936476	614,8221562
M:3 (F1-Tº160-FA7)	599,121365	640,965418	709,146584	649,7444557
M:4 (F1-Tº160-FA15)	740,2039592	740,0558436	735,3405018	738,5334349
M:5 (F2-Tº120-FA7)	268,885454	230,333685	321,000965	273,4067013
M:6 (F2-Tº120-FA15)	380,9904153	9,56946929	380,8623088	257,1407311
M:7 (F2-Tº160 -FA7)	398,999653	415,423628	420,300059	411,5744467
M:8 (F2-Tº160-FA15)	431,722488	426,6666667	425,1497006	427,8462851

ANEXO 11
IMÁGENES DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



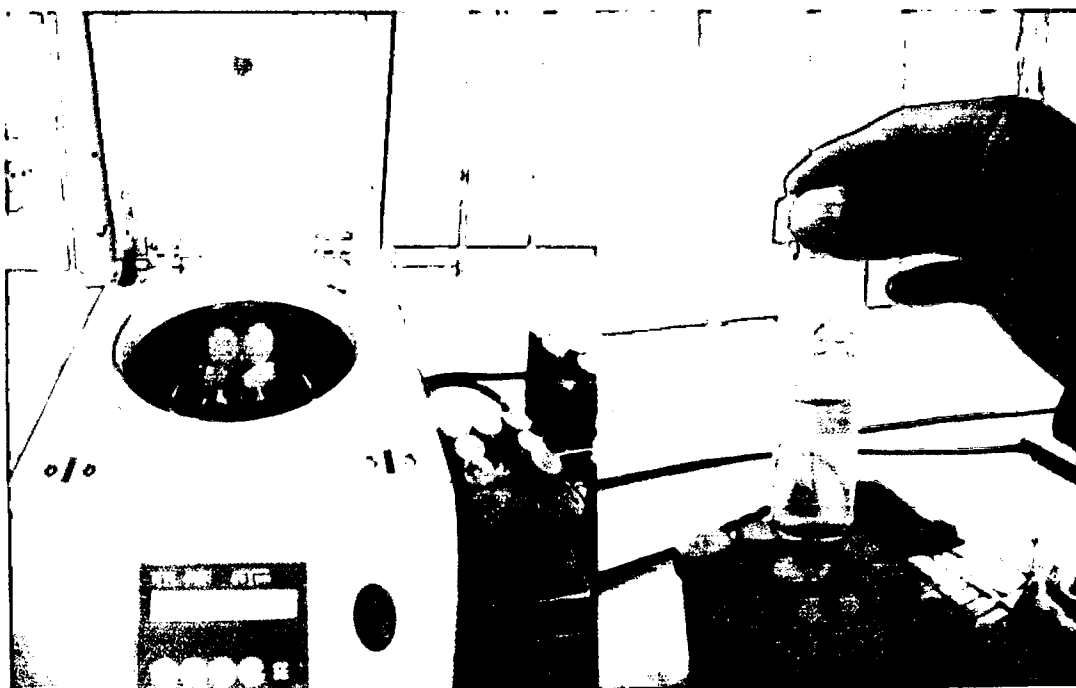
PREPARACIÓN DE LAS FORMULACIONES PARA EL ESTUDIO



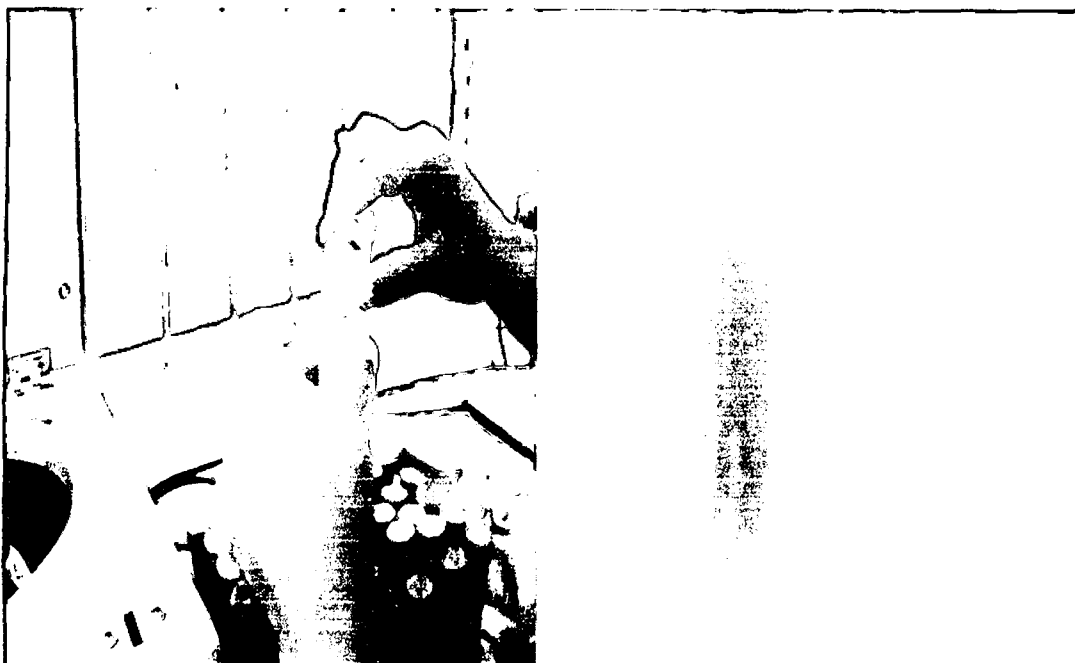
EXTRUIDO DE LAS MUESTRAS



PREPARACIÓN DE MUESTRAS



CENTRIFUGACIÓN DE LOS EXTRACTOS



EXTRACCIÓN DE MUESTRAS PARA EL ESTUDIO



PREPARACIÓN DEL ABTS Y LECTURA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO