



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD DE POSCOSECHA Y MARKETING



**“EFECTO DEL GERMINADO Y EXTRUSIÓN SOBRE
EL CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS DE LA CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Y
ELABORACIÓN DE DONAS”**

TESIS

PRESENTADO POR:

ELIZABETH HUANATICO SUAREZ

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGÍSTER SCIENTIAE EN
POSCOSECHA Y MARKETING**



PUNO - PERÚ

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL TQUIPLARO - FOM	
BIBLIOTECA CENTRAL	
Fecha Ingreso:	02 OCT. 2012
N°	00217

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD DE POSCOSECHA Y MARKETING



**“EFECTO DEL GERMINADO Y EXTRUSIÓN SOBRE EL
CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE LA CAÑIHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Y SU ELABORACION DE
DONAS”**

**TRABAJO DE TESIS PRESENTADO POR:
Ing^o ELIZABETH HUANATICO SUAREZ**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:
MAGISTER SCIENTIAE EN POSCOSECHA Y MARKETING**

PUNO PERU

2008

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRIA EN AGRICULTURA ANDINA
ESPECIALIDAD DE POSCOSECHA Y MARKETING

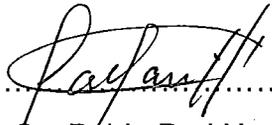
“EFECTO DEL GERMINADO Y EXTRUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO
DE AMINOACIDOS DE LA CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*
Aellen) Y SU ELABORACION DE DONAS”

TRABAJO DE TESIS PRESENTADO POR:
ELIZABETH HUANATICO SUAREZ

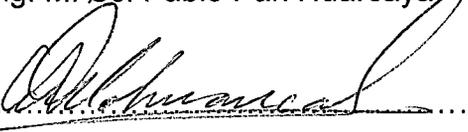
PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:
MAGISTER SCIENTIAE EN POSCOSECHA Y MARKETING

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE :


Ing. M. Sc. Pablo Pari Huarcaya

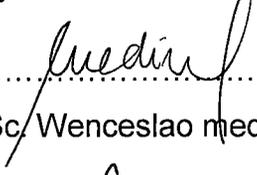
PRIMER MIEMBRO :


Ing. M. Sc. Manuel A. Callohuanca Pariapaza

SEGUNDO MIEMBRO :


Ing. M. Sc. Saturnino Marca Vilca

DIRECTOR DE TESIS :


Ing. M. Sc. Wenceslao Medina Espinoza

ASESOR DE TESIS :


Ing. M. Sc. Roger Segura Peña

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a Dios
Todopoderoso y a quien se
encuentra a su lado mi mamita
Pachita (Q.E.P.D.), por haberme
fortalecido en todo momento y
por guiar mis pasos en el día a
día de mi vida.*

*Con mucho Amor y eterna
gratitud a mis tres Amores: mi
esposo Roger y mis pequeños
Roger Stívenn y Alvaro Sebastián,
por su inmenso amor, apoyo y
entender mi ausencia durante los
estudios a pesar de sus cortas
edades, ya que sin su comprensión
no hubiese sido posible alcanzar
este anhelo en mi camino.*

*A mi hermano Michael y a
mis pequeñas que forman
parte de mi vida mis
hermanas Roxana y Pilar.*

Elizabeth.

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto IFGRI - IFAD, por su valiosa contribución en la realización del presente trabajo.

A la Ing. M.Sc. Rosario Bravo Portocarrero, por confiar en mis posibilidades y brindarme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. Wenceslao Medina Espinoza por la acertada dirección de este trabajo y a mi asesor Ing. M.Sc. Roger Segura Peña por su apoyo y orientación en lo que es hoy mi vocación profesional.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya, Ing. M.Sc. Alfredo Callohuanaca Pariapaza e Ing. M.Sc. Saturnino Marca Vilca por haber compartido sus experiencias y haber contribuido con mucha voluntad al desarrollo de este trabajo.

A todos mis compañeros de la Maestría en Poscosecha y Marketing, especialmente a Luis German Chambilla, Alejandro Coloma, Victor Choquehuanca, Percy Velasquez, Marvila Quispe, Estanislao Aguilar, Angela Alarcón, Isidro Flores, Sonia Gallegos y Ruben de Celis, con quienes compartimos valiosos momentos.

Finalmente agradezco a todas las personas que no están mencionados, que directa o indirectamente han contribuido en el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

Pág.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA 3

2.1. Cañihua 3

2.1.1. Origen 3

2.1.2. Clasificación Taxonómica 4

2.1.3. Descripción Botánica 4

2.1.4. Variabilidad genética 5

2.1.5. Valor Nutritivo 6

2.1.6. Producción y rendimiento de la cañihua 8

2.1.6.1. Producción a nivel nacional 8

2.1.6.2. Producción a nivel del departamento de Puno 10

2.2. Aminoácidos 10

2.2.1. Clasificación..... 11

2.2.2. Aminoácidos esenciales 13

2.3. Germinación 27

2.3.1. Etapas del proceso de germinación..... 29

	Pág.
2.3.1.1. Remojo	30
2.3.1.2. Germinación	34
2.3.1.3. Secado	42
2.3.1.4. Limpieza y enfriado del proceso de malteo.....	43
2.4. Cocción por extrusión	43
2.4.1. Principios básicos de la cocción extrusión.....	45
2.4.2. Ventajas de la cocción extrusión	46
2.4.3. Desventajas de la cocción extrusión.....	49
2.4.4. Efecto sobre el valor nutricional de los alimentos	49
2.5. Donas	55
2.5.1. Clasificación de donas	56
2.5.2. Principios para la buena producción de donas	58
2.5.3. Principales características deseadas en la grasa de fritura de donas	60
2.5.4. Cocinado al horno.....	60
2.6. Mezclas	61
2.6.1. Criterios a considerar para la elaboración de una mezcla nutritiva	62
2.6.2. Bases para la formulación de mezclas	62
2.6.3. Requerimientos nutricionales de los seres humanos.....	63
 CAPITULO III	
MATERIALES Y METODOS	68
3.1. Materiales	68
3.1.1. Materia Prima	68
3.1.2. Instrumentos y equipos de laboratorio.....	69
3.1.3. Materiales de laboratorio	70

	Pág.
3.1.4. Instrumentos, equipos de proceso y otros	70
3.1.5. Reactivos	71
3.2. Metodología experimental	72
3.2.1. Obtención de harina de cañihua germinada y extruida.....	72
3.2.2. Obtención de donas.....	75
3.3. Métodos de Análisis.....	79
3.3.1. Análisis químico proximal	79
3.3.2. Determinación de aminoácidos	87
3.3.3. Determinación de azúcares reductores	88
3.3.4. Evaluación sensorial	91
3.4. Variables	93
3.4.1. Cañihua germinada	93
3.4.2. Cañihua germinada extruida	93
3.4.3. Donas	93
 CAPITULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
4.1. Características de la Materia Prima.....	95
4.1.1. Composición químico proximal de la cañihua sin germinar	95
4.1.2. Composición de aminoácidos de la cañihua sin germinar	96
4.1.3. Composición de azúcares reductores de la cañihua sin germinar.....	98
4.2. Cañihua Germinada.....	99
4.2.1. Composición químico proximal de la cañihua germinada.....	99
4.2.2. Composición de aminoácidos de la cañihua germinada.....	103
4.2.3. Composición de azúcares reductores de la cañihua germinada.....	106

	Pág.
4.3. Cañihua germinada extruida.....	108
4.3.1. Composición químico proximal de la cañihua germinada extruida	108
4.3.2. Composición de aminoácidos de la cañihua germinada extruida	111
4.4. De la evaluación de las donas	113
4.4.1. Determinación proteica de las mezclas para la elaboración de donas	113
4.4.2. Composición químico proximal de las donas	114
4.4.3. De la evaluación sensorial de las donas.....	116
Conclusiones	119
Recomendaciones	120
Bibliografía.....	121
Anexos.....	130

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1: Composición química de macro y micro nutrientes de una porción comestible de 100 g de cañihua.	7
CUADRO 2: Contenido de aminoácidos esenciales de la cañihua.	9
CUADRO 3: Producción de cañihua en el Perú por departamento, campaña agrícola 1999/2000.	9
CUADRO 4: Superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento de cañihua en el departamento de Puno.	10
CUADRO 5: Clasificación de los aminoácidos de acuerdo a sus diferentes características.	13
CUADRO 6: Características funcionales de los extrusores.	47
CUADRO 7: Formulaciones típicas para la elaboración de donas con levadura y agentes químicos leudantes.	56
CUADRO 8: Cambios en la composición de las donas, durante el proceso de producción.	59
CUADRO 9: Requerimiento promedio de energía alimentaría calculados en base a las recomendaciones de FAO/OMS/UNU 1985.	65
CUADRO 10: Necesidades de aminoácidos en diferentes edades mg/kg/día.	67
CUADRO 11: Formulación para la elaboración de donas crocantes.	77

	Pág.
CUADRO 12: Composición químico proximal del grano de cañihua variedad cupi.	96
CUADRO 13: Composición de aminoácidos del grano de cañihua variedad cupi (porcentaje por cada 100 g de proteína).	97
CUADRO 14: Composición de azúcares reductores del grano de cañihua variedad cupi.	98
CUADRO 15: Composición químico proximal de la cañihua germinada.	100
CUADRO 16: Comparación de la composición de aminoácidos de la cañihua grano y cañihua germinada (por 100 g de proteína)	104
CUADRO 17: Composición de azúcares reductores de la cañihua germinada.	106
CUADRO 18: Composición químico proximal de la cañihua germinada extruida (por 100 g de proteína)	108
CUADRO 19: Composición de aminoácidos de la cañihua germinada extruida (por 100 g de proteína)	111
CUADRO 20: Contenido proteico de las mezclas.	114
CUADRO 21: Composición químico proximal de donas (en 100 g de muestra).	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1: Cañihua (<i>Chenopodium pallidicaule</i>)	5
FIGURA 2: Representación de un α -aminoácido	11
FIGURA 3: Estructura química del triptófano	14
FIGURA 4: Estructura química de la lisina	16
FIGURA 5: Estructura química de la fenilalanina	17
FIGURA 6: Estructura química de la valina	18
FIGURA 7: Estructura química de la leucina	20
FIGURA 8: Estructura química de la isoleucina	21
FIGURA 9: Estructura química de la treonina	22
FIGURA 10: Estructura química de la arginina	23
FIGURA 11: Estructura química de la histidina	25
FIGURA 12: Estructura química de la metionina	26
FIGURA 13: Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla, medida mediante el incremento en peso fresco durante el proceso de germinación.	33
FIGURA 14: Acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de la germinación de los cereales.	36
FIGURA 15: Donas crocantes	57
FIGURA 16: Diagrama de flujo para la obtención de harina de cañihua germinada y extruida.	73
FIGURA 17: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de Donas crocantes.	76
FIGURA 18: Formato de evaluación sensorial de donas	92

	Pág.
FIGURA 19: Comparación de aminoácidos	98
FIGURA 20: Comparación de azúcares reductores	99
FIGURA 21: Comparación de la composición químico proximal de la cañihua germinada en periodos de 48, 72 y 96 horas.	101
FIGURA 22: Comparación de aminoácidos en estudio con la FAO.	106
FIGURA 23: Comparación de Azúcares reductores de la cañihua germinada en períodos de 48, 72 y 96 horas.	107
FIGURA 24: Comparación proteica de los granos de cañihua y sus derivados.	110
FIGURA 25: Comparación de aminoácidos esenciales de la cañihua y sus derivados.	113
FIGURA 26: Comparación Proteica de las mezclas para la elaboración de donas.	114

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto del germinado y extrusión sobre los aminoácidos de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la variedad cupi y su elaboración de donas; estudio que se efectuó en tres fases, germinación, cocción-extrusión y elaboración de donas.

Se planteó tres tratamientos para la germinación 48, 72 y 96 horas a 20°C, resultando el tiempo ideal 96 horas con 17,7% de contenido proteico. En cuanto a sus aminoácidos esenciales la Tirosina, Valina + Metionina, Fenilalanina y Lisina se incrementan y Treonina + Alanita e Isoleucina Fenilalanina disminuyeron en su composición por efecto de la germinación. El contenido de Azúcares Reductores se incrementó considerablemente de 92 a 700 mg maltosa/10 g de producto.

Para el proceso de cocción-extrusión se trabajó con los tres tratamientos anteriormente citados, ello con la finalidad de estudiar el efecto de esta operación en la calidad proteica de la cañihua germinada, para lo cual se acondicionaron a 14% de humedad, 150°C y velocidad de rotación del tornillo sin fin a 500rpm. Resultando para el contenido proteico 16,6%, 17,1% y 18% para los tres tratamientos respectivamente y en cuanto a los aminoácidos a las 48 y 72 horas de germinado extruido se incrementan y luego disminuyen a las 96 horas. Considerándose al tratamiento segundo

(E2) como el óptimo, a su vez se encuentra dentro de los rangos establecidos por el *Codex Alimentarius* y las Normas Técnicas Peruanas.

Con el tratamiento seleccionado en la fase de la cocción-extrusión E2, se formuló mezclas sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de cañihua germinada extruida en proporciones de: 90/10; 80/20; 70/30; 60/40; 50/50 respectivamente para la elaboración de Donas, de las cuales la mezcla con un 30% de sustitución de harina de cañihua germinada extruida presento mejores características químicas y sensoriales.

ABSTRACT

This research work was made with the objective of evaluating the effect of germinated and extrusion in cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) amino acids from cupi variety and its elaboration of donuts with it. This study was made in three phase germination, cooking-extrusion and donuts elaboration.

It had been planed three treatments for the germination at 48, 72 and 96 hours to 20°C resulting the ideal time 96 hours with 17,77% of protein. About its essential amino acids tyrosine, valine, (+) methionine, phenylalanine, and lysine, they were increased and threonine, (+) alanine and isoleucine were decreased on their composition for germination effect. The content of reducing sugars was increased considerably from 92 to 700 mg of maltose /100 g of product.

For the cooking extrusion process it was worked with the three treatments mentioned before, that with the objective of studying the effect of this operation in the proteic quality of germinated cañihua, for which they were conditioned to 14% of humidity, 15°C and rotation speed of endless screw to 500 rpm. Resulting for the proteic contain 16,6, 17,1 and 18% for the three treatments respectively and about the amino acids at the 48 and 72 hours of extrude germinated they were increased and then decreased to the 96 hours. Considering the second treatment (E2) as the optimum, besides it is between the range established by de Codex Alimentarius and Peruvian Technical Norms.

With the selected treatment in the phase of cooking-extrusion (E2), they were formulated mixtures substituting partially the wheat flour for germinated – extrude cañihua flour in the proportion of 10/90, 20/80, 30/70, 40/60 50/50 respectively for the elaboration of donuts from which the mixture with a 30% of substitution from germinated-extrude cañihua flour showed the best chemical and sensorial characteristics.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La generación de empleo sostenible y la calidad de vida es el reto mayor del Perú; promover el desarrollo integral y sostenible del ámbito rural constituye uno de los principales desafíos, tratando de superar el grave problema de pobreza y mantener la cohesión social, considerando que es imposible que se pueda transitar exitosamente en este milenio, sin cerrar brechas entre los grupos sociales que conforman nuestra sociedad. De ahí que la agroindustria se convierte en una de las alternativas más interesantes y sostenibles; sin embargo, también demanda nuevos retos al desarrollo rural: la generación de empresas y de una cultura empresarial.

Así mismo, la importancia de la agro industrialización de la cañihua como una alternativa de desarrollo para productores que vienen cultivando en pequeñas parcelas, es vital que su producción sea incorporada a la agroindustria local. A su vez el cultivo de la cañihua es menos riesgoso, porque esta adaptada a las duras condiciones climáticas, a suelos pobres y es producido con una mínima inversión de recursos económicos y humanos. Se debe destacar que, no se encuentra en el mercado local y nacional

productos a base de cañihua, mucho menos de cañihua germinada, ello por la ausencia de oportunidades de posicionamiento y diversificación de productos, en este contexto se pretende introducir en el mercado nuevos productos utilizando este cultivo andino con buena aceptabilidad por el consumidor y con nuevas formas de presentación, de esa manera incentivar al cultivo de este producto, sin descuidar su valor nutritivo de proteínas.

En la actualidad en nuestro País, no se le da la importancia debida a los productos no tradicionales o llamados también olvidados, tal es así que no existen estudios sobre los cambios de los diferentes tratamientos poscosecha sobre los valores de los aminoácidos, llámese secado, germinación, cocción extrusión, horneado, etc. La composición de aminoácidos de los productos ya sea como materia prima o producto terminado es de mucha importancia ya que sin ello no se conocería el valor nutritivo real de las proteínas.

El objetivo general del presente trabajo de investigación fue: Evaluar el efecto del germinado y extrusión sobre el contenido de aminoácidos de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y su elaboración de Donas.

Los objetivos específicos planteados fueron:

- ☞ Determinar el tiempo óptimo de germinación y su efecto sobre el contenido de aminoácidos de la cañihua variedad Cupi.
- ☞ Determinar el efecto de la extrusión sobre la composición de Aminoácidos de la Cañihua germinada de la variedad Cupi.

- ✎ Determinar la proporción óptima de cañihua germinada extruida y harina de trigo para la elaboración de Donas, mediante la evaluación del contenido proteico y organoléptico del producto final.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1 CAÑIHUA

2.1.1 ORIGEN

La cañihua es originaria de los Andes del Sur del Perú y de Bolivia, propia del Altiplano andino, fue domesticada por los pobladores de la cultura Tiahuanaco, en la meseta del Collao. Se distribuye en las regiones semiáridas más altas de los Andes centrales en Perú y Bolivia con mayor concentración en la región del Altiplano, en donde se producen para la alimentación humana en altitudes entre 3800 y 4300 m.s.n.m. siendo muy resistente al frío en sus diferentes fases fenológicas. (Hernández y León 1992)

La hoya del Lago Titicaca entre Perú y Bolivia, se considera como el sub-centro de origen, habiéndose encontrado una mayor variabilidad genética en la zona de Cupi-Macarí en la Provincia de Melgar, Departamento de Puno-Perú, otro sub-centro de origen se considera a la zona de Cochabamba-Bolivia. (Lescano, 1994 citado por Mujica, et al 2002) asimismo menciona

que en el año de 1929 el botánico Suizo Paúl Aellen creó la denominación *Chenopodium pallidicaule* para este cultivo probablemente en base a un espécimen de tallo amarillo.

2.1.2 CLASIFICACION TAXONOMICA

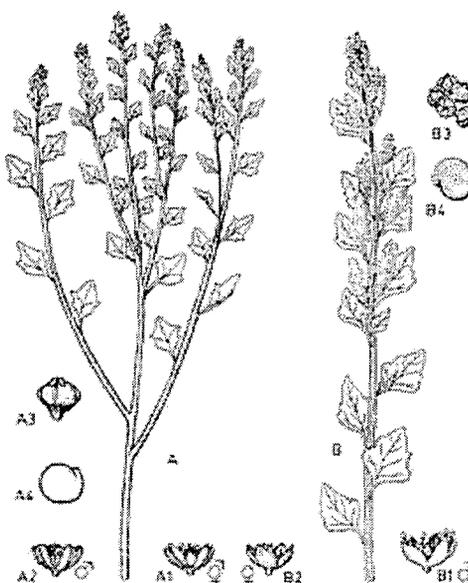
Según Frías, (1997), la clasificación taxonómica es como sigue:

- Reino : Vegetal
- División : Fanerógamas
- Clase : Angiospermas
- Sub clase : Dicotiledóneas
- Orden : Centrospermales
- Familia : Chenopodiáceas
- Especie : *Chenopodium pallidicaule* Aellen
- Nombre común : Qañiwa, cañihua, cañahua.

2.1.3 DESCRIPCION BOTANICA

La cañihua es una planta terófito herbácea de porte bajo, de 20 a 80 cm de alto, erguida o ramificada, cuyo fruto es un aquenio más pequeño que la quinua (Figura 1), cubierto de un perigonio y con ausencia de saponina, de forma lenticular de uno a 1,2 mm, (Tapia, 2000); a su vez (Hernández y León, 1992) manifiestan que el diámetro del grano es de 0,5 a 1,5 mm de diámetro. Existe una gran variación de colores y estos se relacionan con su mayor o menor resistencia a las heladas, los de colores claros, blancos, amarillos y anaranjados, resisten menos que las de colores oscuros, como las moradas, rojas o negras.

Figura 1: A. Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*); A1.flor hemafrodita; A2. flor masculina; A3. fruto; A4. semilla; **B.** Quinoa (*C. quinoa*); B1. flor hermafrodita; B2. flor femenina; B3. frutos; B4. semilla.



Fuente: Hernández y León, (1992).

2.1.4 VARIABILIDAD GENETICA

La cañihua tiene una gran variabilidad genética bien representada en la colección de la Estación Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno). Consiste en 339 accesiones de Perú y 26 accesiones de Bolivia. (Lescano, 1997)

Los cultivares conocidos en el Perú son: 'Cupi', 'Ramis', 'Akallapi', 'Huanaco', 'Rosada', 'Chillihua', 'Condorsaya', 'K'ellu', 'Puca'; en Bolivia: 'Kanallapi', 'Chusllunca' e 'Issualla' (Vallenas, 1974 citado por Hernández & León 1992). Crecen en forma silvestre y entre cultivos de papa amarga con frecuencia las denominadas 'Mama cañihua', 'Machu cañihua', y 'K'ita cañihua', que son los parientes más cercanos de la cañihua, las formas silvestres pueden alcanzar tamaños considerables en buenas condiciones

de fertilidad; estas plantas son cosechadas y consumidas en años de escasez. (Hernández y León, 1992)

Según Mujica, et al (2002), el INIA y la UNA-Puno han realizado esfuerzos y aportes importantes en la obtención de variedades de Cañihua a través de métodos de selección y estudios de estabilidad de rendimiento; lográndose obtener las variedades siguientes:

- Variedad Cupi, tipo Lasta, de doble propósito grano/forraje, de buena calidad para harina, altamente tolerante a las heladas, periodo vegetativo de 140 a 150 días y rendimiento de 2.5 a 3 t/ha
- Variedad Ramis, tipo Lasta, producción de grano grande, de buena calidad para harina, altamente tolerante a las heladas, periodo vegetativo de 140 a 150 días y rendimiento de 1.5 a 2.5 t/ha

2.1.5 VALOR NUTRITIVO

El grano de cañihua tiene un elevado contenido en proteínas de 15 a 19 % y al igual que la quinua tiene una proporción importante de aminoácidos azufrados. A su vez se distinguen por su buen contenido de minerales, pero su verdadero valor radica en la calidad de la proteína, estos granos contienen aproximadamente el doble de lisina y metionina que los cereales como trigo, arroz, maíz y cebada, a su vez la cañihua tiene la ventaja de no poseer saponinas, a diferencia de la quinua, lo cual facilita su utilización y calidad nutricional. (FAO, 2000)

En el Cuadro 01, se presenta la composición química de la cañihua, existiendo una gran variación en la composición química de estos granos, la que depende de su variedad genética, edad de maduración de la planta, localización del cultivo y la fertilidad del suelo. (FAO, 2000)

CUADRO No. 01
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MACRO Y MICRO NUTRIENTES DE UNA
PORCIÓN COMESTIBLE DE 100 g DE CAÑIHUA

COMPONENTE	Cañ. ¹	Cañ. ¹	Cañ. ²	Cañ. ²	Cañ. ³	Cañ. ³	Cañ. ³	Cañ. ³
	gris	parda	Cupi	Ramis	amarilla	gris	hojuela	parda
Proteínas (g)	14.0	13.8	16.32	14.93	14.3	14	17.6	13.8
Grasas (g)	4.5	3.5	7.29	8.80	5.0	4.5	8.3	3.5
Carbohidratos (g)	54.0	56.0	57.65	51.72	62.8	64	61.7	65.2
Fibra (g)	9.8	10.2	8.25	9.83	9.4	9.8	11.2	10.2
Ceniza (g)	5.3	4.3	2.55	2.47	5.9	5.1	4.3	5.3
Humedad (g)	12.4	12.2	7.94	12.25	12	12.4	8.1	12.2
Energía (Kcal)*	344	340	371.07	355.11	340	344	379	440
Calcio (mg)	110	141	--	--	87	110	171	141
Fósforo (mg)	375	387	--	--	335	375	496	387
Hierro (mg)	13	12	--	--	10.8	13	15	12
Tiamina (mg)	0.47	0.67	--	--	0.62	0.47	0.57	0.67
Riboflavina (mg)	0.65	0.30	--	--	0.51	0.65	0.75	0.30
Niacina (mg)	1.13	1.45	--	--	1.2	1.13	1.56	1.45
Acido Ascórbico (mg)	1.1	0.0	--	--	2.2	1.1	--	--

Fuente: 1. Ministerio de Salud/Instituto Nacional de Salud/ Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (1993)

2. Sucari & Sota (2003)

3. Collazos (1996)

* No es parte de la composición química

El valor nutritivo de una proteína depende de la medida en que aporte las cantidades de nitrógeno y aminoácidos requeridas para satisfacer las necesidades del organismo. Así pues, en teoría, evaluar la calidad de una proteína consiste en comparar el contenido de aminoácidos de un alimento y las necesidades de aminoácidos del cuerpo humano. (FAO – OMS, 1989)

El grano de cañihua al igual que la quinua y la kiwicha, presenta una proporción importante de aminoácidos azufrados. (Mujica, et al 2002)

El Contenido de Aminoácidos esenciales de la cañihua, se presenta en el Cuadro 02, la que es de vital importancia para efectuar una comparación con el patrón de aminoácidos esenciales para todas las edades a excepción de los menores de un año. (FAO/OMS, 1985)

2.1.6 PRODUCCION Y RENDIMIENTO DE LA CAÑIHUA

2.1.6.1 PRODUCCION A NIVEL NACIONAL

Los principales Departamentos productores de cañihua se muestran en el Cuadro 03, donde el Departamento de Puno, representa el 96% de la producción nacional, seguido de Cusco con 3,24%, probablemente debido a las condiciones agro climáticas adecuadas para el cultivo como son las temperaturas mínimas (-10°C), temperaturas máximas (20 °C), humedad relativa promedio de 55%, precipitación de 500-800 mm anuales y fotoperíodo de ocho a 10 horas sol y al conocimiento y manejo de diferentes sistemas de producción como son las Aynokas, Canchas, Andenes, Cochas, Waru warus y rotación de cultivos. (Mujica, et al 2002)

CUADRO No. 02

CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LA CAÑIHUA

Aminoácidos	Cañ. ¹ pardo	Cañ. ¹ claro	Cañ. ¹ plomiza	Cañ. ²	Cañ. ³	Cañ. ⁴	Cañ. ⁵
Proteína (g)	14.3	13.8	14.0				
Fenilalanina	3.18	3.64	3.72	3.72	3.7	3.1	3.7
Triptófano	0.85	0.80	0.74	0.74	0.9	--	0.9
Valina + Metionina						8.7	
Metionina	1.40	1.70	1.71	1.71	3.0		3.0
Leucina	5.44	5.86	6.08	6.08	6.1	9.4	6.1
Isoleucina	5.80	6.84	4.25	6.53	3.4	5.6	3.4
Valina	4.53	4.72	6.25	4.25	4.2		4.2
Lisina	5.53	6.28	6.25	6.25	5.3	4.8	5.3
Treonina	4.41	4.89	4.68	4.68	3.3	7.5	3.3
Arginina	7.62	7.76	8.23	8.33	8.3	8.4	8.3
Histidina	--	--	2.67	2.67	2.7	3.6	2.7

Fuente: 1. Collazos, (1996). En 100g de proteína de cañihua.

2. Collazos y col, (1993) citado por Berna (1995). Contenido centesimal de aminoácidos.

3. Repo-Carrasco, (1992) citado por Berna (1995). Contenido centesimal de aminoácidos.

4. Berna, (1995). g/100g de proteína.

5. Repo-Carrasco, (1992). mg de aa/16 g N

CUADRO No. 03

PRODUCCIÓN DE CAÑIHUA EN EL PERÚ POR DEPARTAMENTO CAMPAÑA AGRÍCOLA 1999/2000

Departamento	Producción (t)	Porcentaje de Producción
Puno	4 320	96.58
Cusco	145	3.24
Arequipa	8	0.18
TOTAL	4 473	100

Fuente: INEI, (2001) citado por Mujica, (2002).

2.1.6.2 PRODUCCION A NIVEL DEL DEPARTAMENTO DE PUNO

Durante el periodo 1993 a 2005, los rendimientos aumentaron de 608 a 670 Kg/ha con un promedio de 646.07 Kg/ha, la producción de cañihua aumentó de 2795 a 4320 toneladas con un promedio de 3651.46 toneladas, las cuales se muestran en el Cuadro 04. (Dirección Regional Agraria, 2005)

CUADRO No. 04

SUPERFICIE SEMBRADA, COSECHADA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE CAÑIHUA EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO.

Campaña Agrícola	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (Kg/ha)
1993	4705	4598	2795	608
1994	5060	5050	2967	588
1995	4995	4995	2767	554
1996	4272	4242	2761	651
1997	5503	5220	3363	644
1998	5631	5631	3842	682
1999	5476	5476	3815	697
2000	5492	5485	3586	654
2001	6358	6358	4503	644
2002	6382	6139	4503	688
2003	6456	6120	4160	665
2004	6762	6032	4087	654
2005	2365	6288	4320	670

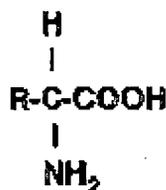
Fuente: Dirección Regional Agraria, (2005).

2.2 AMINOACIDOS

Los aminoácidos son biomoléculas formadas por (C) Carbono, (H) Hidrogeno, (O) Oxígeno y (N) Nitrógeno. Estos, son la única fuente

aprovechable de nitrógeno para el ser humano, además son elementos fundamentales para la síntesis de las proteínas, y son precursores de otros compuestos nitrogenados. Estos compuestos se caracterizan por tener en su molécula un grupo *amino* (-NH₂) y un grupo *carboxilo* (-COOH), como se aprecia en la Figura 2; las otras dos valencias del carbono se saturan con un *átomo de H* y con un grupo variable denominado radical R; de los cuales se conocen más de 140 que se encuentran en distintos tejidos de origen animal y vegetal, así como en los microorganismos. De todos estos sólo 20 funcionan como monómeros o constituyentes básicos de las proteínas, y que por lo tanto son los de mayor interés. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). A su vez estos 20 tienen la característica de ser α-aminoácidos, es decir, tanto el amino como el carboxilo se localizan en el carbono α de la molécula.

Figura 2: Representación de un α-aminoácido.



Los aminoácidos son unidades elementales constitutivas de las moléculas denominadas Proteínas. Son pues, los "ladrillos" con los cuales el organismo reconstituye permanentemente sus proteínas específicas consumidas por la sola acción de vivir. (Harper, 1992)

2.2.1 CLASIFICACION

Existen diversas maneras de clasificar los aminoácidos, todas ellas basadas en la naturaleza química y las propiedades de su grupo R. Cada radical tiene

características definidas y diferentes que se reflejan en las del aminoácido, como puede ser la solubilidad la reactividad, la ionización, la polaridad, etc. Con base en esto, dichos compuestos se han dividido en hidrófilos e hidrófobos de acuerdo con su solubilidad en agua; en ácidos, básicos y neutros conforme a su ionización, y en indispensables (esenciales) y dispensables (no esenciales), según la necesidad que tiene el hombre de ellos (Cuadro 05). (Badui, 1995)

Aminoácidos esenciales: Son aquellos que no pueden ser sintetizados por el organismo a la velocidad y en la cantidad requerida y deben ser suministrados por la dieta y son: Triptófano, Lisina, Fenilalanina, Valina, Leucina, Isoleucina, Treonina, Histidina, y Metionina. En el caso de lactantes se debe agregar histidina. (Olivares, et al 1994).

Aminoácidos no esenciales: Son aquellos que son sintetizados por el organismo.

Estos son: Alanina, Arginina, Asparragina, ácido Aspártico, Cisteina, Cistina, ácido Glutámico, Glutamina, Glicina, Hidroxiprolina, Prolina, Serina y Tirosina. (Olivares, et al 1994)

CUADRO No. 05**CLASIFICACIÓN DE LOS AMINOÁCIDOS DE ACUERDO A SUS
DIFERENTES CARACTERÍSTICAS**

Aminoácido	Símbolo	Hidrófilo	Hidrófobo	Ácido	Básico	Indispensable	Dispensable
Alanina	A	-	X	-	-	-	X
Arginina	R	X	-	-	X	X ^a	-
Asparragina	N	X	-	-	-	-	X
Acido aspártico	D	X	-	X	-	-	X
Cisterna	C	X	-	-	-	-	X
Acido glutámico	E	X	-	X	-	-	X
Glutamina	Q	X	-	-	-	-	X
Glicina	G	X	-	-	-	-	X
Histidina	H	X	-	-	X	X ^a	-
Isoleucina	I	-	X	-	-	X	-
Leucina	L	-	X	-	-	X	-
Lisina	K	X	-	-	X	X	-
Metionina	M	-	X	-	-	X	-
Fenilalanina	F	-	X	-	-	X	-
Prolina	P	-	X	-	-	-	X
Serina	S	X	-	-	-	-	X
Treonina	T	X	-	-	-	X	-
Triptófano	W	-	X	-	-	X	-
Tirosina	Y	X	-	-	-	-	X
Valina	V	-	X	-	-	X	-

X^a , indispensable para niños pero no para adultos.

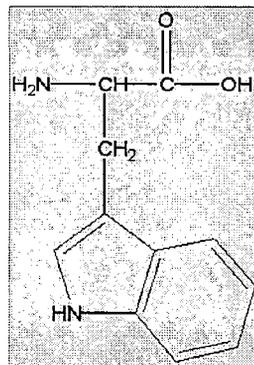
Fuente: Badui, (1995).

2.2.2 AMINOACIDOS ESENCIALES

TRIPTÓFANO.- Es un aminoácido aromático; su biosíntesis es el mecanismo a través del cual los anillos aromáticos se forman a partir de

precursores alifáticos. La parte aromática está unida al carbono a través de un carbono metilénico. El grupo R del triptófano tiene una estructura heterocíclica llamada indol. (Badui, 1995 & Fennema, 1993). La estructura química del mismo se muestra en la Figura 3.

Figura 3: Estructura química del triptófano.



El metabolismo del triptófano es diferente al de cualquier otro metabolito. El precursor principal de este compuesto es el ácido antranílico o antranilato y que luego de una serie de reacciones químicas el paso final se caracteriza por la actuación de la triptófano sintetasa sobre la unión de indol-3-glicerofosfato más serina para dar lugar al gliceraldehido-3-fosfato y triptófano. Esta reacción se lleva a cabo en dos pasos, con el indol como intermediario unido al sitio activo de la enzima. (Badui, 1995 y Harper 1992)

El triptófano es el precursor de la serotonina, uno de los neurotransmisores más importantes de nuestro sistema nervioso. Es hidroxilado por medio de una oxigenasa y tetrahidrobiopterina en el carbono cinco, de esta reacción resulta el 5-hidroxitriptófano que precede a la formación de serotonina y de 5-hidroxitriptamina. Es el aminoácido menos abundante en los alimentos, tiene una distribución inusual en los alimentos y la mayoría de las proteínas

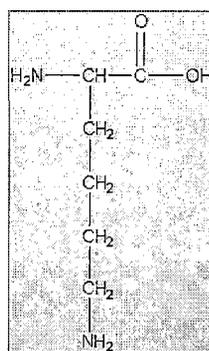
dietéticas son deficitarias en este aminoácido. El jamón y la carne contienen grandes cantidades de triptófano, así como las anchoas saladas, los quesos suizos y parmesanos, los huevos y las almendras. Por eso, los complementos de triptófano pueden ser de gran ayuda terapéutica. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales del Triptófano

Implicado en el crecimiento y en la producción hormonal, especialmente en la función de las glándulas de secreción adrenal. También interviene en la síntesis de la serotonina, neurohormona involucrada en la relajación y el sueño. (Obregón, 1998)

LISINA.- Se conocen dos rutas esenciales de síntesis. La primera, se lleva a cabo en bacterias y plantas superiores, por medio del ácido diaminopimélico y, la segunda, en la mayoría de los hongos, por medio del ácido α -aminoadípico. La primera ruta, comienza con el piruvato y el semialdehído del ácido aspártico, que por medio de una condensación aldólica pierden agua y dan lugar al ácido 2,3 dihidropicolínico, luego se forma el L,L, α ,e-diaminopimélico, que convertido a su forma meso y descarboxilado da lugar a la lisina. En la segunda ruta, el ácido α -cetoadípico es aminado y se transforma en α -aminoadípico que se convierte en lisina. (Badui, 1995 y Fennema, 1993).Cuya estructura se muestra en la Figura 4.

Figura 4: Estructura química de la lisina.

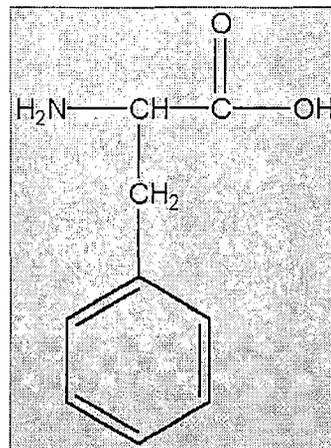


Implicaciones funcionales de la Lisina

Es uno de los aminoácidos más importantes ya que, junto con otros, interviene en funciones como el crecimiento y la reparación de tejidos, y colabora en la síntesis de anticuerpos y hormonas. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

FENILALANINA.- Aminoácido aromático (junto con el triptófano y la tirosina) cuyo grupo R contiene un anillo bencénico. Uno de los aspectos más relevantes de su biosíntesis es el mecanismo a través del cual los anillos aromáticos se forman a partir de precursores alifáticos. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Cuya estructura se muestra en la Figura 5. La mayor parte de este compuesto se transforma, por medio de hidroxilación en tirosina que es otro aminoácido, en este caso considerado como semiesencial. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

Figura 5: Estructura química de la fenilalanina.



La fenilalanina es el precursor de las catecolaminas en nuestro cuerpo, a su vez de ser un constituyente importante de los neuropéptidos cerebrales, como la somatostatina, vasopresina, melanotropina, encefalina, ACTH, angiotensina, sustancia P y colecistoquinina. Muchas drogas de las que conocemos como psicotrópicas, contienen fenilalanina. (Badui, 1995 y Harper 1992)

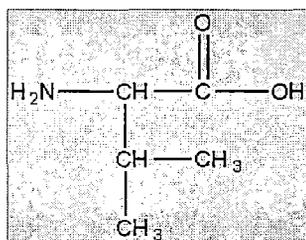
La fuente más importante de fenilalanina son los alimentos ricos en proteínas, como es la carne y los productos lácteos. La fenilalanina tiene utilidades en la industria de la alimentación, por ejemplo, en la elaboración de edulcorantes artificiales. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales de la Fenilalanina.

Interviene en la producción del Colágeno, fundamentalmente en la estructura de la piel y el tejido conectivo, y también en la formación de diversas neurohormonas. (Obregón, 1998)

VALINA.- De cadena alifática, ramificado con grupo R isopropilo no polar. Junto con la isoleucina, se sintetiza por medio de reacciones que las llevan a cabo el mismo grupo de enzimas. Una de sus ramas está formada por un grupo metilo. Tiene una estructura tan similar a la leucina e isoleucina que incluso se ha comprobado que en ocasiones se reemplazan entre sí en determinadas posiciones. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Cuya estructura se muestra en la Figura 6.

Figura 6: Estructura química de la valina.



Las rutas biosintéticas de estos tres aminoácidos (leucina, isoleucina y valina) comparten determinados pasos en plantas y microorganismos y las primeras reacciones catabólicas en los mamíferos se realizan por los mismos enzimas, luego las reacciones son diferentes y es entonces cuando se producen los diferentes productos que van a determinar el tipo de degradación, que en el caso de la valina es glucogénica. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

El compuesto insaturado derivado de la valina, el metilacrilil-CoA se hidrata y forma β-hidroxiisobutiril CoA, éste se hidroliza de la CoA y el hidroxilo resultante se oxida a aldehído por medio de una enzima deshidrogenasa, formándose el semialdehído metilmalónico. El aldehído se oxida por una

deshidrogenasa dependiente de NAD, formándose un tio-éster. En esta reacción se produce propionil. La valina aminotransferasa, enzima que interviene en el catabolismo de la valina, está sobre todo en tejidos extrahepáticos, en especial en el tejido muscular. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

Cuando estos aminoácidos se encuentran en exceso en función de la síntesis proteica, son transaminados con α -cetoglutarato para dar lugar a α -cetoácidos ramificados. Si este primer paso no ocurre con normalidad pueden darse algunos trastornos que en neonatos se suele manifestar como acidosis, por ejemplo, hipervalinemia cuya causa principal es la deficiencia del complejo enzimático de la deshidrogenasa de cetoácidos ramificados. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

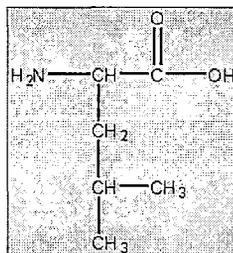
Implicaciones funcionales de la valina.

Estimula el crecimiento y reparación de los tejidos, el mantenimiento de diversos sistemas y balance de nitrógeno. (Obregón, 1998)

LEUCINA.- Junto con la valina y la isoleucina, es considerada como un aminoácido de grupo R alifático ramificado. Una de sus ramas está formada por un grupo metilo. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Su estructura química se muestra en la Figura 7. La degradación, en el caso de la leucina es de tipo cetogénica.

La leucina se forma por condensación del ácido α -cetoisovalérico que, junto con la acetil CoA, da lugar a una serie de compuestos, hasta que finalmente aparece la leucina. La leucina y la lisina son los únicos aminoácidos que no actúan como fuente de carbono para la síntesis de glucosa, y son los únicos que son cetogénicos pero no glucogénicos. La degradación empieza por la formación de α -cetoisocaproato y después de unas reacciones aparece el β -metilcrotonil CoA que siguiendo la ruta de degradación se transforma en β -hidroxi- β -metilglutaril CoA cuyo destino es ser atacado por una liasa para que aparezca acetoacetato y acetil CoA. Los productos de la leucina son característicos de la oxidación de ácidos grasos. (Badui, 1995 y Harper, 1992)

Figura 7: Estructura química de la leucina.



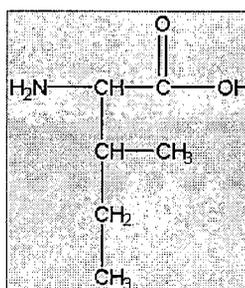
Implicaciones funcionales de la leucina.

Este aminoácido, junto con la isoleucina y la hormona de crecimiento (HGH), interviene en la formación y reparación del tejido muscular. (Obregón, 1998)

ISOLEUCINA.- Es un aminoácido de cadena alifática, ramificado con grupo R isopropilo no polar. La isoleucina, junto con la valina, se sintetiza por medio de reacciones que las llevan a cabo el mismo grupo de enzimas. Una de sus ramas está formada por un grupo metilo. (Badui, 1995 y Fennema,

1993). Su estructura química se muestra en la Figura 8. El tipo de degradación, en el caso de la valina es glucogénica. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Figura 8: Estructura química de la isoleucina.



El tiglil CoA es el compuesto insaturado derivado de la isoleucina y se hidrata para formar α -metil- β -hidroxiisobutiril CoA que se oxida en la forma de derivado de CoA a α -metilacetoacetil CoA el cual es atacado por una tiolasa dando lugar a dos tioésteres, acetil CoA y propionil CoA. (Badui, 1995 y Harper 1992)

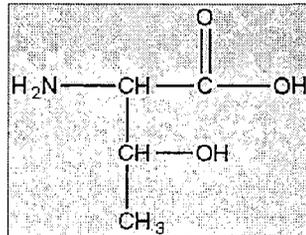
Implicaciones funcionales de la isoleucina.

Este aminoácido, junto con la leucina y la hormona de crecimiento, interviene en la formación y reparación del tejido muscular. (Obregón, 1998)

TREONINA.- Se trata de un aminoácido esencial que, junto con la serina, contiene grupos hidroxil alcoholícos. El grupo OH está en conexión con el grupo α del aminoácido por medio de la posición 1 del etanol, dando lugar a una estructura de alcohol secundario en el grupo R. El producto final de su

degradación, es la glucosa. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Su estructura se muestra en la Figura 9.

Figura 9: Estructura química de la treonina.



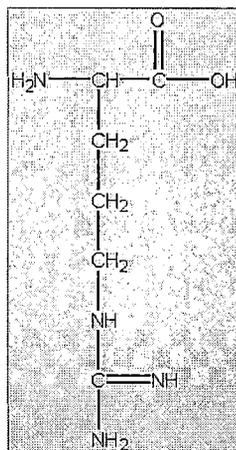
La treonina se degrada de tres maneras distintas, una de las vías más importantes de degradación es la que produce, como producto final, succinil-CoA, pero antes pasa por otras reacciones. En primer lugar, se transforma en 2-oxobutirato por medio de la acción de la enzima treonina deshidratasa; éste se transforma por descarboxilación oxidativa en propionil-CoA que se convierte por medio de una 2-oxoácido descarboxilasa en succinil-CoA. Las otras dos vías de degradación dan lugar a piruvato. La primera consiste en su desdoblamiento en acetaldehído y glicina por medio de la treonina aldolasa. El acetaldehído se oxida a acetato que, posteriormente, se convertirá en acetil-CoA y la glicina, por su parte, se transforma en L-serina, que como producto final produce piruvato. La segunda vía de producción de piruvato, comienza con la oxidación del grupo hidroxilo de la treonina, acción que da lugar a 2-amino-3-oxobutirato, éste después de un proceso de descarboxilación da lugar a aminoacetato, que después de producir D-lactato va a convertirse en lactato después de algunas reacciones. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales de la treonina

Este aminoácido, junto con la metionina y el ácido aspártico, interviene en las labores de desintoxicación del hígado. (Obregón, 1998)

ARGININA.- Es un aminoácido no esencial para los humanos adultos ya que se sintetiza a partir de la L-glutamina. Se degrada dando lugar, como producto final el 2-oxoglutarato. En primer lugar se transforma en L-ornitina, por medio de la acción de la arginasa, que pasa la L-glutamato-g-semialdehído. Este mismo, después de la acción de la glutamato semialdehído deshidrogenasa, se convierte en L-glutamato que finalmente produce 2-oxoglutarato, liberándose en esta reacción piruvato y alanina. (Badui, 1995 & Fennema, 1993). Su estructura se muestra en la Figura 10. Es importante para la síntesis de ácido guanidinoacético o guanidoacetato, poliaminas y la creatina. Se ha comprobado en situaciones experimentales que la arginina inhibe el crecimiento de varios tumores, acelera la cicatrización de las heridas debido a la síntesis de colágeno y estimula al timo. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Figura 10: Estructura química de la arginina.



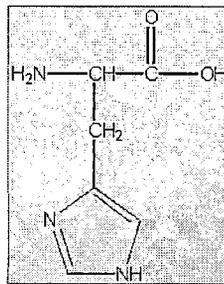
Este aminoácido, tiene utilidad terapéutica en la cistitis intersticial porque evita que la vejiga sufra de las fuertes contracciones que causan dolor. Asimismo tiene la capacidad de provocar la producción óxido nítrico, que es un agente químico que relaja a los espasmos musculares. Se ha constatado la efectividad terapéutica de la arginina como nutriente en el tratamiento de hemorroides. A su vez se puede usar esta sustancia como un agente preventivo de los ataques cardiacos ya que dilata a las arterias, evitando de esta manera la formación de coágulos y además, previene la producción de placas en las paredes vasculares arteriales. La diversidad terapéutica de la arginina es tal que inclusive se puede utilizar en el tratamiento de la enfermedad de Peyronie al disolver el tejido cicatrizado del pene que caracteriza a esta enfermedad. Lo mismo sucede en el daño de las válvulas cardiacas asociado con la fenfluramina. La arginina juega un papel importante en la producción de espermatozoides, por lo que se puede usar para el tratamiento de la infertilidad en el hombre. Los síntomas asociados con la deficiencia de arginina, son la caída del pelo, el estreñimiento, hígado graso y eritema, entre otros. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales de la Arginina.

Interviene en el mantenimiento del equilibrio de nitrógeno y de dióxido de carbono. También está implicada en la producción de hormona de crecimiento, relacionada con el crecimiento de los tejidos y músculos y en el mantenimiento y reparación del sistema nervioso. La arginina puede convertirse en uno de los nutrientes más importante de nuestro siglo. (Obregón, 1998)

HISTIDINA.- Aminoácido cuya cadena lateral R tiene una naturaleza polar hidrófila básica. La histidina es un aminoácido proteínogénico esencial en la rata, sin embargo en el hombre sólo se detectan alteraciones producidas por su déficit cuando éste se prolonga en el tiempo, por lo tanto es no esencial. En niños es necesario el aporte por alimentación. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Su estructura se muestra en la Figura 11.

Figura 11: Estructura química de la histidina.



La ruta principal de su degradación da lugar al glutamato. En su primer paso aparece el amoníaco con formación de doble enlace. La descarboxilación de este aminoácido da lugar a la histamina, su amina correspondiente que tiene lugar sobre todo en los mastocitos. Ésta se segrega en diferentes situaciones. La enzima que degrada la histidina para dar lugar al urocanato es la histidasa y su deficiencia se asocia con una enfermedad llamada histidinemia. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Existen dos péptidos que contienen histidina: la carnosina y la anserina, no obstante, se desconoce el papel que juegan estos péptidos en el músculo, donde se encuentran. (Badui, 1995 y Harper 1992)

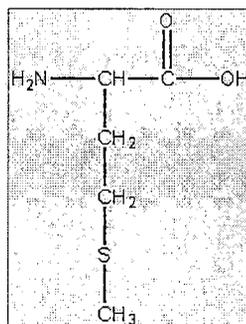
Se encuentra abundantemente en la hemoglobina; se ha utilizado en el tratamiento de artritis reumatoide, enfermedades alérgicas, úlceras y anemia. Su deficiencia puede causar deficiencias en la audición. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales de la Histidina.

En combinación con la hormona de crecimiento (HGH) y algunos aminoácidos asociados, contribuyen al crecimiento y reparación de los tejidos con un papel específicamente relacionado con el sistema cardiovascular. (Obregón, 1998)

METIONINA.- Aminoácido esencial cuyo esqueleto de cuatro átomos de carbono se origina desde la homoserina, que es un análogo de la serina, y que se deriva del ácido aspártico, en una serie de reacciones que no se realizan en los mamíferos. Esta estructura carbonada puede ser transaminada con rapidez por el organismo. (Badui, 1995 y Fennema, 1993). Su estructura se muestra en la Figura 12.

Figura 12: Estructura química de la metionina.



Es considerado como un aminoácido azufrado que en su conversión pasa a ser cisteína, que además de formar parte de las proteínas, puede dar lugar a varias moléculas de interés biológico (el 80% de la metionina ingerida se convierte en cisteína). En primer lugar, la cisteína da lugar a S-adenosilmetionina, que cede el grupo metilo y se convierte en S-adenosil homocisteína, que a su vez dará lugar a homocisteína. Es en este compuesto donde se bifurca la ruta metabólica, por un lado, puede metilarse dando lugar a metionina o convertirse en cisteína. (Badui, 1995 y Harper 1992)

En esta reacción de metilación interviene el folato y sus derivados, la vitamina B₁₂ como coenzima y la homocisteína metiltransferasa. Estas reacciones son muy importantes para la síntesis del ADN, por lo tanto, cualquier alteración tendrá consecuencias clínicas. (Badui, 1995 y Harper 1992)

Implicaciones funcionales de la Metionina.

Este aminoácido colabora en la síntesis de proteínas y constituye el principal limitante en las proteínas de la dieta, es decir determina el porcentaje de alimento que va a utilizarse a nivel celular. (Obregón, 1998)

2.3 GERMINACION

La germinación de semillas puede ser definida como una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula que sea capaz de valerse por

si sola y transformarse en planta adulta, con la germinación de la semilla la testa se rompe y la radícula emerge. (Barceló, et al 2001)

La reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, que provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta, es conocida como germinación. (Meyer, 1976 citado por Berna, 1995)

El proceso del malteo es el remojo y la germinación controlada de los cereales durante el cual, se activan las enzimas y se verifica una "MODIFICACIÓN" del grano produciéndose la liberación de los gránulos de almidón a partir de las células del endospermo. Al mismo tiempo señala que por modificación se entiende a la suma de los cambios físicos y químicos que se llevan a cabo durante el malteo. Usualmente se le describe como el resultado de la transformación de los constituyentes del endospermo, principalmente almidón y proteína, modificados de manera que se obtenga el mejor material posible para ser macerado o para servir de alimento al embrión en sus diferentes etapas metabólicas. Por esta razón, se selecciona la materia prima con el propósito de obtener óptimas modificaciones que permitirán extraer el máximo de sólidos y minimizar pérdidas por malteo y excesiva degradación de los compuestos de alto peso molecular. (Pomeranz, 1975 citado por Valdez, 1994).

El malteo es el proceso de germinación controlada que libera una dotación de enzimas capaces de convertir el almidón del cereal en azúcares fermentecibles, asegurar el suministro adecuado de aminoácidos y de otros

nutrientes para las levaduras y modificar la cualidad de las macromoléculas. (Kent, 1987). Asimismo (Pascual, 2000) define al malteado, como la acción de dejar germinar los granos de cebada para que se produzca la amilasa, que es una diastasa hidrolizante que tiene la propiedad de transformar el almidón en azúcar (maltosa y dextrina).

El objetivo global, del proceso de malteado es el de deshacerse de la mayor parte posible de β - glucano de las paredes celulares y parte de la fracción proteica insoluble las cuales, de otro modo restringirían el acceso de las enzimas a los gránulos de almidón. (Baxter & Hughes, 2004)

El objetivo del malteado es preparar y transformar las reservas nutritivas del grano o sustratos apropiados, en esencia en un proceso de germinación controlado que no debe confundirse con la aparición de los brotes naturales de las semillas en el campo, que necesita el crecimiento vigoroso de la raicilla y de la semilla, a expensas de sus reservas nutritivas. (Hornsey, 2003). A su vez producir alta actividad enzimática y el sabor característico, con la pérdida mínima de peso seco. (Repo-Carrasco, 1998)

2.3.1 ETAPAS DEL PROCESO DE GERMINACION

La germinación o malteo consta de tres etapas: remojo, germinación y secado. El grano seleccionado y limpio es sumergido en agua hasta alcanzar la humedad deseada, esta etapa se denomina remojo; el grano de cereal húmedo se germina bajo condiciones controladas, al final de esta etapa, cuando los cambios físicos y bioquímicos han llegado hasta cierto

nivel en el grano, se procede al secado mediante una corriente de aire caliente. (Hough-Briggs, 1971 citado por Risi, 1985).

2.3.1.1 REMOJO

El primer proceso que tiene lugar durante la germinación es la toma de agua por la semilla, conocida como fase de la imbibición, la que esta determinada por tres factores: *composición química* de la semilla, las semillas ricas en proteínas absorben gran cantidad de agua, mientras que las oleaginosas absorben menos; *permeabilidad* de la envuelta seminal y *disponibilidad* de agua en el medio ambiente. La imbibición es un proceso físico sin ninguna relación con la viabilidad de las semillas, ya que ocurre igual en semillas vivas que en semillas muertas por el calor. Durante la imbibición las moléculas del solvente penetran en el interior de la semilla provocando un hinchamiento y un aumento en el peso fresco de la misma, entre un 40 y un 50 por 100 del peso seco. La entrada de agua en el interior de las semillas da lugar a una dispersión de los coloides, necesaria para la vuelta a la vida activa, rehidrata las reservas alimenticias, que sólo pueden transformarse en sustancias asequibles al embrión en presencia de agua; por último los sistemas enzimáticos responsables de la hidrólisis de las sustancias de reserva sólo se activan en presencia de agua que los hidrate. (Barceló, et al 2001)

El objetivo primordial es hidratar el grano bajo condiciones aeróbicas de tal manera la humedad absorbida propicie la generación de fitohormonas llamadas giberelinas que desencadenan el suceso fisiológico de la

germinación, el agua penetra en el grano por difusión principalmente a través del germen, la tasa de hidratación es alta en el comienzo del proceso y lenta en las etapas posteriores, generalmente, la operación se realiza remojando los granos en el agua por simple inmersión por 24 – 80 hrs. Hasta incrementar la humedad de la cebada de un 42 – 45%. (Othón, 1996). Sin embargo para la cañihua es recomendable un remojo por 14 horas, la semilla en este tiempo llega a 45.9% de humedad considerada como suficiente para iniciar el proceso de germinación, descartándose los tiempos menores a este. (Berna, 1995)

Se realiza en tanques verticales con base cónica o cilindros verticales de pequeña altura con fondo plano. El intervalo de temperatura normal del agua de remojo es 10 a 20 °C aunque generalmente se emplea una temperatura de 15 °C, su volumen incrementa en aproximadamente 25%, el remojo se interrumpe cada ocho a 12 horas por un lapso de dos horas para luego volver a cubrir el grano con agua, a esta condición se le conoce como descanso del aire y permite que el embrión respire oxígeno y metabolice aeróbicamente. (Othón, 1996 y Pascual, et al 2000)

La toma de agua por la semilla seca madura es trifásica (Figura 13), (Barceló, et al 2001), las que se detalla a continuación:

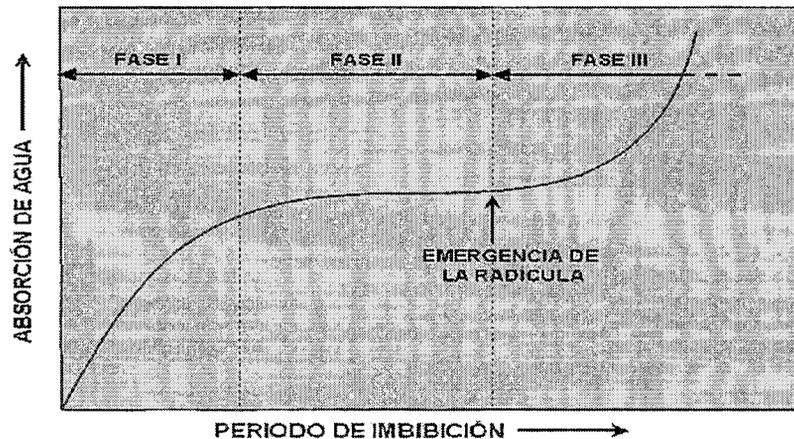
- **Fase I:** Denominado también de hidratación, se caracteriza por una toma rápida inicial debida, ya que el potencial hídrico de la semilla es mucho más bajo que el del medio húmedo que la rodea; la entrada de agua en esta fase puede producir algunas perturbaciones

estructurales temporales, particularmente en las membranas, lo que provoca una rápida e inmediata salida de solutos y metabolitos de bajo peso molecular al medio. Este es un síntoma indicativo de la transición de los fosfolípidos de la membrana desde la fase de gel adquirida durante la desecación al estado hidratado normal. En un breve período de tiempo las membranas recuperan su configuración estable y el goteo de solutos se interrumpe.

- **Fase II:** Denominado una fase de meseta, durante esta fase tienen lugar los principales acontecimientos metabólicos que conducen a la emergencia de la radícula en semillas no durmientes. Las semillas durmientes son también metabólicamente activas en esta fase. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse. Sólo las semillas aptas para germinar entran en la Fase III.

- **Fase III:** O de crecimiento, en la que tiene lugar un nuevo incremento en la toma de agua y que es concurrente con la elongación de la radícula.

Figura 13: Esquema de las fases de la imbibición de agua por una semilla, medida mediante el incremento en peso fresco durante el proceso de germinación.



Fuente: Barceló, et al 2001.

Uno de los cambios que se observa durante la imbibición, es la reanudación de la actividad respiratoria, que puede ser detectada al cabo de algunos minutos, en el proceso de toma de oxígeno. Básicamente, en el proceso de **toma de oxígeno** pueden distinguirse tres o cuatro fases, según (Barceló, et al 2001):

- La primera se caracteriza por un aumento brusco de la respiración que dura aproximadamente entre seis y 10 horas, debido fundamentalmente a la hidratación de enzimas respiratorios.
- La segunda fase se caracteriza por una estabilización en el intercambio gaseoso y tiene lugar cuando el hinchamiento de la semilla se ha completado; durante estas dos fases el cociente respiratorio es superior a la unidad, debido probablemente a la actividad fermentativa observada en muchas semillas en estos primeros momentos de la germinación.

- La tercera fase se caracteriza por un segundo aumento en el intercambio gaseoso y que suele coincidir con la rotura de la testa por parte de la radícula, lo que hace que el intercambio de gases tenga lugar sin la limitación impuesta a veces por la cubierta seminal; durante esta fase el cociente respiratorio es de aproximadamente 1 en semillas con carbohidratos como reserva principal.
- Una cuarta fase, que marca una disminución de la respiración y coincidente con la desintegración de los cotiledones, una vez que se han agotado las reservas nutritivas, puede observarse en muchas semillas. Los mecanismos de la respiración y la fermentación pueden ser extraordinariamente variados. Sin embargo, el mecanismo mejor establecido de la respiración es el que comienza con la glucólisis, seguido por la oxidación del piruvato en el ciclo de Krebs. El **objetivo** fundamental del proceso respiratorio es el de la formación de ATP y piridín nucleótidos necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación.

2.3.1.2 GERMINACION

Después de concluir la etapa de remojo, se procede a germinar los granos bajo condiciones especiales para lograr la **activación enzimática** deseada, la división celular y el desarrollo de la radícula y plúmula, el proceso se lleva a cabo en camas de germinación con controles de temperatura y humedad relativa, es el proceso que más tiempo tarda generalmente entre cuatro a seis días, la germinación en piso o tradicional es todavía muy práctica. (Othón, 1996). El primer signo de germinación es la protuberancia de un

punto blanco en la semilla. (Baxter y Hughes, 2004). Durante la germinación se hace circular aire y la duración de la germinación es variable entre tres a nueve días, terminando cuando la raíz alcanza una longitud de dos veces el tamaño del grano como máximo, (Pascual y Ramos, 2000). Para la cañihua se requiere de cuatro días de germinación a temperaturas menores a 20°C. (Berna, 1995)

Los primeros intentos para mecanizar el malteado fueron acometidos por Galland a fines del siglo XIX, quien hizo pasar aire a través de la cebada en germinación mantenida en una caja; la caja de grano en las malterías neumáticas puede alcanzar hasta 1,5 m de espesor. El primer signo de la germinación es la protuberancia de la coleoriza o camisa de la raíz, posteriormente producirá raicillas o brotes. En este momento el coleoptilo conteniendo la primera hoja, habrá penetrado el epispermo y el pericarpio. A este crecimiento se denomina plúmula y sirve al maltero para estimar la velocidad de germinación. Cuando la plúmula alcanza aproximadamente tres cuartos de la longitud del lado dorsal del grano, el proceso de germinación se considera completado. (Hornsey, 2003 y Molina, 1989)

En la figura 14, se muestra los acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de la germinación de los cereales.

Figura 14: Acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de la germinación de los cereales.



Fuente: http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Figuras_tem a17/Figura17_10.jpg

A.- BIOQUÍMICA DE LA GERMINACIÓN

El embrión al activarse al estado latente induce la secreción de enzimas que se difunden por todo el endospermo y después de disolver las paredes celulares, desdoblan el almidón, la proteína y los fosfatos orgánicos. (Molina, 1989). La modificación se inicia cuando el embrión que crece segrega ácido giberélico, una hormona vegetal natural que induce a la producción de enzimas que alteran la estructura del endospermo, entre estas figuran β -glucosidas, β – oligosacaridos y pentosanas, que disuelven el material que liga las paredes celulares del endospermo y ayudan a liberar los granos de almidón contenidos en las células del endospermo o figuran también

enzimas que se activan en las primeras etapas, la fosfatasa, fitasa, hemicelulosa y proteasa, las amilasas se activan más tarde. (Kent, 1987)

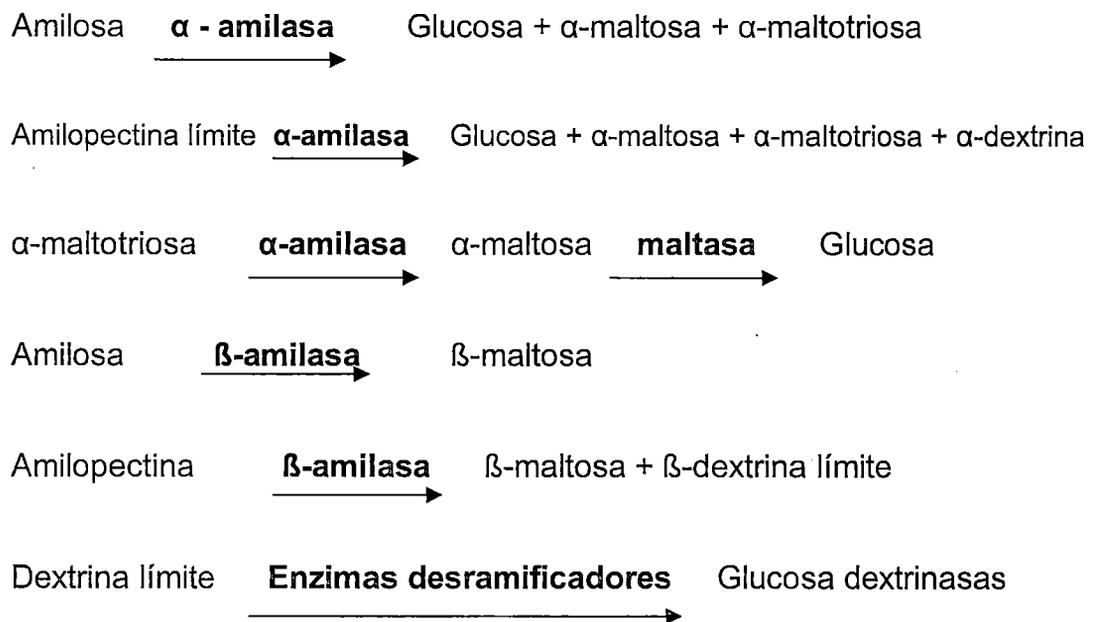
Las enzimas más importantes de la malta son las amilasas, durante la germinación, la mayor parte de las β -amilasas originalmente ligadas, son liberadas o activadas, mientras que las α -amilasas son generadas por síntesis. (Othón, 1996). Junto con la actividad enzimática creciente permite su translocación al embrión para formar los nuevos tejidos en crecimiento, hay aumento en la intensidad respiratoria del grano. La pérdida de materia seca por respiración es de cinco a nueve % en el malteado. Durante el malteado se degrada preferentemente la amilopectina; la mezcla de enzimas capaz de degradar el almidón se conoce como diastasa. (Hornsey, 2003). Los procesos bioquímicos que tienen lugar en el endospermo dan lugar a la transformación del grano de cebada en malta: incremento notable de las actividades enzimáticas que origina hidrólisis parcial del almidón, aumento considerable de azúcares libres (diez veces más en la malta que en la cebada) y solubilización parcial de las proteínas, la germinación puede acelerarse añadiendo ácido giberélico. (Grosch, 1992 y Primo, 1995)

B.- MOVILIZACIÓN DE LAS RESERVAS

Una vez que comienza la germinación, se van a producir una serie de reacciones metabólicas en el interior de las semillas, que darán como resultado la formación de las macromoléculas de reserva en moléculas solubles más sencillas y asequibles al embrión. Estas reacciones serán catalizadas por los correspondientes enzimas hidrolíticos, cuya actividad

aumenta considerablemente durante la germinación, bien por activación de los enzimas preexistentes o bien por síntesis de nuevos enzimas. (Barceló, et al 2001), quién lo explica por material de reserva, así:

B.1 Carbohidratos.- Aunque se han encontrado en semillas diversos polisacáridos como material de reserva, solo el almidón ha sido extensamente estudiado en su metabolismo durante la germinación, debido a estar presente en casi todas las semillas y constituir en la mayoría de ellas la principal reserva de energía. Dos rutas catabólicas participan en la degradación del almidón. Una de ellas es **hidrolítica** e implica la reacción de dos amilasas, la α y la β .



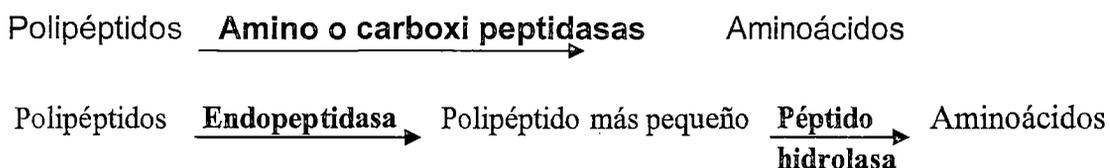
La otra ruta de catabolismo de almidón es **fosforolítica**:



La fosforilasa incorpora fosfato, en lugar de agua, a través del enlace α 1,4 entre el último y el penúltimo residuo de glucosa, en el extremo no reductor de la cadena del polisacárido, liberándose una molécula de glucosa 1-P. Como este enzima no puede tampoco actuar sobre los enlaces α 1,6, se liberan también dextrinas límite.

B.2 Proteínas.- La degradación de las proteínas de reserva se logra por la acción más o menos específica de enzimas proteolíticos cuya importancia es vital para el desarrollo de la nueva plántula. Los enzimas proteolíticos o proteasas se han clasificado en cuatro grupos, basándose en las propiedades de sus centros activos: serín-proteasas que tienen serina en su centro activo; sulfidrilproteasas, que requieren un grupo -SH libre en su centro activo; metaloproteasas, que requieren iones metálicos como cofactores y son inhibidos por agentes quelantes; ácido-proteasas, que son activos a pH ácido.

La hidrólisis de las proteínas en sus correspondientes aminoácidos puede hacerse por alguna de las dos rutas siguientes:



En los granos de cereales las reservas proteicas están localizadas en dos enclaves distintos: en los granos de aleurona y en los cuerpos proteicos del endospermo. La movilización de estas reservas proteicas ha sido estudiada

con cierta profundidad en granos de cebada, en los que parecen existir tres sistemas proteolíticos distintos operando simultáneamente:

- Un sistema que hidroliza las proteínas de la capa de aleurona y que suministra aminoácidos para la síntesis de enzimas hidrolíticos; este sistema se encuentra, probablemente, bajo el control de las giberelinas producidas por el embrión.
- Un sistema responsable de la hidrólisis de las reservas proteicas localizadas en el endospermo; este sistema puede a su vez comprender dos componentes, una proteasa sintetizada y secretada por la capa de aleurona y también controlada por la giberelina, y otra proteasa preexistente en el endospermo y activada allí mismo.
- Un sistema presente en el embrión y responsable del recambio de las proteínas durante el crecimiento del mismo, y de la hidrólisis de los pequeños péptidos transportados hacia el escutelo desde el endospermo. Como responsables de estos sistemas se han aislado, en algunas variedades de cebada, hasta ocho proteasas distribuidas entre las células de aleurona, escutelo, endospermo y embrión.

B.3 Lípidos.- El paso inicial en su degradación implica la acción de lipasas que rompen los enlaces éster liberándose glicerol y ácidos grasos. El glicerol puede entrar en la ruta glucolítica, convirtiéndose en piruvato que será oxidado a través del ciclo de Krebs. Los ácidos grasos liberados pueden ser degradados por reacciones de oxidación. La principal ruta oxidativa de los ácidos grasos es la β -oxidación, que genera como producto final acetil-CoA.



El acetil-CoA puede ser oxidado completamente por el ciclo de Krebs en CO₂ y H₂O, o utilizando a través del ciclo del glioxilato para producir carbohidratos, proceso este último muy importante en la germinación de semillas oleaginosas. La concentración de grasas en azúcar, que fue señalada por primera vez en semillas de ricino por Yamada, es hoy un proceso demostrado en gran cantidad de semillas oleaginosas.

B.4 Fosfato.- El ácido fítico (mio-inositol hexafosfato) es la reserva principal de fosfato en las semillas y, dado que en su forma de almacenamiento se encuentra formando sales con K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺ (en esta forma se le denomina fitina), es también la fuente principal de estos macronutrientes en las semillas. Este compuesto es degradado por el enzima fitasa, cuya actividad es ya muy elevada en las semillas secas de cereales. En dicotiledóneas, por el contrario, la actividad es muy baja en semillas secas y aumenta durante la imbibición. Los catabolitos derivados de su degradación son transportados al eje embrionario donde son utilizados en la síntesis de fosfolípidos y nucleótidos.

B.5 Ácidos nucleicos.- Tanto en monocotiledóneas como en dicotiledóneas se observa una disminución tanto en RNA como en DNA, bien en el endospermo o en los cotiledones. Responsables de esta degradación son los enzimas ribonucleasas y desoxirribonucleasas, depositados en los cuerpos proteicos. Ni la degradación en el endospermo ni en los cotiledones suministran los suficientes precursores requeridos para la síntesis de DNA y

RNA en los ejes embrionarios, por lo que es de suponer que en su síntesis se utilizan otras fuentes alternativas de nitrógeno.

2.3.1.3 SECADO

Los objetivos del secado son múltiples, el principal es parar la germinación y el desarrollo botánico de la cariósida para obtener un producto estable. El secado además baja la humedad de la malta lo suficiente para que pueda ser almacenada por periodos prolongados. (Othon, 1996)

Se realiza para detener la germinación y disgregación del grano. Para detener completamente la acción de las enzimas en la malta, es necesario conseguir humedades menores al 5%. Para alcanzar esta desecación se debe trabajar la malta a temperaturas bastante elevadas, pero no demasiado ya que las enzimas se destruyen siendo necesario conservarlas. El proceso se da en tres fases; la primera a temperaturas entre 50 y 60 °C reduciendo la humedad de la malta de 48 ó 45% a 23% aproximadamente. La segunda etapa a temperaturas de 70 °C para llevar al grano alrededor del 12% de humedad. La etapa final se realiza a temperaturas mayores (hasta 88 °C) consiguiéndose una humedad final de 3.5 a 4%. (Pomeranz, 1975); Los propósitos del secado se resumen como: Fijar en el grano aquellas propiedades deseables adquiridas durante la germinación, poder conservar la malta sin problemas de deterioro, darle al grano la friabilidad necesaria para facilitar la molienda y modificar la composición química y reducir el contenido enzimático.

2.3.1.4 LIMPIEZA Y ENFRIADO DEL PROCESO DE MALTEO

Después del secado se enfría la malta hasta 20°C lo más rápido posible para prevenir posteriores destrucciones enzimáticas, formación de color y deterioro del sabor. Además, es necesario remover las raicillas ya que contienen sustancias amargas y otras sustancias que modifican el color de la malta. Deben ser removidas inmediatamente después del secado pues son higroscópicas. (Pomeranz, 1975 citado por Valdez, 1994)

2.4 COCCIÓN POR EXTRUSIÓN

La palabra extrusión proviene del latín "extrudere" que significa forzar un material a través de un orificio. (Apró, et al 2001). El mismo da una definición práctica: "La extrusión de alimentos es un proceso en el que un material (grano, harina o subproducto) 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 de cocción importante en la fabricación de alimentos; es capaz de efectuar un número de operaciones, incluyendo cocción, formación, texturización y deshidratación de materiales alimenticios 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, 1992)

La extrusión es un proceso que combina diversas operaciones unitarias como el mezclado, la cocción, el amasado y el moldeo. El objetivo principal de la extrusión consiste en ampliar la variedad de los alimentos que componen la dieta elaborando a partir de ingredientes básicos, alimentos de distinta forma, textura, color y bouquet; la extrusión con cocción es un tratamiento térmico a elevada temperatura durante corto tiempo (HTST) que reduce la contaminación microbiana e inactiva los enzimas, sin embargo, tanto los alimentos extruidos en caliente como en 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). Asimismo (Ranken, 1993) menciona que la extrusión es un proceso termodinámico de cocido y secado, mediante el cuál 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 moldeado, cortado, expansión exotérmica del producto final.

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, 1992)

- Fusión y plastificación del material alimenticio, aquí las partículas del alimento cambian de granular a amorfo 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, 1988)
- Expansión del material alimenticio, que 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)

2.4.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA COCCIÓN-EXTRUSIÓN

La extrusión como el moldeo de un material por forzamiento, a través de muchas aberturas de diseño especial, después de haberlo sometido a un previo calentamiento; asimismo combina el calentamiento con el cocimiento y formación de alimentos húmedos, almidonosos y proteicos, de acuerdo a las características de funcionamiento normales de 5 tipos de extrusores y sus características funcionales se muestran en el Cuadro 06. (Harper, 1981 citado por Segura, 1999). 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. Esta transformación, descrita como cocción, involucra la ruptura de los gránulos de almidón, la desnaturalización de las moléculas de proteína, y otras reacciones que pueden modificar las propiedades nutricionales, texturales y organolépticas del producto final. En la descarga del extrusor, la pasta cocida a alta temperatura y presurizada es forzada a través de una pequeña abertura llamada boquilla, que permite dar forma al producto. La caída de presión a la salida, ocasiona la expansión y la evaporación de la humedad en el producto (Harper, 1988 citado por Segura, 1999).

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 y (2) una boquilla u orificio de restricción a través del cual el producto es forzado. Estos componentes interactúan para generar las condiciones del procesamiento. (Harper 1981)

2.4.2 VENTAJAS DE LA COCCIÓN-EXTRUSIÓN

Las ventajas de los modernos extrusores que hace que se difundan en la industria de los alimentos según (Harper, 1981 y Fellows, 1994), entre las que tenemos:

- **Versatilidad.**- Puede producirse una amplia variedad de alimentos sobre el mismo sistema extrusor básico, usando numerosos ingredientes y condiciones de proceso.

CUADRO No. 06

CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LOS EXTRUSORES

PARAMETRO	Extrusor de pasta	Modelador por extrusión de elevada presión	Extrusor de cocción de baja fuerza de cizalla	Extrusor Collet	Extrusor de cocción de elevada fuerza de cizalla
Contenido de agua de los alimentos a la entrada (%)	31	25	25 a 35	12	20
Contenido de agua del producto a la salida (%)	30	25	15 a 30	2	4.10
Temperatura del producto (°C)	52	80	150	200	180
D/L	3 ^a 4	4.5	7 a 15	9	7
Velocidad del tornillo (rpm)	30	40	60 a 200	300	350 a 500
Velocidad de corte (S-1)	5	10	20 a 100	140	120 a 180
Suministro de energía (Kw-hr/Kg)	0.05	0.05	0.02 a 0.05	0.13	0.14
Proporción de energía suministrada disipada como calor (Kw-hr/Kg)	0.03	0.04	0.02 a 0.03	01	0.1
Suministro de energía neta al producto (Kw-hr/Kg)	0.02	0.03	0.06 a 0.07	0.1	0.1 a 0.07
Tipos de productos	Marconi	Cereales Snacks	Bases para sopas	Snacks Expand.	Proteínas texturizadas

Fuente: (Adaptado de Harper, 1981 citado por Segura, 1999).

- **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 unidades de producción son más pequeñas que otros sistemas de cocinado.
- **Productos de alta calidad.**- El proceso de calentamiento HTST 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 antinutricionales tales como inhibidores de tripsina, hemaglutinas, gosispol y enzimas indeseables tales como las lipasas o lipooxigenasas y microorganismos.
- **Ahorro de energía.**- Los sistemas de procesamiento operan a humedades relativamente bajas para producir la cocción. Los bajos niveles de humedad deducen la cantidad de calor requerido para la cocción y secado del producto.
- **Producción de nuevos alimentos.**- La extrusión puede modificar proteínas vegetales y otros materiales alimenticios para producir nuevos productos alimenticios.

- **No genera efluyentes.**- 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.

2.4.3 DESVENTAJAS DE LA COCCIÓN-EXTRUSIÓN

El proceso de la cocción extrusión también presenta ciertas desventajas según (Harper, 1981 y Fellows, 1994), entre las que tenemos:

- Los extrusores procesan solamente harinas o materiales granulares.
- En mezclas que contienen proteínas de leche se observa una mayor destrucción de lisina que otros componentes, por lo que requieren ser cocidos en el menor de los rangos disponibles de temperatura de extrusión, es decir 100 a 135°C, para una óptima utilización biológica de la proteína.

2.4.4 EFECTO SOBRE EL VALOR NUTRICIONAL DE LOS ALIMENTOS

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).

A.- EFECTO SOBRE LAS PROTEÍNAS.

Las temperaturas normales de cocción-extrusión (125 a 250°C) y presiones de dos a 20 MPa, el material proteico se convierte en una masa plastificada sin pérdida de humedad, la estructura se reorienta y la masa finalmente es forzada a través de un dado para formar un producto semi seco, con

cavidades abiertas y estructura conformada por cuerdecillas entrelazadas.
(Linko, 1981)

El tratamiento térmico de proteínas vegetales generalmente mejora su digestibilidad debido a la inactivación de inhibidores de proteasas y otras sustancias antifisiológicas; sin embargo la disponibilidad de los aminoácidos puede verse afectada a través de mecanismos de oxidación y reacción de Maillard. (Bjorck y Asp, 1983)

De acuerdo con las condiciones de la extrusión, las pérdidas en Lisina, Cistina y Metionina son, en los derivados del arroz, del 50 a 90%. Las transformaciones experimentadas por las proteínas de la harina de soya, dependen de su composición y de las condiciones durante la extrusión. Temperaturas elevadas y la presencia en el medio de azúcares, provocan la reacción de Maillard y afectan a la calidad de la proteína del alimento, la destrucción de los componentes antinutritivos de los derivados de la soya mejora su valor nutritivo. (Fellows, 1994)

Uno de los compuestos más valiosos de los granos andinos es el aminoácido lisina. Este es sin embargo termolábil y puede reaccionar con otros compuestos del grano (por ejemplo, en la reacción de Maillard) disminuyendo su biodisponibilidad. Los procesos que utilizan calor seco, como el tostado y reventado o expandido de los granos pueden disminuir notablemente la disponibilidad de la lisina. Así, la cifra de lisina disponible para el grano de amaranto es de 7,21; para el grano de amaranto reventado

en calor seco es de 4,09; lo mismo para el grano de cañihua: 6,35 y para la harina tostada (cañihuaco) 3,25, con una pérdida cercana al 50%. (Repo-Carrasco, 1998)

➤ **INACTIVACIÓN DE INHIBIDORES DE PROTEASA**

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 153°C, 20% de humedad y un tiempo de residencia de dos minutos, se puede inactivar un 89% del inhibidor de tripsina). Asimismo, mientras se destruye la actividad ureasa y los inhibidores de tripsina, la lisina disponible varía poco. (Bjorck y Asp, 1983)

La inactivación de inhibidores de tripsina puede efectuarse en un extrusor de bajo costo, a baja velocidad de alimentación y muchas restricciones en la boquilla. (Harper, 1988)

➤ **REACCIÓN DE MAILLARD**

Es una reacción de primer orden para la pérdida de lisina en el proceso de extrusión, debido al corto tiempo de residencia que éste involucra. (Harper, 1981)

La reacción de Maillard se favorece con el aumento de temperatura y reducción del 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 las mezclas de cereales, la pérdida de lisina varía entre 32 a 80% a 170°C, 10 a 14% de humedad y velocidad de tornillo de 60 rpm. La geometría del tornillo no mejora la retención de lisina; sin embargo el incremento de humedad de 10 a 14% reduce significativamente la pérdida de lisina de 40 a 10% en mezcla de cereales/sacarosa. Un incremento de la temperatura de proceso, razón de compresión del tornillo y la velocidad del tornillo incrementan la degradación de lisina, mientras que un incremento de la humedad (por la ley de acción de masas) y el diámetro de la boquilla tienen efecto opuesto. (Bjorck y Asp, 1983)

El aumento de la energía ingresada al extrusor reduce significativamente la disponibilidad de varios aminoácidos, siendo las pérdidas de 30% para la lisina, 21% para la arginina, 15% para la histidina, 13% para el ácido aspártico y 13% para la serina. En otro estudio realizado por (Beaufrand et al, citado por Bjorck y Asp 1983), se determinó una considerable pérdida de arginina y menor grado de histidina, durante la cocción-extrusión de una mezcla de cereales.(Bjorck y Asp, 1983)

B.- EFECTO SOBRE LOS CARBOHIDRATOS

La cocción-extrusión destruye la estructura organizada y cristalina del almidón, ya sea parcial o totalmente, dependiendo de la proporción relativa 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 esfuerzos de corte y con ello la degradación del almidón y la formación de dextrinas. (Gómez y Aguilera, 1983)

La estequiometría, de un enlace de molécula de agua por cada grupo hidroxilo disponible en el almidón, se requeriría un nivel mínimo de 25% de humedad. Bajos niveles de humedad son suficientes para interactuar con el almidón en la extrusión para formar una pasta. (Harper, 1981)

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. (Gonzáles, 1991 y Harper, 1981)

En un extrusor monotornillo de laboratorio encontraron que las dos variables que influyen en mayor proporción sobre la gelatinización del almidón fueron la

temperatura de la cámara (90-150°C) y la humedad (27-39%), siendo mayor la gelatinización a altas humedades y bajas temperaturas de cámara, velocidades altas del tornillo reducen la gelatinización debido a que disminuye el tiempo de residencia (Lawton et al. citado por Harper, 1981)

C.- EFECTO SOBRE LOS LÍPIDOS

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 amilosa, haciéndolos menos utilizable. (Bjorck y Asp, 1983)

La estabilidad de los lípidos en harina de soya completa disminuye con el incremento de la temperatura de extrusión, contenido de humedad y tiempo de residencia. (Bjorck y Asp, 1983)

La extrusión de una mezcla de maíz y soya a 155° o 171°C a 15% de humedad, produce la conversión de uno a 1,5% de dobles enlaces de la configuración cis a trans. (Harper, 1988)

D.- EFECTO SOBRE LAS VITAMINAS

Las pérdidas de los alimentos extruidos dependen del tipo de alimento, de su contenido en agua y del tiempo y la temperatura de tratamiento, sin embargo; las condiciones HTST 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. (Fellows, 1994).

2.5 DONAS

El Centro de información de la Conserva Enlatada (CICE) (1999 a 2003), afirma que las donas son productos de textura suave, que se deshacen en la boca, cuya característica principal es que tienen un agujerito en el centro, de forma sinuosa, elegante y acogedora, cubiertas de chocolate o glasé de azúcar.

Las donas, son productos de repostería que en lugar de ser horneadas son generalmente freídas, (Othón, 1996), existen dos clases de donas:

- Las Leudadas con fermento: Las cuales son freídas.
- Las Leudadas con agentes químicos: Estas son generalmente horneadas, siguen los principios básico de elaboración de otros productos de **repostería**, las harinas más apropiadas para la elaboración de donas fermentadas tienen propiedades intermedias entre harinas galleteras y panaderas; por lo tanto, las formulas comerciales consisten en mezclar las dos. Las fórmulas típicas para ambos tipos de donas se muestran en el Cuadro 07.

Las donas elaboradas con fermento pueden ser producidas por el **método de esponja o el directo**. (Othón, 1996).

2.5.1 CLASIFICACION DE DONAS

A.- Rosquillas o (cake doughnuts).- Los donuts duros se producen partiendo de una masa dulce que se fermenta con levadura química o con una combinación de bicarbonato y una sustancia ácida. Las rosquillas o (cake doughnuts) pueden considerarse hechos de una masa magra de bizcocho, puede hacerse una gran variedad de rosquillas usando diferente formas, sabores, materiales de relleno y acondicionadores superficiales. (Lawson, 1999).

CUADRO No. 07

FORMULACIONES TÍPICAS PARA LA ELABORACIÓN DE DONAS CON LEVADURA Y AGENTES QUÍMICOS LEUDANTES

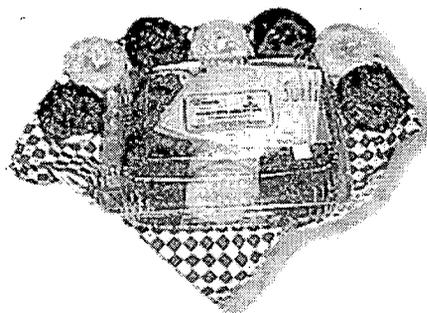
INGREDIENTES	Levadura	Agentes químicos leudantes
Harina	100	100
Azúcar	10	35
Manteca vegetal	11	6
Dextrosa	--	3.5
Levadura seca	2	--
Sólidos de huevo	3	3
Leche en polvo descremada	4	6
Sal	2.5	1.5
Bicarbonato de sodio	--	1.5
Pirofosfato ácido de sodio	--	2

Fuente: Othón, (1996).

B.- Donas fermentados con levadura.- Las donas fermentadas con levadura se hacen generalmente de una masa dulce fermentada con levadura para conseguir su acción fermentadora o expansión. Después de fermentarse, las masas se eliminan o enrollan hasta la altura deseada y normalmente se cortan mediante una cortadora automática o un divisor de bollos, las piezas se hacen con las formas típicas de Donet o enrolladas con variedad de formas, entonces se colocan en cajas de fermentación y se las deja subir antes de freírse, las donas fermentadas con levadura pueden considerarse semejantes a bollos magros fermentados con levadura o a la masa de bizcochos para café. (Lawson, 1999).

Por lo mencionado, podemos definir a las donas crocantes como un producto similar a las galletas, de consistencia más o menos dura y crocante de forma sinuosa con un agujerito en el centro, obtenidas por la cocción de masas preparadas con harina, leche, mantequilla, sal, huevo, agua, azúcar, saborizantes, colorantes y otros ingredientes permitidos y debidamente autorizados, con cobertura de chocolate o glasé de azúcar, las cuales se muestran en la Figura 15.

Figura 15: Donas crocantes.



Fuente: Cocina Mexicana: <http://www.cocinamexicana.com.mx>.

2.5.2 PRINCIPIOS PARA LA BUENA PRODUCCION DE DONAS

Lawson, (1999), indica algunos factores importantes para la fabricación de donas, las mismas que se describen a continuación:

- Mezclas preparadas de calidad; La mayoría de los freidores de donas emplean mezclas preparadas tanto para donas duras como para los fermentados con levadura, por lo tanto, como regla general, la calidad máxima de una mezcla específica se obtiene siguiendo las instrucciones del fabricante, para añadir las cantidades adecuadas de agua, amasar el tiempo conveniente y conseguir la temperatura correcta de la masa de donas. (Lawson, 1999)
- Niveles correctos de agua; La cantidad correcta de agua que se añade a la mezcla está normalmente entre 37 y 40%. (Lawson, 1999)
- Manejo y amasado adecuados de la masa; Los tiempos de amasado varían de 30 segundos a ocho minutos, dependiendo de la riqueza de la masa, el tipo de harina, pues las harinas blandas requieren amasados más largos, la temperatura de la masa (las masas frías requieren amasarse más que las masas calientes) se halla en los rangos de 20 a 24 °C. (Lawson, 1999)
- Elaboración correcta antes de la fritura; Primero se disuelve la levadura en agua, juntar todos los ingredientes secos, luego gradualmente añadir el agua amasando a velocidad media hasta tener una masa suave. Es deseable un tiempo de fermentación de 20 a 30 minutos antes de la elaboración, después la masa es laminada a mano e introducida en una serie de laminadores que extienden la masa y reducen el grosor de las láminas para acomodarlas. Luego

proceder a una segunda fermentación (Proofing) o periodo de fermentación secundario, para las donas fermentadas con levadura se suele realizar sobre placas, se deben fermentar por un lapso de 20 minutos, que suele ser un tiempo de fermentación suficiente. (Lawson, 1999)

- Fritura correcta; La temperatura de fritura correcta va desde 193 a 199 °C. Los datos del Cuadro 08, muestran los cambios en la composición que se producen cuando las donas duras se fríen por inmersión. (Lawson, 1999)

CUADRO No. 08

CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN DE LAS DONAS, DURANTE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Componente	Masa de donas (%)	Donas terminadas (%)
Humedad	37,5	21
Sólidos	57,5	53,5
Grasa	5	25,5
TOTAL	100	100

Fuente: (Lawson, 1999).

- Cuidados correctos del shortening; Aunque la filtración no es un problema serio en la fritura de donas, que sí lo suele ser en los alimentos empanados, se obtiene una operación mejor y más eficiente haciendo una filtración regular. La filtración mínima supondría la filtración al menos una vez por turno. (Swern, 1979 citado por Lawson, 1999).

- Acabado adecuado; Las donas deben enfriarse hasta llegar a temperaturas entre 29 a 32 °C, para ser glaseados, en el caso de donas fermentados con levadura deben barnizarse en caliente, inmediatamente tras salir de la freidora, la temperatura oscila entre 38 a 49 °C. (Lawson, 1999).

2.5.3 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DESEADAS EN LA GRASA DE FRITURA DE DONAS

Lawson, (1999), señala que las características deseadas en la grasa de fritura de Donas son las siguientes:

- Vida útil larga.
- Contenido en sólidos correcto, para una excelente adherencia del azúcar y del glaseado tanto en donas empaquetadas como sin empaquetar.
- Sabor suave: de un 20 a un 25% del peso de Dona acabado es grasa absorbida.

2.5.4 COCINADO AL HORNO

La temperatura de horneado varía de 191 a 199 °C para productos dulces con levadura, dependiendo del tamaño de los productos a hornear, las unidades más grandes se hornean en el extremo inferior del intervalo debido a que en el extremo más alto pueden resultar demasiado tostadas antes de que se hagan adecuadamente en su interior. El tiempo de horneado depende del tamaño de las piezas que se van a hornear y puede variar de 15 a 30 minutos, con las piezas mayores naturalmente se requieren los

tiempos más largos. El vapor no es necesario en el horno a no ser que haya demasiado calor en la parte superior, y en tales casos el vapor puede utilizarse como remedio para prevenir que las piezas se doren demasiado rápidamente. (Lawson, 1999).

2.6 MEZCLAS

Diversos trabajos de investigación tratan del estudio de mezclas de diversos vegetales en la alimentación humana, a fin de aprovechar los efectos de suplementación, especialmente en la fracción proteica del alimento y obtener un producto de bajo costo y asequible a las grandes mayorías subalimentadas. (Glorio 1990, Cáceres 1985, Buendía 1981, Bengoa 1981 y de Angelis 1982 citado por Coloma, 2000).

Harris (1974), citado por Bengoa (1981), establece el papel de las mezclas nutritivas en el mejoramiento de las dietas. Además, señala tres sistemas para conseguir el procedimiento.

- Mezclando los alimentos de la dieta normal para obtener productos con un balance nutricional adecuado. Así resulta una mezcla normal balanceada.
- Restaurando, enriqueciendo o fortificando alimentos deficientes con vitaminas, minerales, concentrados proteicos y aminoácidos. Los alimentos así elaborados se llaman fortificados.
- Elaborando mezclas compuestas que suplan los requerimientos de grupos vulnerables (infantes, ancianos, enfermos, etc.). Al alimento así elaborado se le denomina mezcla compuesta balanceada.

2.6.1 CRITERIOS A CONSIDERAR PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA

Para la elaboración de una mezcla alimenticia, existen diferentes criterios y técnicas que se debe de considerar. (Vivas, 1979), entre las más importantes tenemos:

- Que sea altamente nutritiva, es decir que proporcione una cantidad adecuada de calorías y proteínas, y que tenga alto valor biológico, buena aceptabilidad y bajo costo.
- Que las materias primas sean producidas en el país.
- Que el producto final pueda adaptarse a los hábitos de consumo existentes.
- Que sea de fácil manejo, sin requerir tratamientos posteriores y que tengan un período largo de vida útil.

2.6.2 BASES PARA LA FORMULACIÓN DE MEZCLAS

Existen tres métodos que permiten combinar la proteína de diferentes fuentes vegetales para la formulación de mezclas de buena calidad proteica. (Bressani, 1976 citado por Riveros, 2000), y son:

- Mezclando los componentes según su contenido de aminoácidos esenciales en base a un patrón de referencia.
- Adicionando una proteína a otra en la cantidad necesaria para cubrir las deficiencias en aminoácidos de una de ellas.
- Buscando a través de pruebas biológicas el punto de complementación óptima entre los aminoácidos de proteínas provenientes de varias fuentes.

Para la formulación de las mezclas nutritivas se debe tener en cuenta el valor nutritivo de los ingredientes individuales y el del producto final. Además, considerando que las mezclas se utilizan como complemento alimentario, deben cubrir por lo menos la tercera parte de los requerimientos nutricionales mínimos, según lo recomendado por la (FAO/OMS/UNU, 1985).

Se debe tener presente la posibilidad de que existan sustancias tóxicas que pueden afectar las características de asimilación de los componentes de la mezcla. Una proteína de buena calidad debe ser muy digestible y muy proporcional, con cantidades suficientes de aminoácidos esenciales. (FAO, 1985).

2.6.3 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS SERES HUMANOS (Necesidades de energía y de proteínas)

Las necesidades energéticas de un individuo son las dosis de energía alimentaría ingerida que compensa el gasto de energía cuando el tamaño y composición del organismo y el grado de actividad física son compatibles con un estado duradero de buena salud y permite el mantenimiento de la actividad física que sea necesaria y deseable. Un grupo mixto FAO /OMS ha formulado recomendaciones sobre las necesidades de energía en lactantes y niños de diferentes edades, sin considerar el país en que viven. Son valores medios y tienen el propósito de ser usados para planear necesidades de alimentos o dietas para diversos grupos de niños, en el

Cuadro 09, se muestra los requerimientos promedio de energía alimentaría. (FAO/OMS, 1985).

Las necesidades energéticas de un individuo es definida como: La dosis de energía alimentaría ingerida que compensa el gasto de energía, cuando el tamaño y composición del organismo y el grado de actividad física de ese individuo son compatibles con un estado duradero de buena salud, y permite el mantenimiento de la actividad física que sea económicamente necesaria y socialmente deseable. (FAO/OMS/UNU 1985 citado por Olivares, 1994).

Las necesidades de proteínas fueron definidas por el Comité de expertos FAO/OMS/UNU (1985) citado por Olivares, (1994); como "la dosis más baja de proteínas ingeridas en la dieta que compensa las pérdidas orgánicas de nitrógeno en personas que mantienen el balance de energía a niveles moderados de actividad física.

Un niño debe recibir alimento adecuado y en cantidad suficiente. La calidad depende de los elementos nutritivos que contiene, siendo el más importante, la proteína. En los niños, mujeres embarazadas y lactantes las necesidades energéticas y de proteínas, incluyen las asociadas con la formación de tejidos o la secreción de leche a un ritmo compatible con la buena salud. Si la cantidad de energía ingerida como alimento está por encima o por debajo de las necesidades en forma definida, es de esperar una modificación en las reservas orgánicas a menos que el cambio energético cambie paralelamente.

CUADRO No. 09
REQUERIMIENTO PROMEDIO DE ENERGÍA ALIMENTARIA
CALCULADOS EN BASE A LAS RECOMENDACIONES DE LA
FAO/OMS/UNU 1985

Edad (años)	Sexo	Actividad ocupacional	Kcal/kg/día*
0,3 a 3	M.F.		100
3,1 a 5	M.F.		95
5,1 a 7	M.F.		88
7,1 a 10	M.		78
	F.		67
10,1 a 12	M.		64
	F.		54
12,1 a 14	M.		55
	F.		46
14,1 a 18	M.	Ligera	54 a 45
		Moderada	58 a 52
		Intensa	67 a 61
14,1 a 18	F.	Ligera	48 a 42
		Moderada	51 a 45
		Intensa	56 a 49
18,1 a 65	M.	Ligera	41 a 37
		Moderada	48 a 43
		Intensa	55 a 50
18,1 a 65	F.	Ligera	41 a 35
		Moderada	44 a 37
		Intensa	48 a 41
> 65	M.	Ligera	29
		Moderada	34
		Intensa	40
> 65	F.	Ligera	30
		Moderada	34
		Intensa	38

Fuente: FAO/OMS (1985) citado por Olivares, 1994.

* Cuando se da un intervalo, el requerimiento por kg es mayor mientras menos pesa el individuo.

Si el gasto no cambia, las reservas de energía sobre todo las reservas de tejido adiposo aumentarán o disminuirán según la ingesta supere las necesidades. A diferencia de los alimentos energéticos si se ingieren más proteínas necesarias para el metabolismo prácticamente todo el excedente se metaboliza y se excretan los productos terminales; ya que las proteínas no se almacenan en el organismo a la manera que la energía se almacena en el tejido adiposo. (FAO/OMS, 1989 y Olivares, 1994).

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 de referencia o patrón. Las proteínas biológicamente incompletas son las que poseen uno o más aminoácidos limitantes. En el Cuadro 10 se presentan las necesidades de aminoácidos. (Olivares, 1994)

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 cómputo aminoacídico (CA). (Olivares, 1994). El CA se expresa como sigue:

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

CUADRO No. 10

NECESIDADES DE AMINOÁCIDOS EN DIFERENTES EDADES mg/kg/día

Aminoácidos	Lactantes	Niños	Escolares (a,d)		Adultos
	(a) 3 a 4 meses	(b,c) 2 años	10 a 12 años		(a)
Fenilalanina + tirosina	125	69	27	22	14
Histidina	28	7	7	7	8 a 12
Isoleucina	70	31	30	28	10
Leucina	161	73	45	44	14
Lisina	103	64	60	44	12
Metionina + cistina	58	27	27	22	13
Treonina	87	37	35	28	7
Triptófano	17	12,5	4	3,3	3,5
Valina	93	38	33	25	10
Total de aminoácidos esenciales	714	352	261	216	84

Fuente: a) Informe comité especial mixto FAO/OMS de expertos (1973)
citado por Olivares, (1994)

b) Pineda, O. *et. al.* citado por Olivares, (1994)

c) Torún, B. *et. al.* citado por Olivares, (1994)

d) National Research Council, National Academy of Sciences,
(1974) citado por Olivares, (1994)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación “Efecto del germinado y extrusión sobre los aminoácidos de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y elaboración de Donas”, se desarrolló en el ámbito de la ciudad de Puno y Juliaca a una altitud de 3827 m.s.n.m. en su parte operativa, (el proceso de cocción extrusión se efectuó en la planta Agroidustrial “El Altiplano S.R.Ltda.” ubicado en el parque industrial de la ciudad de Juliaca el proceso de elaboración de donas crocantes se realizó en la panadería y pastelería “MAS PAN” ubicado en el jirón los Incas N° 390 de la ciudad de Puno); los análisis de laboratorio se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Universidad Nacional Agraria la Molina y Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima.

3.1 MATERIALES

3.1.1 MATERIA PRIMA

Se utilizó como materia prima la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) de la Variedad Cupi, adquirida del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA)-Puno, Centro Experimental Salcedo, en una cantidad de 200 kg. y

para la elaboración de donas crocantes se utilizó la harina de cañihua germinada extruida, harina de trigo, azúcar, leche, huevos, levadura, mantequilla, esencia de vainilla, sal, cocoa, cobertura de chocolate, entre otros.

3.1.2 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza electrónica con precisión en gramos y miligramos
- Extractor de proteína Kjeldahl Ezermester Kecskemeti ISZ.
- Destilador Kjeldahl de 1400 a 168w.
- Estufa de vacío Modelo 14000E, controlada termostáticamente y conectada vía un desecador de aire a una bomba de vacío Modelo 16030007402 capaz de mantener la presión de la estufa por debajo de 20 psi.
- Mufla Furnace Thermolyne Modelo N° F48010-26 máx. 1225°C.
- Balanza Analítica Metler Toledo AB204.
- Agitador mecánico de aletas VEB ELMO tipo 1135.14 n° 14/19748^a.
- Termostato MTA KUTESZ Typo Lp 201/1
- Campana Desecadora con desecante de perclorato de Selladora de plástico tipo PFS-300.
- Microbureta 715 Dosimat.
- Tamices Taylor.
- Analizador Automático de Aminoácido Cromatógrafo HPLC.

3.1.3 MATERIALES DE LABORATORIO

- Vaso de precipitado de 250 ml.
- Vaso de precipitado de 500 ml.
- Matraces erlenmeyer de 500 ml.
- Matraces erlenmeyer de 250 ml.
- Matraces Kjeldahl de 100 ml.
- Termómetros DBGM de -15 a 420°C.
- Fiolas.
- Pipetas.
- Crisoles de porcelana.
- Papel de filtro.
- Papel de nitrógeno.
- Bureta.
- Otros materiales auxiliares.

3.1.4 INSTRUMENTOS, EQUIPOS DE PROCESO Y OTROS

- Germinadores.
- Estufas.
- Extrusor de un solo tornillo INNOVA.
- Molino de granos.
- Recipientes de inox de 80 lt. De capacidad.
- Horno Máx 1000 NOVA.
- Mesas de trabajo.
- Equipos y utensilios de uso en galletería.
- Bolsas de polietileno.

- Cucharas medidoras.
- Fichas de análisis.
- Lápiz.
- Cámaras de análisis sensorial.

3.1.5 REACTIVOS

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Sulfato de cobre (catalizador).
- Sulfato de potasio (catalizador).
- Selenato de sodio
- Hidróxido de sodio al 50%.
- Acido Bórico al 4%.
- Azul de metileno.
- Rojo de metileno.
- Ácido clorhídrico 0,05 N.
- Hexano.
- Solución Acética: 80 ml de ácido acético, 20 ml de ácido nítrico y 20 ml de agua destilada.
- Reactivos para la determinación de aminoácidos (se detalla en el acápite 3.3.3).
- Reactivos para la determinación de azúcares reductores (se detalla en el acápite 3.3.3).

3.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.2.1 OBTENCION DE HARINA DE CAÑIHUA GERMINADA Y EXTRUIDA

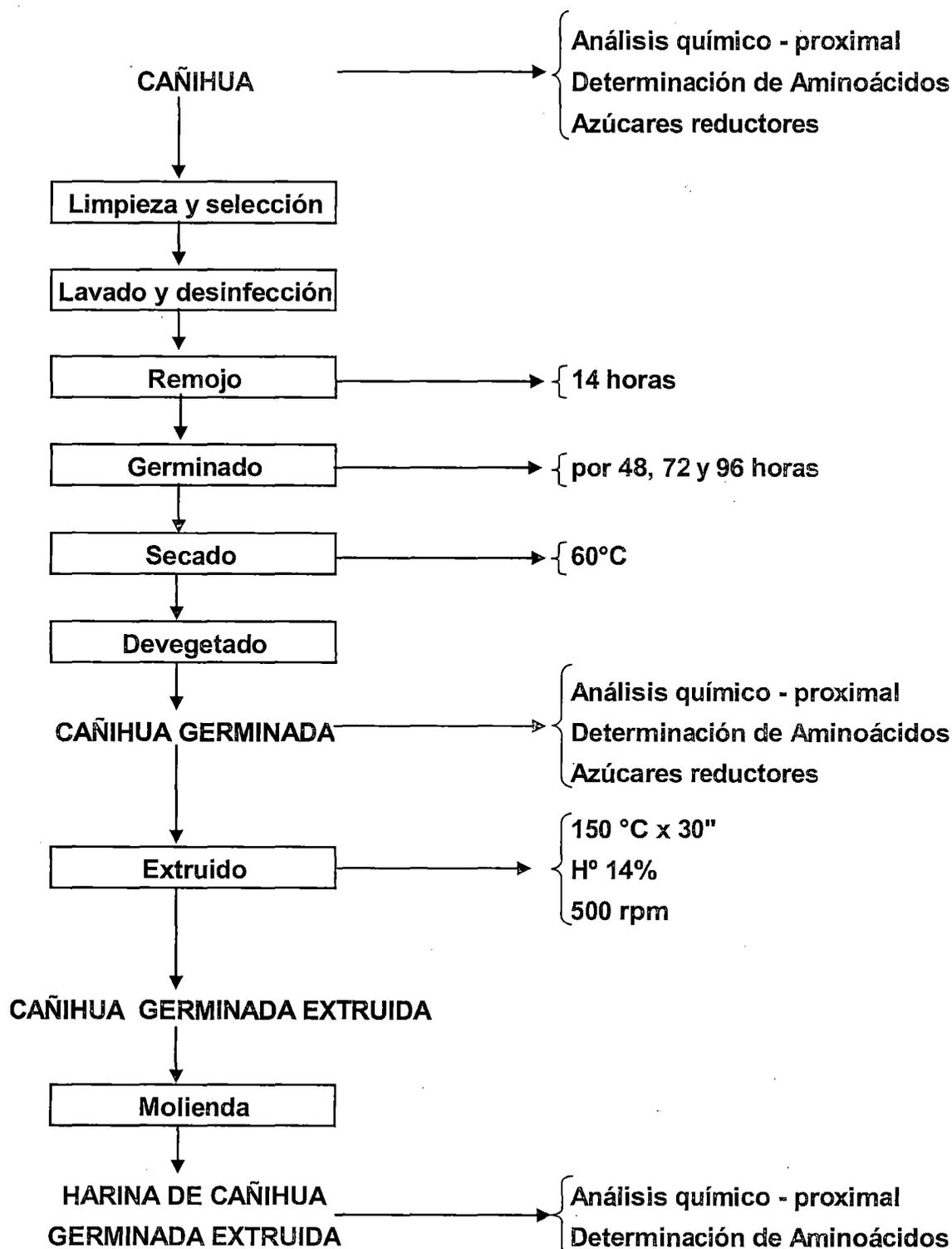
En la Figura 16, se muestra el diagrama de flujo para la obtención de harina de cañihua germinada y extruida, cuyo procedimiento se detalla a continuación y las fotos se muestran en el Anexo I:

Limpieza y Selección.- Los granos de cañihua se sometieron a limpieza y selección, para eliminar partículas extrañas, con la finalidad de obtener y trabajar en condiciones de pureza y calidad, tal como lo estipula las normas de sanidad vigentes.

Lavado y Desinfección.- Seleccionados los granos se sometieron a un lavado con una solución de hipoclorito de sodio de 3 ml/litro de agua, para eliminar microorganismos y hacer eficiente el proceso de germinado, evitando el posible desarrollo de hongos en los granos húmedos sometidos a germinado.

Remojo.- Etapa que tiene por finalidad que los granos de cañihua alcancen la humedad necesaria para iniciar el proceso de la germinación (alcanzar una humedad aproximada de 45%), en un recipiente de plástico los granos se sumergieron en agua potable a temperatura de 20 °C por 14 horas (estudiado por Berna, 1995), cuidando que el agua sobrepase la superficie de los granos en 10 centímetros.

Figura 16: Diagrama de Flujo para la Obtención de harina de cañihua germinada y extruida.



Fuente: Elaboración propia.

Germinado.- Las muestras después del remojo, se distribuyeron en bandejas rectangulares con un espesor de un cm y colocados en los germinadores a una temperatura de 20 °C por 48, 72 y 96 horas. La germinación o malteado, tiene por objeto transformar los almidones en azúcares reductores por acción de las amilasas.

Secado.- Al finalizar la etapa de la germinación, los granos germinados de cañihua se secaron en un secador de bandejas por un tiempo de 12 horas a 60 °C, con la finalidad de inhibir su evolución biológica.

Devegetado.- Luego del secado a los granos secos se les eliminó las raicillas y cascarillas en forma manual, con la finalidad de evitar la absorción de agua ya que estas son muy higroscópicas y eliminar a través de ellas las sustancias amargas y otras que modifican el color del germinado.

Extruido.- Para este proceso los granos de cañihua germinada se acondicionaron a una humedad de 14%, y se procedió a la cocción-extrusión de los mismos en un extrusor de un solo tornillo, a una temperatura de 150 °C y una velocidad de rotación del tornillo sinfín de 500 rpm.

Molienda.- Los granos de cañihua germinados y extruidos, fueron sometidos a un proceso de molienda en un molino de granos con la finalidad de obtener harina de cañihua germinada extruida, las que se tamizaron en el mismo equipo separando los diferentes subproductos y separando las partículas del tamiz de malla 100 para su uso posterior en la obtención de donas.

3.2.2 OBTENCION DE DONAS

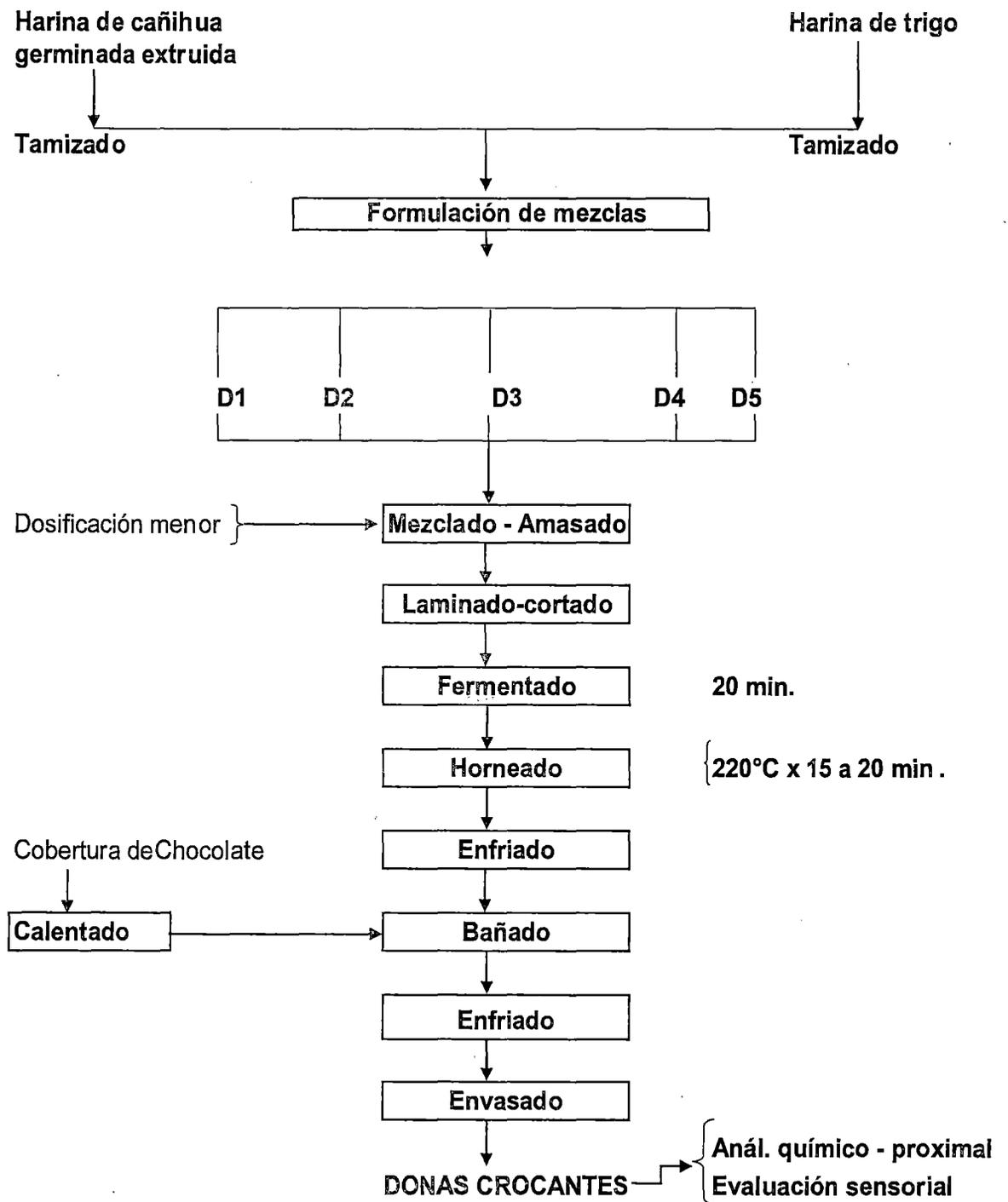
Las operaciones que se siguió para el proceso de elaboración de donas se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 17.

Tamizado.- La harina de cañihua germinada extruida y la harina de trigo, se tamizaron en un tamiz de malla 100, con la finalidad de homogeneizar los subproductos.

Formulación de mezclas.- Se formularon las mezclas sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de cañihua germinada extruida en proporciones de:

D1=10:90; D2=20:80; D3=30:70; D4=40:60 y D5=50:50 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo respectivamente.

Figura 17: Diagrama de Flujo Experimental para la Elaboración de Donas crocantes.



Fuente: Elaboración propia.

Mezclado – Amasado.- Para efectuar esta operación previamente se pesó los insumos (dosificación menor), considerando a la formulación de las harinas como 100%, así los insumos se pesaron en las siguientes proporciones:

CUADRO No. 11
FORMULACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE DONAS CROCANTES

Insumos	%
Harina	100
Azúcar	12,5
Mejorador	1
Levadura instantánea	1,5
Sal	1,5
Manteca	5
Margarina	5
Leche en polvo	2,5
Huevos	12
Agua	50
Esencia vainilla	0,35

Fuente: Elaboración propia.

El mezclado se efectuó en una mezcladora de dos velocidades, mezclando primero la grasa y el azúcar, incorporándose luego los demás ingredientes, se efectuó luego el amasado de la masa, añadiendo gradualmente agua, hasta obtener una masa fina y suave. Este proceso se efectuó con la finalidad de homogenizar la mezcla. El tiempo de amasado fue de ocho minutos.

Cabe mencionar, que la mayoría de las empresas productoras de donas emplean mezclas preparadas.

Laminado – Cortado.- Operación que consistió en estirar la masa con rodillos hasta alcanzar un espesor de 0,5 cm y finalmente se cortaron con moldes en forma de aro, de 2,5 cm de diámetro externo y 1 cm de diámetro interno.

Fermentado.- Se efectuó en una fermentadora de panificación por un tiempo de 15 minutos. Con la finalidad de elevar la masa, haciéndola ligera y porosa y produce una masa ligeramente ácida.

Horneado.- El proceso del horneado de las donas con sustitución parcial de harina de cañihua germinada extruída se efectuó a una temperatura de 220 °C, durante 15 a 20 minutos.

Enfriado.- Se realizó en el coche del horno en una sala de enfriado.

Bañado.- Denominado también glaseado, la que se realizó con cobertura de chocolate, la que se preparo en baño maría hasta obtener una fluidez adecuada, inmediatamente las donas se introdujeron en la cobertura fluida con la finalidad de glasearlas y/o bañarlas e inmediatamente las mismas se enfriaron.

Envasado.- Las donas se envasaron en envases de polietileno, con la finalidad de crear una barrera entre las donas y el medio externo y conferirle estabilidad al producto.

3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

La determinación del contenido de humedad, materia grasa, carbohidratos, fibra, ceniza y proteína se realizó de acuerdo a los métodos citados por la AOAC (1984).

A) HUMEDAD

El contenido en agua de un producto se define convencionalmente como la pérdida de masa que experimenta en condiciones determinadas.

FUNDAMENTO.- Este método se basa en la pérdida de peso que sufre la muestra por calentamiento a 65 - 100°C.

TÉCNICA:

Se pesa 5 g de la muestra y se seca en una estufa a presión atmosférica a una temperatura de 65°C bajo presión atmosférica normal, durante 6 horas, transcurrido este tiempo, y operando rápidamente, se retira la muestra de la estufa una vez tapado colocarlo en el desecador. Pesarse en cuanto se enfríe en el desecador el contenido de agua de la muestra, cuya fórmula es la siguiente:

$$\%Humedad = \frac{(M_1 - M_2) * 100}{M_1}$$

Donde:

M₁ = masa inicial en gramos de la muestra.

M₂ = masa en gramos del producto seco.

B) CENIZAS

El contenido en cenizas de un producto es el residuo resultante después de su incineración en condiciones determinadas las cuales constituyen en el grano las materias minerales e inorgánicas.

FUNDAMENTO.- Se basa en la incineración de las sustancias orgánicas presentes en la muestra por la acción de alta temperatura.

TÉCNICA:

Se pesa 5 g de muestra, antes de usar las cápsulas de incineración, calentarlas en el horno a una temperatura de 600 °C durante 6 horas, enfriarlas en el desecador y pesarlas cuando alcancen la temperatura ambiente. Introducir la muestra pesada en la cápsula repartiéndola en una capa de espesor uniforme, sin comprimirla; colocar la cápsula al horno, la incineración continua hasta lograr la combustión total de la muestra, la temperatura de incineración es de 600 °C. El porcentaje de cenizas se obtiene por la formula siguiente:

$$\%Ceniza = \frac{(P_3 - P_2) * 100}{(P_1 - P_2)}$$

Donde:

P_1 = Peso de la muestra + peso de crisol

P_2 - Peso del crisol

P_3 = Peso de ceniza + peso de crisol

C) PROTEÍNA

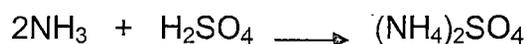
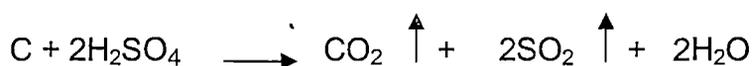
Todos los alimentos naturales contienen proteínas, la proteína cruda de los alimentos se calcula en base al nitrógeno total.

FUNDAMENTO.- Este método se basa en la transformación de los compuestos nitrogenados presentes en la muestra, en amonio, por digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de oxidantes. La determinación consta de tres etapas: digestión, destilación y valoración.

➤ Digestión

Es la primera etapa que consiste en la descomposición de la materia orgánica por el ácido sulfúrico caliente transformando el nitrógeno de la sustancia orgánica en sulfato de amonio, empleando catalizadores tales como sulfato de cobre y sulfato potásico los cuales actúan como transportadores de oxígeno. En la reacción del carbono y el hidrógeno son oxidados a dióxido de carbono y agua, además una parte del ácido se reduce a dióxido de azufre, que es el agente reductor de los compuestos.

Las reacciones son como siguen:



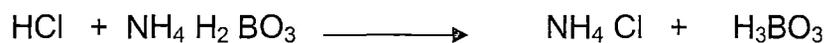
➤ **Destilación**

Esta segunda etapa, consiste en la separación del amoníaco de la sustancia digerida, alcalinizando con NaOH, recibiendo el destilado en ácido bórico al 4%. El amoníaco al condensarse pasa en forma de hidróxido de amonio, el cual se reconoce por su reactivo correspondiente y característico (reactivo de Nessler).



➤ **Valoración o Titulación**

Es la tercera etapa, el amoníaco destilado es absorbido poco a poco por un volumen conocido de solución valorada de HCl 0,1 N, en exceso. El ácido clorhídrico reacciona con el borato de amonio y en el punto final ya no hay borato y un pequeño exceso de HCl provocara un cambio de pH y el consiguiente viraje de la solución.



TÉCNICA:

➤ **Digestión**

- a) Se pesó 0,25 g de muestra sólida.
- b) Se introduce la muestra en el balón kjeldahl de 100 ml.
- c) Se agregó 5 ml de ácido sulfúrico concentrado al matraz.
- d) Se agregó aproximadamente 1g de catalizador de sulfato de cobre, sulfato de potasio y selenato de sodio.
- e) Se coloca los matraces en el equipo digestor Kjeldahl y activar el extractor de gases.

- f) Esperar la digestión aproximadamente 30 minutos.
- g) Desactivar y enfriarlo por un tiempo 30 min.
- h) La digestión termina, cuando se observa un líquido residual de color verde transparente.

➤ **Destilación**

- i) Se retira el balón del calentador, y dejarlo enfriar.
- j) La muestra digerida se traslada a un balón de 250ml con 25 ml de agua destilada.
- k) Se agrega 15 ml hidróxido de sodio al 50%.
- l) Preparar en un erlenmeyer de 250 ml; verter 5ml de ácido bórico al 4% al que se le agrega el indicador de pH de 3 a 5 gotas, al mezclarse con el ácido bórico y el indicador da una coloración roja.
- m) Se conecta el equipo de destilación, para destilar el balón del digestor, durante 10 a 15 minutos, hasta que el matraz receptor tome una coloración verdusca y un contenido de líquido de 25 ml aproximadamente.
- n) Y activar el sistema refrigerante de agua en el equipo.

➤ **Titulación y valoración**

- o) Titular con HCl al 0,05 N valorado.
- p) Leer y anotar el gasto (haciendo uso del agitador magnético)
- q) La titulación termina, cuando vira de rojo a verde.

- r) Lavar siempre el agitador o dispersor con agua destilada en cada ensayo.
- s) Calcular el porcentaje de nitrógeno con la siguiente expresión:

$$\% \text{ Proteína} = \frac{V * N * meqN * 100}{pesomuestra} * 6,25$$

Donde:

V = volumen de gasto del ácido clorhídrico.

N = normalidad del ácido

Meq = mili equivalente 14/1 000

100 = Porcentaje al 100%

6,25 = factor; relación Nitrógeno - proteína 100/16

D) GRASA

Las grasas se forman en las plantas a expensas de los carbohidratos. En los cereales el contenido de grasa es muy variable, así en el trigo es de 4%, en el maíz de 9%, en la quinua el contenido medio de grasa es 5%. El solvente utilizado para la determinación de grasa es el éter.

FUNDAMENTO.- Sometiendo la muestra a la acción de un disolvente de materia grasa, usando un extractor y evaporando el disolvente una vez agotada la materia grasa, el aumento de peso del recipiente, que ha recogido durante la operación los productos de extracción, nos dará la materia grasa.

TÉCNICA:

Pesar 3g de muestra molida y desecada a 100°C y envolverla en papel filtro seguidamente colocar en el equipo soxhelt, la grasa se extrae con hexano, continua la extracción hasta que el hexano se vuelva incoloro y se pesa el residuo de grasa cuando alcanza la temperatura ambiente.

El porcentaje de grasa bruta sobre sustancia seca viene dado por la fórmula:

$$\%grasabruta = \frac{(P_1 - P_2) * 100}{P}$$

Donde:

P_1 = peso, en g del matraz con el extracto etéreo.

P_2 = peso, en g del matraz vacío.

P = peso, en g de la muestra empleada.

E. FIBRA

La celulosa esta constituida en su mayor parte por corteza de la semilla de cañihua.

FUNDAMENTO.- El método empleado permite eliminar lo que no es celulosa y se utiliza la muestra desgrasada, que viene a ser el residuo del análisis de grasas.

TÉCNICA:

Se pesa 2g de muestra desgrasada, se hecha a un matraz y se agrega 50ml de una solución acética (preparada con 80ml de ácido acético, 20ml de ácido nítrico y 20ml de agua destilada), se hierve por media hora, luego se filtra y

se lava con agua destilada, más o menos 3 veces hasta que el agua lavada tenga un pH neutro, el papel filtro debe estar tarado. El filtro con la muestra se pone en la estufa a 110°C hasta peso constante.

El residuo que queda es la fibra cruda y por supuesto las cenizas que han resistido ambas digestiones, por esta razón debe de descontarse el peso de las cenizas. Al peso del filtro más la muestra, se le resta el peso del filtro, esta diferencia referida a 100, nos dará el porcentaje de fibra o celulosa.

El porcentaje de fibra viene dado por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ fibra} = \frac{(P_1 - P_2) * 100}{P}$$

Donde:

P_1 = peso, en g, de ceniza.

P_2 = peso, en g, de fibra.

P = peso, en g, de la muestra empleada.

F) CARBOHIDRATOS

Los constituyentes mas importantes de los carbohidratos son los almidones, que son sustancias ternarias constituidas por carbono 44%, Hidrógeno 7% y Oxígeno 49%. En todos los cereales hay presencia de almidones, además se les encuentra en las hojas, tallos, raíces, etc. Los carbohidratos se determinan por diferencia.

3.3.2 DETERMINACION DE AMINOACIDOS

La determinación de aminoácidos se realizó de acuerdo al método descrito por Heinrickson y Meredith (1984); mediante los equipos de cromatografía de alta eficiencia que se muestran en el **Anexo II**, método que consta de 4 pasos:

- A. **Preparación de la muestra.**- Las proteínas fueron extraídas y solubilizadas con una solución que contiene 50 mM Tris-HCl, SDS 2%, Mercaptoetanol 1%. La proteína extraída se pasó por una columna Gel filtración con Sephadex G-25. Se colectó la fracción proteica, se precipitó con acetona, se liofilizó y se guardó en refrigeración hasta su uso.
- B. **Hidrólisis de las Proteínas.**- Para la hidrólisis se pesó 5 mg de la muestra, se le agregó 500 microlitros de HCl 6 N y agentes protectores como el fenol y el sulfito de sodio. Luego las muestras fueron hidrolizadas al vacío a 150 °C por 2 horas, para lo cual se usó un equipo Reacti-Thern marca Pierce.
- C. **Derivatización de los aminoácidos.**- Las muestras hidrolizadas se secaron al vacío y luego se disolvieron en 100 microlitros de buffer de acoplamiento que contiene Acetonitrilo: Piridina: Trietilamina: Agua (10:5:2:3). La solución se secó al vacío y los aminoácidos se disolvieron una vez más en 100 microlitros de buffer de acoplamiento. Luego se le añadió 5 microlitros de fenilisotiocianato (PICT) y se dejó por 5 minutos a temperatura ambiente y luego se secó la solución con una bomba de alto

vacío. Los fenitiocarbamida aminoácidos (PTC aminoácidos) resultantes fueron disueltos en 250 microlitros de acetato de amonio 0.05 M. Se tomó entre 10-30 microlitros de muestra para el análisis de aminoácidos mediante HPLC de fase reversa.

D. Separación de los PTC aminoácidos de HPLC con columna de fase

reversa.- La separación se realizó en un sistema HPLC Altex con sistema solvente binario y un detector de longitud de onda fijado a 254 nm. Para la separación se utilizó una columna de fase reversa Octadecilo (C18) de 25 cm de longitud y un diámetro interno de 4 mm. La separación se realizó a 52 °C y se utilizó un gradiente compuesto de dos soluciones: Solución A: Acetato de amonio 0.05 M pH 6.0 y solución B: Acetato de amonio 0,1M en acetonitrilo:metanol:agua (44:10:46).

Para el registro y la cuantificación de los aminoácidos se utilizó un Integrador Hewlett-Packard HP 3394 series II.

Mediante el uso de este procedimiento se cuantifican los siguientes aminoácidos: Asp, Glu, Ser, Gli, His, Tre, Ala, Arg, Pro, Tir, Val, Met, Ile, Leu, Fen y Lis

3.3.3 DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES

Se determinó por el método de la titulación, de acuerdo al método de la AOAC (1984).

REACTIVOS

- Solución acetato buffer. Diluya 3 ml de HOAC (ácido acético), 4,1 g de NaOAc (acetato de sodio) anhidro y 4,5 ml de ácido sulfúrico a 1 Lt. de agua.
- Solución de tungsteno de sodio. 12% dilución 12 g. de $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (woltramato de sodio bi hidratada) a 100 ml con agua.
- Solución alcalina ferrocianida. 0,1 N 33 g de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ seco y 44 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{L}$
- Solución de sales de ácido acético. Diluya 70g KCL y 40g $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ a un litro de agua.
- Solución soluble Almidón-potasio iodado; agregue 2 g de solución de almidón a una pequeña cantidad de agua fría y vierta lentamente en agua hirviendo con constante agitación. Enfríe el preparado, agregue 50 g KI y diluya a 100ml con agua. Agregue 1 gota de solución de NaOH use 1 ml.
- Solución Standard de tiosulfato 0,1 N. 24,82 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y 3,8g $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}/\text{L}$ (tetraborato de sodio deca hidratada) o solución de borax.

Las determinaciones en blanco se han de efectuar con las determinaciones practicadas en el día y así consecutivamente para observar los cambios en

$K_3Fe(CN)_6$ (ferricianuro de potasio), esta solución por reducción de cualquier impureza.

Combinar 5 ml de alcohol, 50ml de solución buffer de acetato y 2ml de solución tungsteno de sodio. A 5ml de esta mezcla agregue 10 ml de $K_3Fe(CN)_6$ y proceda con la determinación de los azúcares (10ml de solución de $Na_2S_2O_3$ debe descargar el color azul del almidón), Si la titulación cae dentro de $10 \pm 0,005$ ml no descarte la reacción mas bien corrija en las subsecuentes cálculos usando el equivalente de $Na_2S_2O_3$ (tiosulfato de sodio) de 10 ml de la solución de $K_3Fe(CN)_6$ (ferrocianuro).

PREPARACION DEL EXTRACTO:

Colocar 5,675 g de harina en 100 o 125 ml de capacidad del erlenmeyer. Incline el vaso de modo que toda la harina se hará a un lado, luego moje la harina con 5ml de alcohol. Indique el vaso y agregue 50ml de solución buffer de acetato remueva al vaso hasta que la mezcla quede en suspensión. Inmediatamente agregue 2 ml de solución de tungsteno de sodio y de nuevo mezcle la masa. Filtre en papel Whatman 4 o equivalente.

DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES:

Pipetee 5ml del extracto y coloque en un tubo de ensayo de 75 ml, agregue exactamente 10 ml de solución de $K_3Fe(CN)_6$ al tubo de ensayo, mezcle vigorosamente y sumerja a un baño de agua hirviendo de modo que el tubo debería estar tres a cuatro cm bajo el agua hirviendo. Después de que exactamente este por 20 minutos en baño de agua hirviendo enfriar el tubo

en agua corriente y extraer de una sola vez en un erlenmeyer de 100 a 125 ml enjuague el tubo de ensayo con 25 ml de solución de ácido acético. Luego agregar al erlenmeyer y mezcle cuidadosamente. Seguidamente agregar 1 ml de solución de almidón KJ (yodato de potasio). Titule con 0,1 N de solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ hasta que la coloración azul desaparezca completamente (es recomendable utilizar una micro-bureta de 10 ml). Sustraer 1 ml 0,1N de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ usando en la titulación de 10 ml en el caso de la titulación $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 - \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, se corrige sustrayendo de Na_2 al equivalente de $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ esta diferencia representa en definitivo la cantidad de azúcar reductor/10 g de harina calculada como maltosa.

3.3.4 EVALUACION SENSORIAL

La evaluación sensorial, se efectuó con la finalidad de evaluar los atributos de aceptabilidad (Sabor, olor, color y crocantes) de las donas, mediante una escala hedónica de cinco puntos, de acuerdo a lo señalado por Watts, (1992), para ello se trabajó con un panel de 30 personas semi entrenadas, con una edad promedio de 20 años, (estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial) a quienes se les instruyo previamente sobre la metodología a seguir en la realización de las diferentes pruebas.

La cartilla respectiva para la evaluación se muestra a continuación.

Figura 18: FORMATO DE EVALUACION SENSORIAL DE DONAS

Nombre: **Edad:**

Producto: **Fecha:**

Instrucciones: Ud. Recibirá varias muestras, debidamente codificadas, evalúe y ubique en la escala que le corresponde la intensidad de agrado o desagrado de cada muestra, marque con una “X” solo una de las alternativas por cada atributo.

ESCALA	Color					Olor					Sabor					Crocantes				
	Δ	●	◇	■	☀	Δ	●	◇	■	☀	Δ	●	◇	■	☀	Δ	●	◇	■	☀
Me agrada mucho																				
Me agrada																				
No me agrada ni desagrada																				
Me desagrada																				
Me desagrada mucho																				

Observaciones:.....

3.4 VARIABLES

3.4.1 CAÑIHUA GERMINADA

➤ VARIABLES DE ESTUDIO:

G1 = 48 Horas de germinado

G2 = 72 Horas de germinado

G3 = 96 Horas de germinado

➤ VARIABLES DE RESPUESTA:

Composición Químico Proximal

Composición de aminoácidos

Composición de Azúcares reductores

3.4.2 CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA

➤ VARIABLES DE ESTUDIO:

E1 = 48 Horas de cañihua germinado

E2 = 72 Horas de cañihua germinado

E3 = 96 Horas de cañihua germinado

➤ VARIABLES DE RESPUESTA:

Composición Químico Proximal

Composición de aminoácidos

3.4.3 DONAS

➤ VARIABLES DE ESTUDIO:

D1 = 10:90 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo.

D2 = 20:80 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo.

D3 = 30:70 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo.

D4 = 40:60 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo.

D5 = 50:50 de harina de cañihua germinada extruida y harina de trigo.

➤ VARIABLES DE RESPUESTA:

Composición Químico Proximal

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial fue conducido bajo un Diseño Completo al Azar, con cinco tratamientos (D1, D2; D3; D4 y D5) y 30 réplicas haciendo un total de 150 unidades experimentales, según Calzada (1980) y Watts (1992), cuya notación matemática es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + E_{ij}$$

Donde:

μ = Efecto de la media experimental

T_j = Efecto de los tratamientos mezclas de harina germinada extruida y harina de trigo.

E_{ij} = Efecto del error experimental.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE CAÑIHUA SIN GERMINAR

En el Cuadro 12, se presenta los resultados del análisis químico proximal del grano de cañihua variedad cupi antes de ser germinada. En donde se puede observar que estos valores respecto a los reportados por el MINSA/INS/CENAN (1993) y Collazos (1996), que se muestran en el Cuadro 1, son superiores, en cuanto a proteínas reportan rangos de 13,8 a 14,93% y para grasa y cenizas hay diferencias muy mínimas, en la composición de fibra las muestras analizadas son inferiores ya que los mostrados por los autores señalados oscilan entre 8,25 a 10,2% y referente a carbohidratos los datos oscila entre 51,72 a 65,2%; estas diferencias pueden deberse a la variedad de cañihua analizadas, ya que refieren los análisis efectuados a cañihua gris, parda y ramis.

CUADRO No. 12

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL GRANO DE CAÑIHUA VARIEDAD CUPI

Componentes	%
Humedad	10,2
Grasa	6,34
Proteína	16,9
ceniza	5,8
Fibra	5,3
Carbohidratos	55,46
kcal*	346,5

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la composición química reportado por Sucari y Sota (2003) de la cañihua variedad cupi en cuanto a humedad 7,94%, grasa 7,29%, proteínas 16,32%, cenizas 2,55%, fibra 8,25% y carbohidratos 57,65%, de las muestras analizadas difieren muy poco ya que estos son inferiores a excepción de los carbohidratos.

4.1.2 COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LA CAÑIHUA SIN GERMINAR

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de aminoácidos de la proteína del grano de cañihua sin germinar. Donde los resultados de aminoácidos de las muestras del grano de cañihua de la variedad cupi, respecto a los reportados por Collazos (1996), Collazos y Col (1993) y Repo carrasco (1992) que se muestran en el Cuadro 2, existe una ligera disminución, en cuanto a los aminoácidos esenciales; y respecto a los reportes de Berna (1995) se observa incrementos en algunos de los componentes y disminución en algunos

aminoácidos tal como se observa en la Figura 19, esto puede deberse a las diferentes variedades analizadas por estos investigadores.

CUADRO No. 13

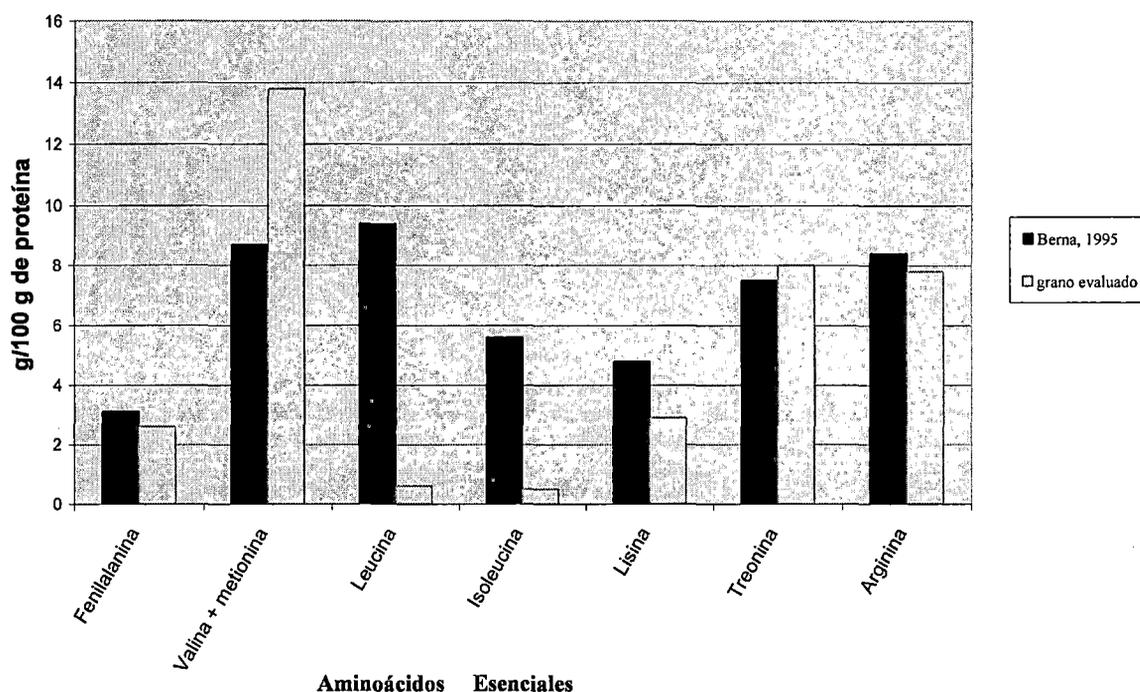
COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DEL GRANO DE CAÑIHUA
 VARIEDAD CUPI (porcentaje por cada 100 g de proteína)

Aminoácido	porcentaje
Ac. Aspártico	2,00
Ac. Glutámico	9,90
Serina	6,30
Glicina	21,40
Histidina*	3,40
Treonina*+Alanina	20,70
Arginina*	7,80
Prolina	3,10
Tirosina	2,50
Valina*+Metionina	13,80
Isoleucina*	0,50
Leucina*	0,60
Fenilalanina*	2,60
Lisina*	2,90

Fuente: Elaboración propia.

* Aminoácido esencial

Figura 19: Comparación de aminoácidos.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3 COMPOSICIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DE LA CAÑIHUA SIN GERMINAR

En el Cuadro 14 se muestra los resultados del análisis de azúcares reductores del grano de cañihua antes de ser germinada.

CUADRO No. 14

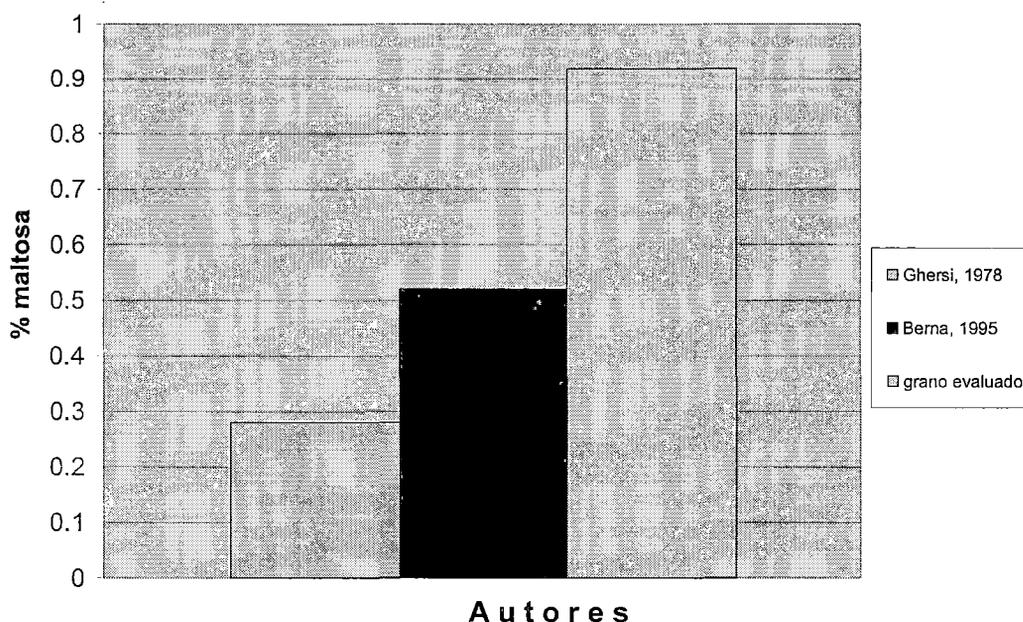
COMPOSICIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DEL GRANO DE CAÑIHUA VARIEDAD CUPÍ

PRODUCTO	Azúcares reductores	
	mg maltosa/10 g del producto	%
Cañihua	92	0,92

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido en la cañihua de variedad cupi es mayor con respecto al encontrado por Gherzi (1978) igual a 0,28% y por Berna (1995) igual a 0,52%, esta variación se observa en la Figura 20; lo cual se debe a la variedad de cañihua, estado de madurez y suelo cultivado.

Figura 20: Comparación de azúcares reductores.



Fuente: Elaboración propia.

4.2 CAÑIHUA GERMINADA

4.2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CAÑIHUA GERMINADA

En el Cuadro 15, se presenta los resultados del análisis químico proximal del grano de cañihua germinado, donde podemos observar que, con respecto al grano de cañihua existe un incremento en el rango de 0,4 a 0,8% en el contenido de proteínas, en 1,93 a 5,88% en carbohidratos y un ligero incremento en grasa y cenizas esto se debe a que existe una disminución en el

contenido de humedad de 10,2% (en el grano) hasta rangos entre 4,9 a 7,49% ya que los granos son secados hasta obtener una humedad menor de 7% con la finalidad de detener la actividad enzimática, concordando con De Clerk (1962), Berna (1995) y Pomeranz (1975) en estudios de semillas germinadas y en cuanto a la fibra se puede apreciar una disminución de 0,2 a 1,45% debido a que durante la etapa de la devegetación se elimina parte de ella.

CUADRO No. 15
COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CAÑIHUA GERMINADA

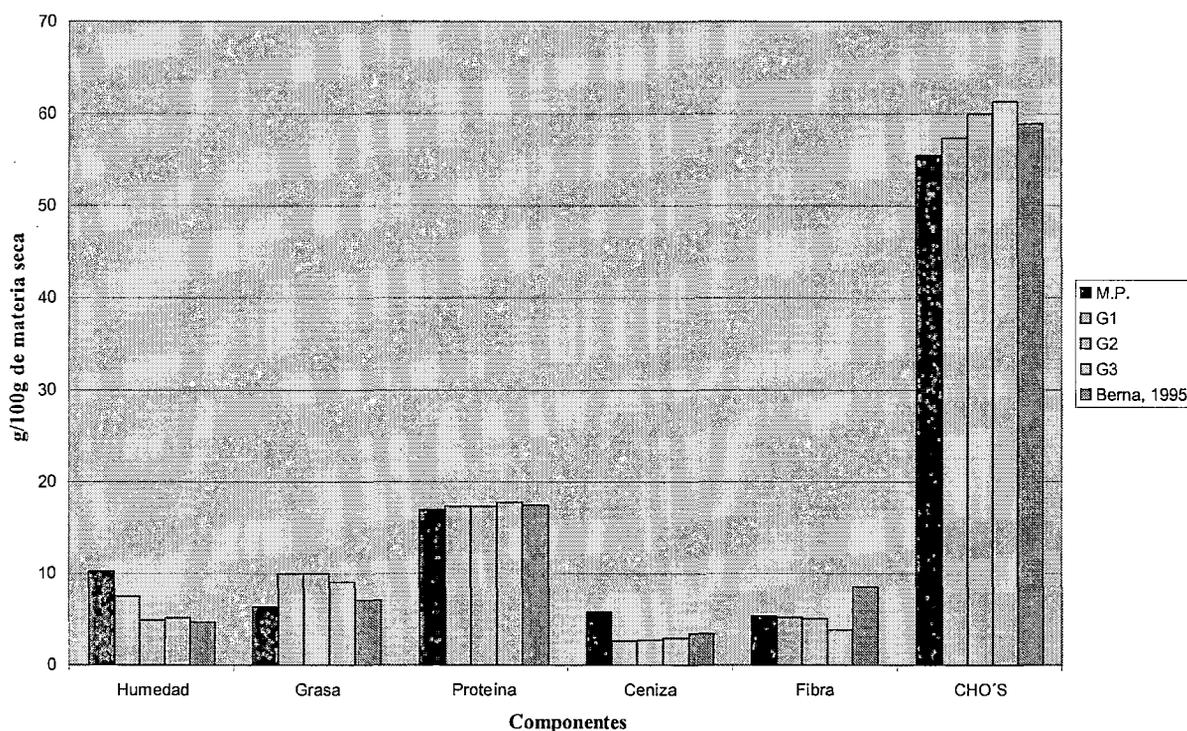
Componentes	G1	G2	G3
Humedad	7,49	4,9	5,13
Grasa	9,97	10	9,04
Proteína	17,3	17,3	17,7
Ceniza	2,61	2,7	2,94
Fibra	5,24	5,1	3,85
CHO'S	57,39	60	61,34
Kcal *	388,49	399,2	397,52

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 15, se muestra que durante el germinado se mantiene el contenido de proteína, lo cuál coincide con los reportes de (Berna, E. 1995; Chen, L. et al 1975), que afirman el ligero incremento de niveles de proteína en cereales germinados, los resultados fueron expresados en base húmeda. A su vez se puede observar que la cañihua germinada durante 48 y 72 horas se mantiene constante, el germinado por 96 horas se incrementó en 0,8%, por lo que a este tratamiento se le considera como el óptimo, cuyas comparaciones se pueden apreciar en la Figura 21. Estos resultados concuerda con lo mencionado por (Hough et al, 1971) que el grano de cañihua tiene un elevado contenido en proteínas de 15-19% y al igual que la quinua tiene una proporción

importante de aminoácidos azufrados. En términos generales la proporción de proteína en el grano aumenta con el malteo debido a la acción enzimática marcadamente proteolítica. Dentro de las enzimas proteolíticas se distinguen las proteinasas y las peptidasas. La actividad proteolítica es más intensa en las maltas que en el grano y está fuertemente ligada a la variedad.

Figura 21: Comparación de la Composición química proximal de la cañihua germinada en periodos de 48, 72 y 96 horas.



Fuente: Elaboración propia.

Durante el germinado el comportamiento del % de la grasa fue reversible a la proteína, puesto que se puede observar en el cuadro 16, que a mayor tiempo de germinación el contenido de grasa baja relativamente, el germinado por 72 horas muestra una concentración de 10%; así mismo Hough *et al*, (1971) menciona que en general, la mayor parte de los lípidos presentes en los

cereales se encuentran en el embrión y las materias grasas son parcialmente desdobladas durante el malteo lo que se traduce en un aumento de la cifra de acidez del material. Berna, (1995) reporta una disminución de 0,4%. Se ha demostrado que aproximadamente un cuarto de las materias grasas desaparece durante el malteo debido a la respiración.

En cuanto al contenido de ceniza se observa que inicialmente disminuye considerablemente de 5,8 a 2,61%, y durante el tiempo de germinado aumenta su contenido, tal como se puede ver en el cuadro 16; Hough *et al*, (1971) citado por Risi, (1984) menciona que la ceniza en los cereales representa del dos al cinco % del peso seco del grano y casi no cambia durante el malteo, las muestras analizadas se encuentran dentro de este rango. Sin embargo existe una reducción de materiales inorgánicos en el grano debido al material trasladado a la raicilla y a las pérdidas por lixiviación durante el remojo.

En el contenido de Fibra se observa una disminución, en el orden de 0,2 a 1,45%, conforme el tiempo de germinado transcurre, debido a la eliminación de la radícula durante la operación del devegetado y con relación al tiempo de germinación conforme esta transcurre mayor es la longitud de la radícula.

Y el contenido de carbohidratos se incrementa durante la germinación de 55,46% en el grano hasta rangos de 57,39 a 61,34%, esto debido a que la humedad disminuye de 7,49% a niveles de 4,9 y 5,13%, en los estudios efectuados de la cañihua por Berna (1995) menciona que los Carbohidratos disminuyen de 67,6% a 61,8%; ello debido a que el componente principal de

los carbohidratos es el almidón y durante la germinación este es hidrolizado por las enzimas amilasas degradándose en dextrinas y maltosa, entre otros como los azúcares reductores los cuales se unen a los aminoácidos libres, durante el secado, para formar las melanoidinas.

4.2.2 COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LA CAÑIHUA GERMINADA

En el Cuadro 16, se muestra el contenido de los aminoácidos de la proteína de la harina de cañihua germinada, en la que se observa la disminución en el contenido de los aminoácidos esenciales tales como: Treonina+Alanina, Valina+Metionina, Isoleucina y Fenilalanina, Según Molina (1989), ello debido a que el embrión al activarse al estado latente induce la secreción de enzimas que se difunden por todo el endospermo y después de disolver las paredes celulares, desdoblan el almidón, la proteína y los fosfatos orgánicos, logrando la degradación de las proteínas por la acción más o menos específica de los enzimas proteolíticos cuya importancia es vital. La hidrólisis de las proteínas (Polipéptidos) por la activación de los enzimas peptidasas nos dan como resultado los aminoácidos.

Durante el proceso de germinado, los aminoácidos esenciales Isoleucina, Leucina, Lisina y Tirosina presentaron aumento. La Lisina al inicio de la germinación disminuyó para luego aumentar de 1,10 a 2,90 g esto es muy importante ya que este aminoácido en los cereales es Limitante, este resultado favorece a la calidad proteica de la harina de cañihua germinada; la Leucina presentó un aumento del orden de 0,60 a 2,80g, y según Badui (1995) y Harper

(1992) junto con la Lisina son los únicos aminoácidos que no actúan como fuente de carbono para la síntesis de glucosa y son los únicos cetogénicos.

CUADRO No. 16

COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LA CAÑIHUA GRANO Y CAÑIHUA GERMINADA (POR 100 g DE PROTEÍNA)

Aminoácido	MP	G1	G2	G3	FAO (1986)	BERNA (1996)
Ac. Aspártico	2,00	1,80	4,00	3,60	9,62	2,00
Ac. Glutámico	9,90	14,20	17,80	19,50	12,74	4,90
Serina	6,30	5,70	7,40	6,40	7,65	5,70
Glicina	21,40	19,60	15,00	10,40	3,31	15,50
Histidina	3,40	4,20	3,90	5,80	2,43	2,40
Treonina*+Alanina*	20,70	25,30	17,30	15,20	1,04	20,80
Arginina	7,80	12,10	12,30	8,20	6,10	5,60
Prolina	3,10	6,90	5,30	5,20	4,16	6,30
Tirosina*	2,50	1,60	2,30	7,50	4,16	2,90
Valina*+Metionina*	13,80	2,50	5,00	5,20	10,21	9,10
Isoleucina*	0,50	0,40	1,30	0,10	6,29	6,40
Leucina*	0,60	1,00	2,80	0,90	8,82	11,10
Fenilalanina*	2,60	1,30	1,30	1,90	5,73	3,40
Lisina*	2,90	1,10	0,80	2,90	5,49	6,40

Fuente: Elaboración propia.

Los aminoácidos que presentan un decrecimiento son la Treonina + Alanina, Valina+Metionina y Fenilalanina. La primera de 20,7g hasta niveles de 15,2g, ello debido a que el producto final de su degradación es la glucosa. En el caso de la Valina+Metionina de 8,0 hasta 2,5g, disminución que ha podido deberse, a que este aminoácido es sintetizado por medio de reacciones que las llevan a cabo el mismo grupo de enzimas, cabe señalar que la metodología impide determinar si es uno o ambos los aminoácidos que disminuyen para así establecer si favorece o no el proceso de germinación la disponibilidad de Metionina. La Fenilalanina, aminoácido aromático que disminuyó de 2,6 a 1,3g,

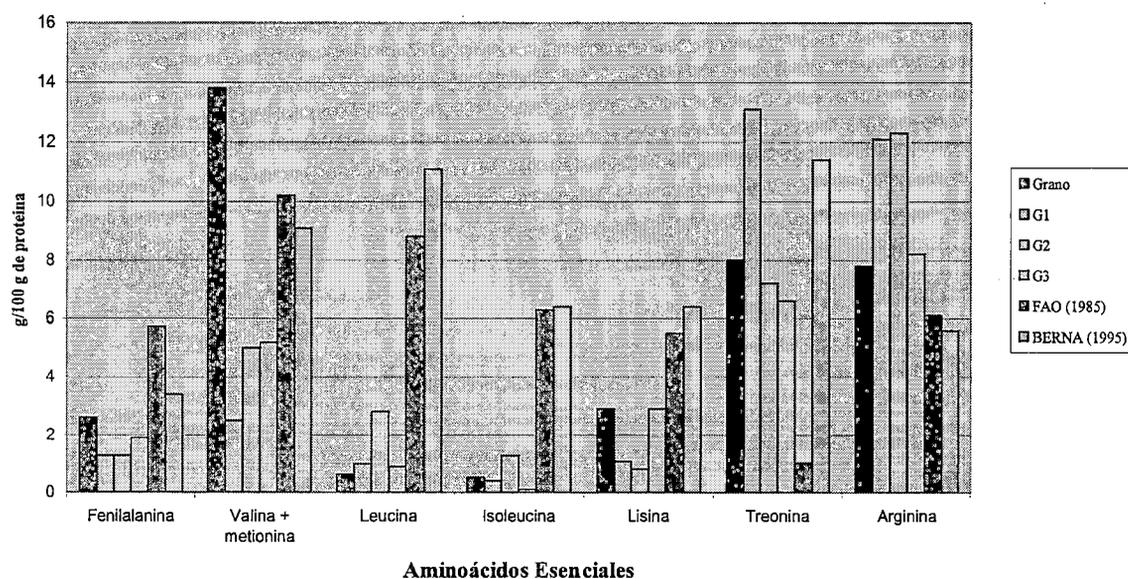
durante la germinación, debido a que en su mayor parte se transforma por medio de hidroxilación en Tirosina.

Durante la germinación, se da una serie de reacciones Bioquímicas, como la transaminación (Badui, 1995 y Harper 1992) debido a la presencia del enzima llamado transaminasa, durante esta reacción algunos aminoácidos pueden producirse como resultado de una transferencia de grupos aminos de un tipo de molécula a otro. Es probable que paralelamente a estas reacciones se de la indisponibilidad de aminoácidos debido a la reacción de Maillard, durante el secado de los granos germinados.

En el Cuadro 16 y la Figura 22 se muestra la comparación de los aminoácidos con la FAO (1985) y los de Berna (1995), donde se observa respecto a la primera los resultados de investigación presentan valores menores no muy significativos en los aminoácidos Fenilalanina, Lisina, Valina+Metionina, Isoleucina y Leucina, sin embargo en el resto de aminoácidos esenciales como en los no esenciales se cumple con lo establecido por esta entidad.

La cañihua germinada por 96 horas (G3) es considerada como el mejor tratamiento, puesto que muestra mejores valores en Tirosina, Valina + metionina, fenilalanina y Lisina. Cabe señalar que el geminado durante 72 horas presenta valores rescatables en los aminoácidos Treonina+Alanina, Isoleucina y Leucina.

Figura 22: Comparación de aminoácidos en estudio con la FAO.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 COMPOSICIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DE LA CAÑIHUA GERMINADA

En el Cuadro 17, se muestra los resultados del análisis de azúcares reductores de la cañihua germinada.

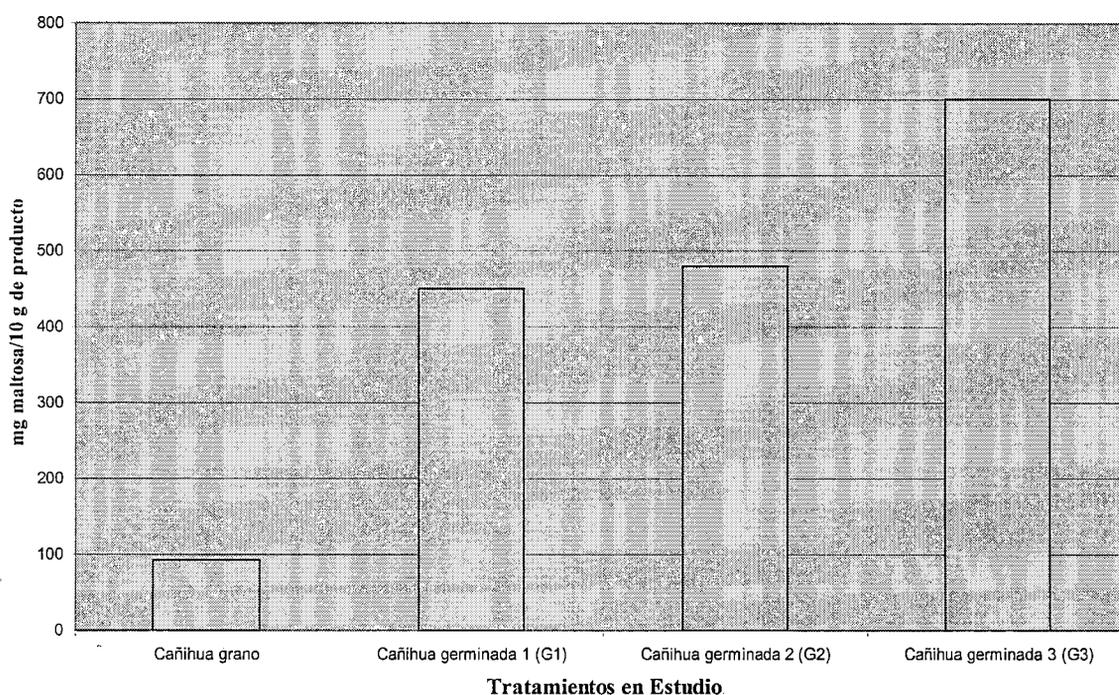
CUADRO No. 17
COMPOSICIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES DE LA CAÑIHUA GERMINADA

Producto	Azúcares reductores	
	mg maltosa /10g del producto	%
Cañihua grano	92	0,92
Cañihua germinada 1 (G1)	450	4,50
Cañihua germinada 2 (G2)	480	4,80
Cañihua germinada 3 (G3)	700	7,00

Fuente: Elaboración propia.

Durante la germinación de la cañihua se incremento considerablemente el contenido de azúcares reductores, de 92 mg de maltosa (grano) a 450, 480 y 700 mg de maltosa/ 10 g de producto, lo cuál concuerda con lo mencionado por (Hough et al, 1971, citado por Valdez, J. 1994 & Nieto, 1984) el aumento de los azúcares se da debido a que durante el proceso de germinación aumenta la hidrólisis de las reservas de los polisacáridos, y disminuye al ser consumida por las partes vivas (respiración), siendo los cambios dependientes del proceso de malteado. La comparación de los incrementos de la maltosa respecto al grano se observan en la Figura 23, la cuál se debe (Grosch, 1992 y Primo, 1995) a que durante la germinación el almidón se degrada dando lugar al incremento considerable de azúcares libres como son la glucosa y la maltosa.

Figura 23: Comparación de Azúcares reductores de la cañihua germinada en periodos de 48, 72 y 96 horas.



Fuente: Elaboración propia.

4.3 CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA

4.3.1 COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA

En el Cuadro 18, se presenta los resultados del análisis químico proximal de la cañihua germinada extruida de la variedad cupi. En donde se puede observar que:

En cuanto al contenido de **humedad** de los extruidos se hallan en un intervalo de 4,74 a 7,06%, los cuales están dentro de lo establecido por las Normas Técnicas Peruanas (N.T.P.) 209.226 permitidos para productos snacks, en donde indica que no debe ser superior al 7%, a su vez en investigaciones estudiadas por Segura (1999), Luque y Chaiña (2002) y por Incahuanaco (2003) sobre Cocción por Extrusión los niveles de humedad disminuyen considerablemente hasta en un 7%, lo que concuerda con la presente investigación.

CUADRO No. 18

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA (POR 100 g DE PROTEÍNA)

Producto	Humedad	Grasa	Proteínas	Cenizas	Fibra	CHO'S	Kcal *
Cañihua	10.2	6.34	16.9	5.8	5.3	55.46	346.50
Cañihua germ. ext. 1 (E1)	7.06	9.63	16.6	3.27	6.02	57.42	382.75
Cañihua germ. ext. 2 (E2)	5.21	9.07	17.1	2.93	4.49	61.20	394.83
Cañihua germ. ext. 3 (E3)	4.74	9.68	18.00	3.45	4.49	59.64	397.68

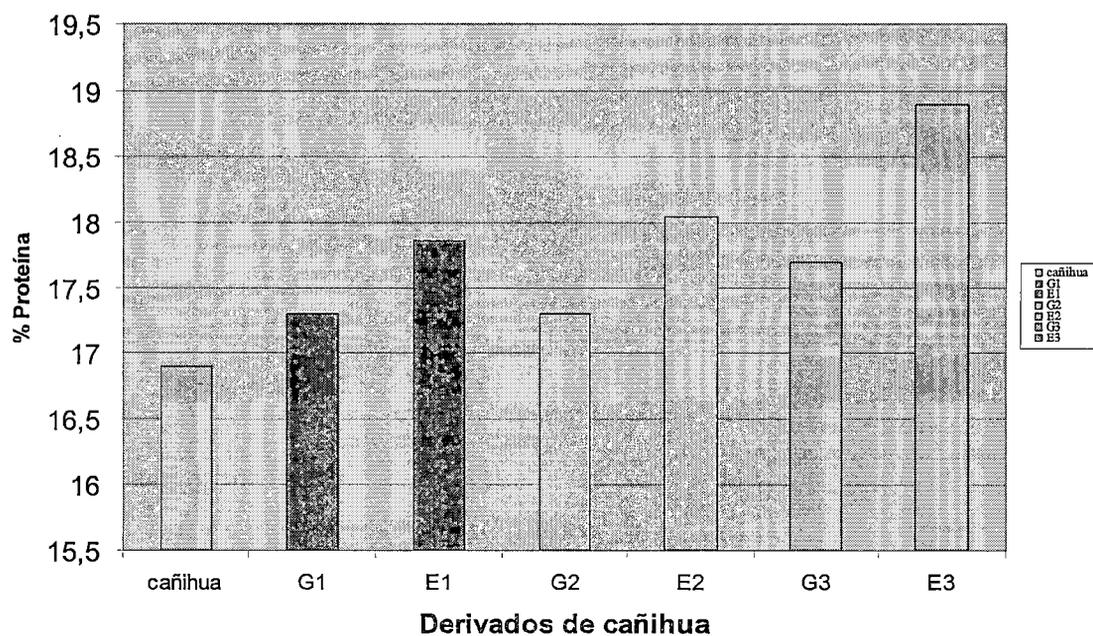
Fuente: Elaboración propia.

(*): No es parte de composición químico proximal.

En cuanto al contenido de **proteína** la cañihua germinada extruida muestra un favorable y ligero aumento, comparando con los granos de cañihua y granos germinados de 16,90%, 17,3% y 17,7% de proteína relativamente aumenta hasta 18.00 % ello debido al efecto de extrusión, lo que nos indica que al utilizar productos de alto valor proteico en procesos de extrusión (HTST) los porcentajes de proteínas se incrementan, comparaciones que se muestran en la Figura 24. A su vez los tres tratamientos se encuentran dentro de lo establecido por el *Codex Alimentarius* (1985), que indica que el contenido proteico es de 8%; así mismo Segura (1999), Luque y Chaiña (2002) e Incahuanaco (2003) en investigaciones reportan incrementos del porcentaje de proteínas lo que concuerda con la presente investigación. Por otro lado Bjorck y Asp, (1983) mencionan que el tratamiento térmico de proteínas vegetales generalmente mejora su digestibilidad debido a la inactivación de inhibidores de proteasas y otras sustancias antifisiológicas; sin embargo la disponibilidad de los aminoácidos puede verse afectada a través de mecanismos de oxidación y reacción de Maillard.

Durante el germinado el comportamiento del contenido de la **grasa** en la cañihua germinada extruida se incrementó en un promedio de 3% respecto al grano, pero respecto a la cañihua germinada (Cuadro 15) los tres tratamientos disminuyen ligeramente; lo cual concuerda con lo reportado por Segura (1999) Luque y Chaiña (2002) e Incahuanaco (2003) ya que en los dos primeros el contenido de grasa se mantiene estable y en el último esta disminuye. Así mismo Bjorck y Asp, (1983) menciona que la estabilidad de las grasas en harina disminuye con el incremento de la temperatura de extrusión.

Figura 24: Comparación Proteica de los granos de cañihua y sus derivados.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al contenido de **cenizas** se observa que se encuentra dentro del rango de 2,93% a 3,45%, los que se encuentran por debajo del 4% que es el máximo permitido en la N.T.P. 209.226.

Los **carbohidratos** durante la cocción por extrusión se mantienen relativamente estables, cuyos valores oscilan en un rango de 57,42 a 59,64%, valores inferiores a lo indicado por el *Codex Alimentarius* (1985) 78% para productos tipo snacks.

4.3.2 COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA

En el Cuadro 19, se muestra la composición de aminoácidos de la cañihua germinada y extruída y el incremento, disminución o estabilidad de los aminoácidos esenciales respecto a la cañihua germinada, en donde se puede observar que existen ligeras variaciones de los aminoácidos por efecto de la cocción extrusión.

CUADRO No. 19
COMPOSICIÓN DE AMINOÁCIDOS DE LA CAÑIHUA GERMINADA EXTRUIDA (POR 100 g DE PROTEÍNA)

AMINOACIDO	E1		E2		E3	
Ac. Aspártico	5.3		3.2		0.8	
Ac. Glutámico	10.3		10.1		12.0	
Serina	7.2		7.0		5.9	
Glicina	18.5		17.2		25.6	
Histidina	6.4		7.0		3.3	
Treonina*+Alanina*	17.5	↓	16.8	↓	16.5	↑
Arginina	8.3	↓	11.1	↓	13.0	↑
Prolina	4.3		5.4		8.1	
Tirosina*	3.9	↑	2.7	↑	0.4	↓
Valina*+Metionina*	10.4	↑	7.8	↑	1.0	↓
Isoleucina*	0.6	↑	1.3	=	0.8	↑
Leucina*	0.5	↓	3.3	↑	2.6	↑
Fenilalanina*	1.3	=	2.4	↑	3.8	↑
Lisina*	2.5	↑	2.1	↑	3.1	↑

Fuente: Elaboración propia.

↓: disminuye respecto a la composición de aminoácidos de cañihua germinada.

↑: incrementa respecto a la composición de aminoácidos de cañihua germinada.

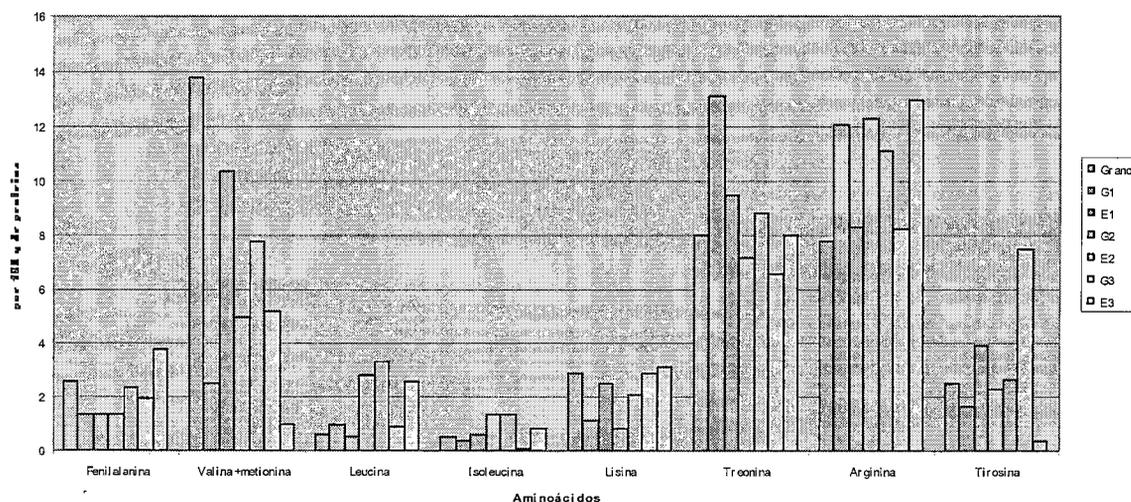
=: se mantiene estable respecto a la composición de aminoácidos de cañihua germinada.

Del perfil de aminoácidos mostrado en el Cuadro 19 y en la Figura 25 podemos deducir que hay ligeras variaciones, en algunos aminoácidos se puede apreciar que incrementa en su contenido y en otros disminuye.

En el germinado por 48 horas resultaron sensibles al tratamiento térmico los siguientes aminoácidos esenciales: **treonina+alanina, arginina y leucina**; en el germinado por 72 horas resultó sensible al tratamiento térmico la **treonina+alanina y arginina** y en el germinado por 96 horas resultaron sensibles la **tirosina y valina + metionina**; de lo que se puede deducir que el tiempo de germinado influye en la composición final de aminoácidos cuando la cañihua germinada es sometida a tratamiento térmico, asimismo Baltazar (2002) encontró que al extruir frijol existen pérdidas de aminoácidos esenciales, al igual que en la presente investigación; las ganancias de aminoácidos se deben a la concentración de la humedad del germinado de cañihua y las pérdidas al sometimiento a un tratamiento HTST (Altas Temperaturas Cortos Tiempos) y la permanencia del producto en el cilindro o barril. Cisneros (2000) mencionado por Baltazar (2002) menciona que las pérdidas aminoacídicas dependen del tipo de tratamiento térmico a la que es sometido el material y de la severidad y del tiempo del tratamiento térmico.

Se concluye que el tratamiento E2 es tolerante al tratamiento térmico (cocción extrusión) sometido y que cumple con los requisitos establecidos por las Normas Técnicas Peruanas y el *Codex Alimentarius*, por lo que es considerado como el mejor tratamiento.

Figura 25: Comparación de aminoácidos esenciales de la cañihua y sus derivados.



Fuente: Elaboración propia.

4.4 DE LA EVALUACION DE LAS DONAS

4.4.1 DETERMINACION PROTEICA DE LAS MEZCLAS PARA LA ELABORACION DE DONAS

En el Cuadro 20, se muestra el contenido proteico de las cinco mezclas planteadas para la elaboración de las donas, para cuyos cálculos se consideró el contenido proteico de la muestra E2 cuyo valor fue 17,1%, y para la harina de trigo se consideró, los valores reportados por Collazos (1996) el cual fue de 10,5%. En este Cuadro se puede observar que a mayor proporción o sustitución de harina de cañihua germinada extruida el contenido proteico de la mezcla es mayor, lo que se puede contrastar en la Figura 26, ello debido a que la cañihua germinada extruida presenta mayor contenido de proteínas, a su vez los cinco tratamientos cumplen con lo recomendado por la FAO/OMS/UNU (1985) quienes indican que el requerimiento mínimo es de 8%.

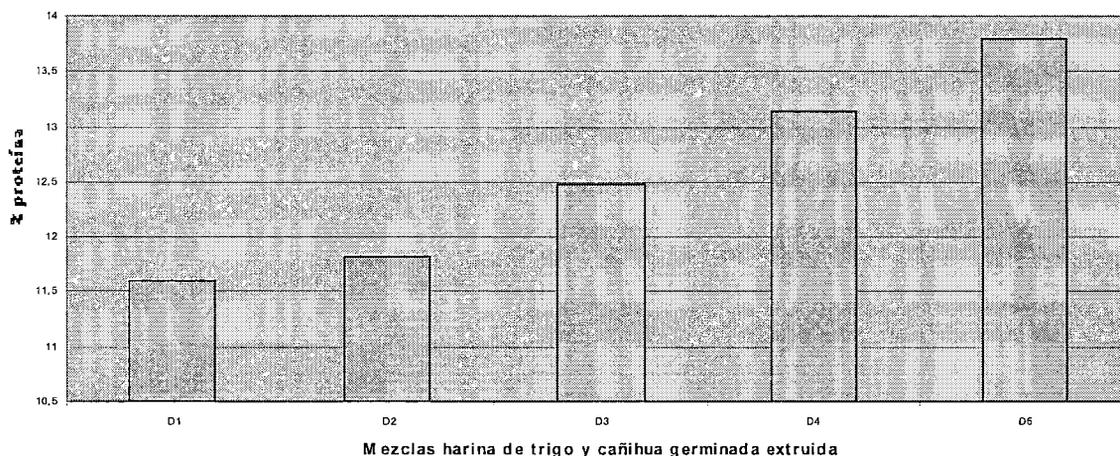
CUADRO No. 20

CONTENIDO PROTEICO DE LAS MEZCLAS

ALIMENTO	Qdad (g)	Pt. (g)	Qdad (g)	Pt. (g)	Qdad (g)	Pt. (g)	Qdad (g)	Pt. (g)	Qdad (g)	Pt. (g)
Cañihua extruida	10	1,71	20	3,42	30	5,13	40	6,84	50	8,55
Harina de trigo	90	9,45	80	8,4	70	7,35	60	6,3	50	5,25
Totales	100	11,16	100	11,82	100	12,48	100	13,14	100	13,8

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Comparación Proteica de las mezclas para la elaboración de donas.



Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 COMPOSICION QUIMICO PROXIMAL DE LAS DONAS

En el Cuadro 21 se muestra la composición químico proximal de las donas.

En cuanto al contenido de *humedad*, las donas se encuentran en un intervalo de 3,37 a 5,17%, valores que están dentro de lo establecido por la FAO/OMS/UNU (1985) para productos estables, en donde indica que no debe ser superior al 5%.

CUADRO No. 21

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE DONAS (EN 100g DE MUESTRA)

Componentes	D1	D2	D3	D4	D5
Humedad	3.37	4.25	3.99	3.72	5.17
Ceniza	1.90	2.03	2.17	2.25	1.99
Proteína	9.44	9.17	9.70	9.77	9.55
Grasa	23.26	25.06	23.63	23.51	24.19
Fibra	2.15	1.64	1.90	1.58	3.67
Carbohidratos	59.88	57.85	58.61	59.17	55.43
Energía (Kcal *)	486.62	493.62	485.91	487.35	477.63

Fuente: Elaboración propia.

(*): No es parte de composición químico proximal.

En cuanto al contenido de **proteína** las donas durante su procesamiento presentan disminuciones relativamente bajas con respecto a la composición proteica mostrado en el acápite 4.4.1, debido al tratamiento térmico a la que se le sometió durante el horneado, sin embargo los valores mostrados en el Cuadro 21 se encuentran dentro de lo establecido por la FAO/OMS/UNU (1985).

El contenido de la **grasa** de las donas estables se hallan dentro de lo establecido por la FAO/OMS/UNU (1985) y en cuanto al contenido de **cenizas** se observa que se encuentra dentro de los establecido por INDECOPI (1981) donde establece que el porcentaje máximo es de 3%.

Los carbohidratos se ven influenciados por los demás componentes, es así que este componente, tiende a reducirse paulatinamente conforme se sustituye la harina de cañihua germinado extruida.

4.4.3 DE LA EVALUACION SENSORIAL DE LAS DONAS

COLOR.- Dado que el valor F calculado es mayor que el F tabulado mostrado en el Anexo III.1 se llega a la conclusión de que existen diferencias altamente significativas entre los cinco tratamientos. En la prueba de tukey mostrado a continuación, en base a los resultados experimentales podemos decir que existen cuatro grupos con resultados de diferencia de tratamientos similares; el grupo de los de mayor valor, de estos es el que posee aceptación superiores es el tratamiento tres. Por tanto se recomienda el tratamiento tres, por presentar una mayor aceptación en cuanto al color.

TUKEY PARA EL COLOR

TRATAMIENTOS	D1	D2	D5	D4	D3
PROMEDIO	2,67	3,03	3,33	3,8	4,13

Diagrama de líneas horizontales que muestra la agrupación de los tratamientos D1, D2, D5, D4 y D3. Una línea horizontal conecta D1 y D2. Una segunda línea horizontal conecta D2 y D5. Una tercera línea horizontal conecta D5 y D4. Una cuarta línea horizontal conecta D4 y D3. Esto indica que los tratamientos D1, D2, D5, D4 y D3 pertenecen a un mismo grupo de diferencia de tratamientos similares.

SABOR.- El valor F calculado es mayor que el F tabulado mostrado en el Anexo III.2 se llega a la conclusión de que existen diferencias altamente significativas entre los cinco tratamientos. En la prueba de tukey mostrado a continuación, en base a los resultados experimentales existen tres grupos con resultados de diferencia de tratamientos similares; sin embargo el tratamiento tres fue la que tuvo mayor aceptación, por lo tanto se recomienda esta, puesto que tiene una mayor aceptación en cuanto al sabor.

TUKEY PARA EL SABOR

TRATAMIENTOS	D1	D5	D2	D4	D3
PROMEDIO	2,97	3,03	3,3	3,7	4,1

OLOR.- El valor F calculado es mayor que el F tabulado mostrado en el Anexo III.3 por lo que se llega a la conclusión de que existe diferencias altamente significativas entre los cinco tratamientos. En la prueba de tukey mostrado a continuación, en base a los resultados experimentales existen dos grupos con resultados de diferencia de tratamientos similares; sin embargo el tratamiento tres fue significativamente mas aceptada por tener el promedio mayor.

TUKEY PARA EL OLOR

TRATAMIENTOS	D5	D1	D4	D2	D3
PROMEDIO	2,77	3,33	3,37	3,4	3,83

CROCANTES.- El valor F calculado es menor que el F tabulado mostrado en el Anexo III.4 por lo que se llega a la conclusión de que no existe diferencias significativas entre los cinco tratamientos, se podría decir de que estadísticamente los cinco tratamientos tienen las mismas características para la crocantes.

En conclusión de la Evaluación sensorial se concluye que el tratamiento tres (D3) es la más recomendable por presentar los promedios más elevados en

cuanto a color, sabor, olor y crocantes; a su vez en cuanto a su composición químico proximal se halla dentro de los rangos establecidos por la FAO/OMS/UNU (1985) E INDECOPI (1981).

CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados, llegamos a las siguientes conclusiones:

1.- El tiempo óptimo para el germinado de cañihua de la variedad cupi fue de 96 horas. Durante este proceso se incrementa los siguientes aminoácidos esenciales: Tirosina, Valina+ Metionina, Leucina, Fenilalanina y Lisina; y disminuyen: Treonina+ Alanina e Isoleucina.

2.- En la extrusión de la cañihua germinada el tratamiento con mejor resultado fue la cañihua germinada por 72 horas, se mantienen estables y se incrementan los siguientes aminoácidos esenciales: Tirosina, Valina+ Metionina, Isoleucina, Leucina, Fenilalanina y Lisina; y disminuyen: Treonina+ Alanina.

3.- En las Donas la mezcla con un 30% de sustitución de harina de cañihua germinada extruida es la que presenta mejores características químico proximales y sensoriales.

RECOMENDACIONES

- 1.- Efectuar estudios sobre los tiempos de germinación de diferentes variedades de cañihua y de otros cultivos andinos olvidados.
- 2.- Realizar estudios sobre la caracterización del devegetado del germinado de la cañihua.
- 3.- Con la cañihua germinada estudiada, se podría efectuar estudios suministrando dietas adecuadas a niños pequeños, teniendo en cuenta un adecuado balance de nutrientes y energía que permita su normal desarrollo, sin descuidar la aceptación de las dietas propuestas.

BIBLIOGRAFIA

Alcázar, J. (2002). "Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias". Editorial cibercopy. Cusco – Perú.

Apró, et al (2001). INTI-CEMPAM-CEIGRA Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Centro Regional Pampeano y Centro de Investigación de Tecnología de Industrialización de Granos. BS. AS. Argentina.

A.O.A.C. (1980). Official Methods of Analysis of the Association of the Official Agriculture Chemist. Ed. Boar.

A.O.A.C. (1984). Official Methods of Analysis of the Association of the Official Agriculture Chemist. Ed. Boar.

Badui, S. (1995). "Química de los alimentos". Editorial Alambra Mexicana, S.A. de C.V. Col. del valle - México.

Baltazar, G.B. (2002). "Efecto del tratamiento térmico de la extrusión sobre la calidad proteica del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*) del tipo panamito". Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Barceló, et al (2001). "Fisiología Vegetal". Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S.A.). Madrid-España.

Bengoa, G. M. (1981). "Elaboración de sopas deshidratadas a partir de arroz (*Orizae sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y frijol castilla (*Vigna sinensis*)". Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Baxter, E. y Hughes, P. S. (2004). "Cerveza Calidad, Higiene y características nutricionales". Editorial Acribia. Zaragoza – España.

Berna, E.B. (1995): "Obtención y caracterización de harinas a partir de germinados de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y Lenteja (*Lens culinaris*)". Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

Bjorck, I. y Asp, N. G. (1983). "The effects of Extrusion Cooking on Nutrition Value-A Literature Review". *Journal of Food Engineering*. 281-303 pp.

Codex Alimentarius, (1985). "Directrices sobre preparados complementarios para Lactantes de más edad y niños pequeños". Vol. 4.

Coloma, A. (2000). "Elaboración de galletas a base de una mezcla de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cebada (*Hordeum vulgare* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y trigo (*Triticum vulgare* L.)". Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.

Collazos, C. (1996): "La composición de los alimentos Peruanos". 4ta. Edición. Instituto Nacional de Nutrición. Lima-Perú.

Centro Nacional de Alimentación y Nutrición/ Ministerio de Salud/ Instituto Nacional de Salud, (1993): "Tabla de Composición de los Alimentos". Lima-Perú.

Dirección sub regional de agricultura, (2005). Oficina de Estadística. Campañas Agrícolas. Puno-Perú.

FAO-OMS, (1989): "Evaluación de la calidad de las proteínas". Informe de una consulta de expertos. Bethesda, md. USA. 4-8 de Diciembre.

FAO, (2000): Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación "Manual sobre Utilización de los Cultivos Andinos Subexplotados en la Alimentación". Santiago-Chile.

FAO/OMS, (1985): "Necesidades de Energía y proteínas". Informe de una Reunión Consultiva Conjunta de Expertos. Serie de Informes Técnicos 724. Ginebra-Roma

FAO/OMS/UNU, (1985). "Necesidades de Energía y proteínas". Ginebra-Roma.

Fellows, P. (1994). "Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas". Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Fennema, O. R. (1993). "Química de los alimentos". Editorial Acribia, S.A. Zaragoza - España.

Frias, C.C. 1997: "Mujeres: tecnologías invisibles", Experiencias desde América Latina. Intermediate Technology Development. Perú.

Gómez, M. H. & Aguilera, J. M. (1983). "Changes in the Starch Fraction During Extrusion-Cooking of Corn". Journal of Food Science.

González, S. J. (1991). "Elaboración a base de cereales expandidos". Revista Industrias Alimenticias. Volumen dos. Número cinco. Colombia.

Grosch, B. (1992). "Química de los alimentos". 2º edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Harper, J. M. (1981). "Extrusion of foods". Vol I y II. Editorial CRC Press – Boca Ratón.

Harper, J. M. (1988). "Nutritional Evaluation of food processing: Effects of Extrusion Processing on Nutrients" Editorial Karmas y Harris. New York. USA.

Harper, (1992). "Bioquímica de Harper". Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V. Sonora – México.

Hernández, J. E. y León, J. (1992): "Cultivos marginados, otra perspectiva de 1492" Colección FAO: *Producción y protección vegetal N° 26* Roma, Italia.

Hornsey, I. (2003). "Elaboración de cerveza, microbiología bioquímica y tecnología". Primera edición. Editorial Acribia. Zaragoza-España

Incahuanaco, W. (2003). "Determinación de Parámetros en secado, cocción-extrusión y vida en anaquel en harina instantánea de Isaño (*Tropaeolum tuberosum* R. Et P.)". Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

INDECOPI, (1981). "Galletas" Requisitos. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Propiedad Intelectual. Lima-Perú.

Kent, N. L. (1987). "Tecnología de los cereales". Editorial Acribia. Madrid-España.

Kokini, J. (1992). "Food extrusion science and technology". Marcel Dekker Inc. The State University of New Jersey, New Brunswick. New Jersey-EE.UU.

Lescano, J. (1997): "Cultivo de Cañihua". IX Congreso Internacional de cultivos andinos "Oscar Blanco Galdos" 22-25 de Abril de 1997. Resúmenes. Curso Pre Congreso. Arariwa, CICA. Cusco-Perú.

Linko, P. (1981). "Advance in Cereal Science y Technology: temperatura Short-Time Extrusion Cooking"

Luque, O. y Chaiña, A. (2002). "Diseño, construcción y evaluación del efecto de cocción de un extrusor de bajo costo, con la mezcla alimenticia en base a Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), Cebada (*Hordeum vulgare* L.), Maíz (*Zea mays* L.), Habas (*Vicia faba*), y Soya (*Glycine soja*)". Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

Molina, J. L. (1989). "La cebada, Morfología, fisiología, genética, agronomía y usos industriales". Ediciones mundi- prensa. Madrid –España.

Mujica, A. y otros (2002): "La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Nutrición Humana del Perú". Puno-Perú.

N.T.P. 209.226. (1999) Norma Técnica Peruana. "Cereales y Menestras, maíz Amarillo duro". Lima-Perú.

Obregón, L. (1998). "Maca: Planta medicinal y nutritiva del Perú". Primera edición. Lima-Perú.

Olivares, S. et al (1994). "Necesidades nutricionales y calidad de la dieta: Manual de autoinstrucción". Universidad de Chile, Instituto de nutrición y tecnología de los alimentos.

Othón, S. S. (1996). "Química, Almacenamiento e industrialización de los cereales". Primera edición. Editorial S.A. México.

Pascual, G. y Ramos, C. (2000). "Manual de prácticas de tecnología de cereales y leguminosas". Universidad Nacional Agraria la Molina. Facultad de Industrias Alimentarias. Lima-Perú.

Pomeranz, Y. (1975). "From Barley to Beer. A Biochemical Study". Boletín de la Association of Operative Millers.

Primo, E. (1995). "Química de los Alimentos". Editorial síntesis. España.

Ranken, M. (1993). "Manual de Industrias de los Alimentos". Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Repo-Carrasco, R. (1992). "Cultivos Andinos y la Alimentación Infantil". Editorial Didí de Arteta S.A. Lima-Perú.

REPO-CARRASCO, R. (1998). "Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y de Granos Andinos". EDI-Agraria. Lima-Perú.

RISI, M.A. (1985). "Estudio de la Calidad Maltera de Variedades de Cebada nacional mediante pruebas de Micromalteo". Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

Riveros, F. H. (2000). "Formulación de puré instantáneo de papa amarilla (Solanum goniocalyx), kiwicha (Amaranthus caudatus) y leche entera para

niños en periodo de ablactancia”. Tesis. Escuela de post grado Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Segura, R. (1999). “Elaboración de una mezcla alimenticia a base de oca (*Oxalis tuberosa* Mol), Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)” .Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

Sota, B. (2003): “Determinación de la humedad adecuada en las proporciones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y maíz (*Zea mays*) expandidos por extrusión”. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

Sucari, M.L. (2003): “Determinación de humedad y presión en el proceso de expansión por explosión para dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)”. Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú.

Tapia, M.E. (2000): “Cultivos Andinos sub explotados y su aporte en la Alimentación). 2º Edición. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago-Chile.

Valdez, J.C. (1994). “Obtención de una mezcla nutritiva a base de quinua y cebada malteadas”. Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima-Perú.

Vivas, M. (1979). “Estudio técnico para la obtención de una mezcla precocida para consumo humano”. Tesis. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú.

Watts, B. M. (1992). Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Ottawa – Canadá.

http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Figuras_tema17/Figura17_10.jpg

<http://www.cocinamexicana.com.mx>. Cocina Mexicana. (fecha de consulta 22/05/2006)

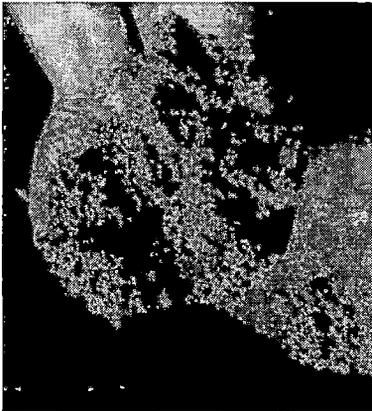
<http://www.conservaenlata.com> Centro de Información de la Conserva Enlatada CICE, 1999-2003 (fecha de consulta 18/07/2003)

ANEXOS

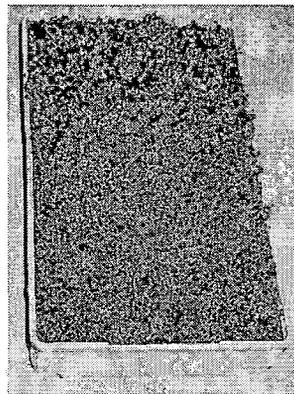
ANEXO I:

VISTAS FOTOGRAFICAS DEL PROCESO PARA LA GERMINACION,
EXTRUSION Y ELABORACION DE DONAS

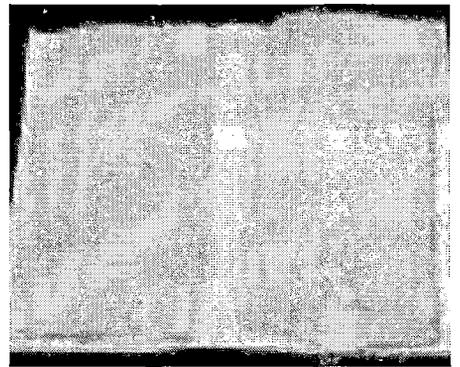
I.1 GERMINADO



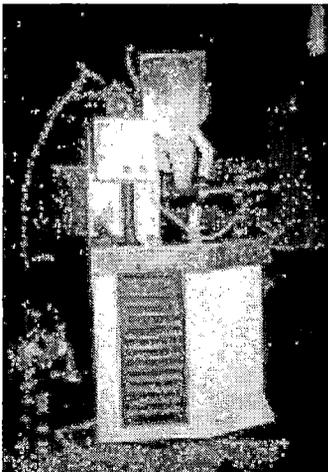
LAVADO



CAÑIHUA GERMINADA



I.2 EXTRUSION



EXTRUSOR

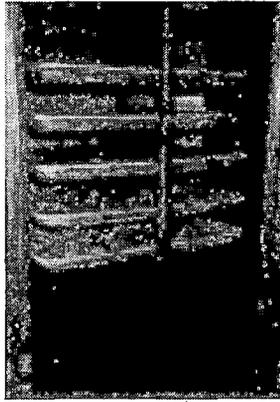


MOLINO

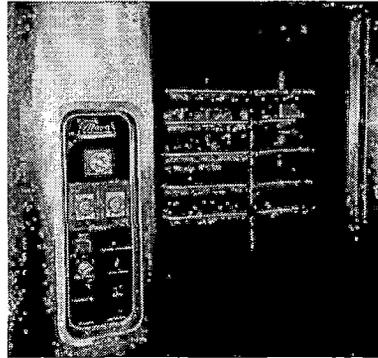


HARINA EXTRUIDA

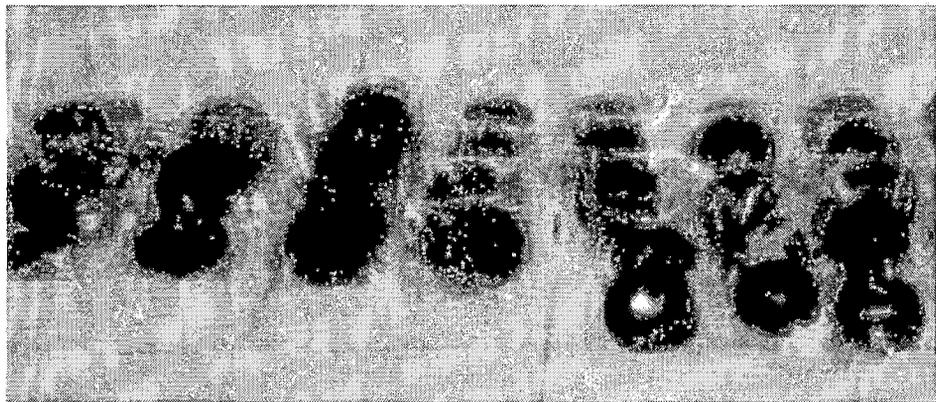
I.3 ELABORACION DE DONAS



FERMENTADO



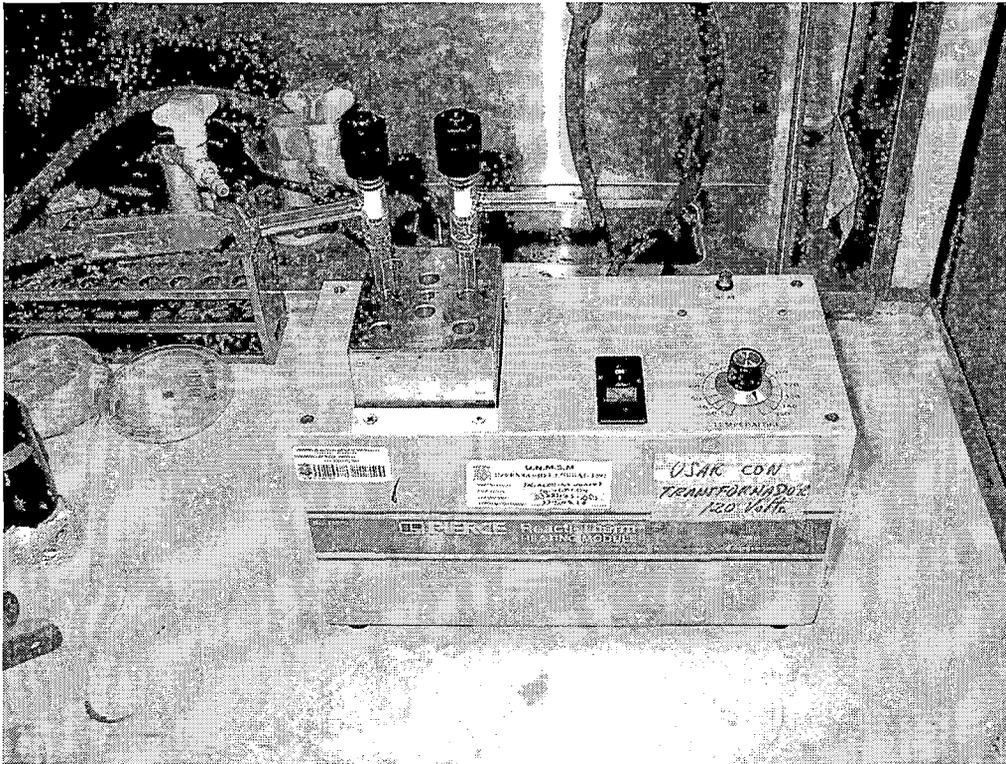
HORNEADO



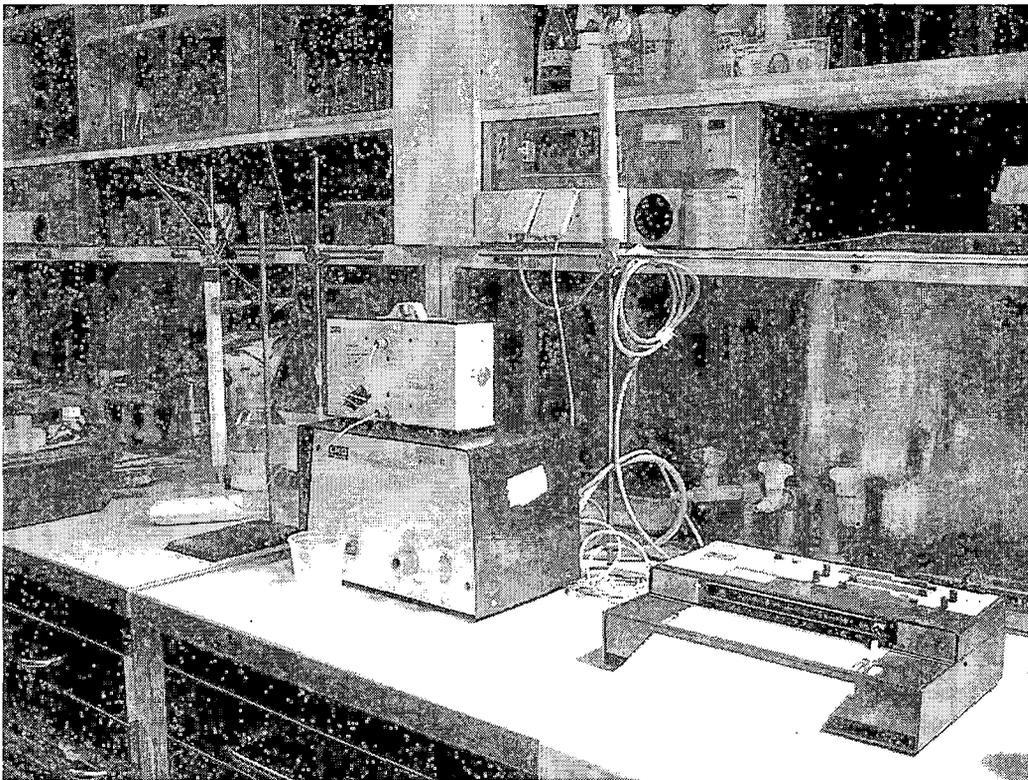
DONAS

ANEXO II:

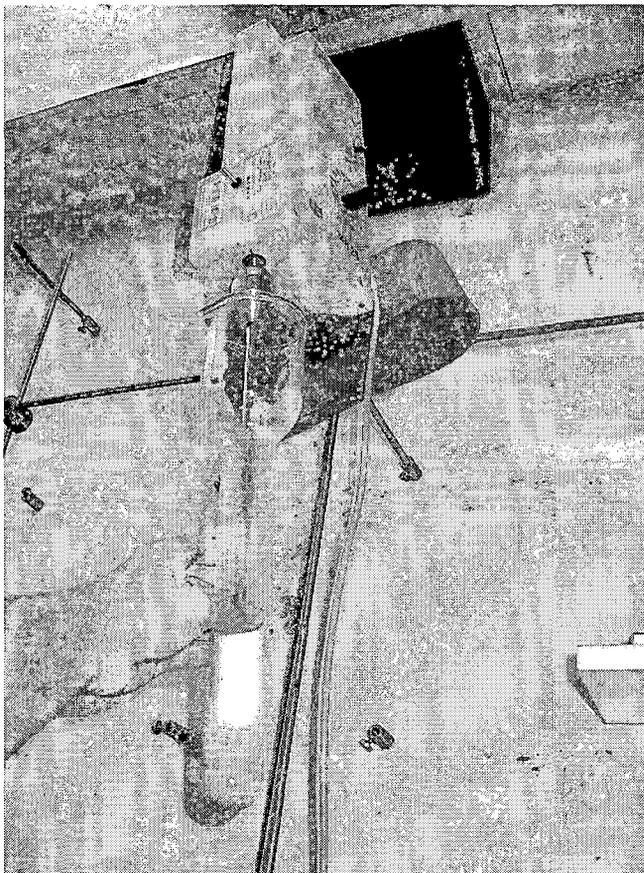
**EQUIPOS DE COMATOGRAFIA DE ALTA EFICIENCIA EQUIPO PARA
HIDROLISIS**



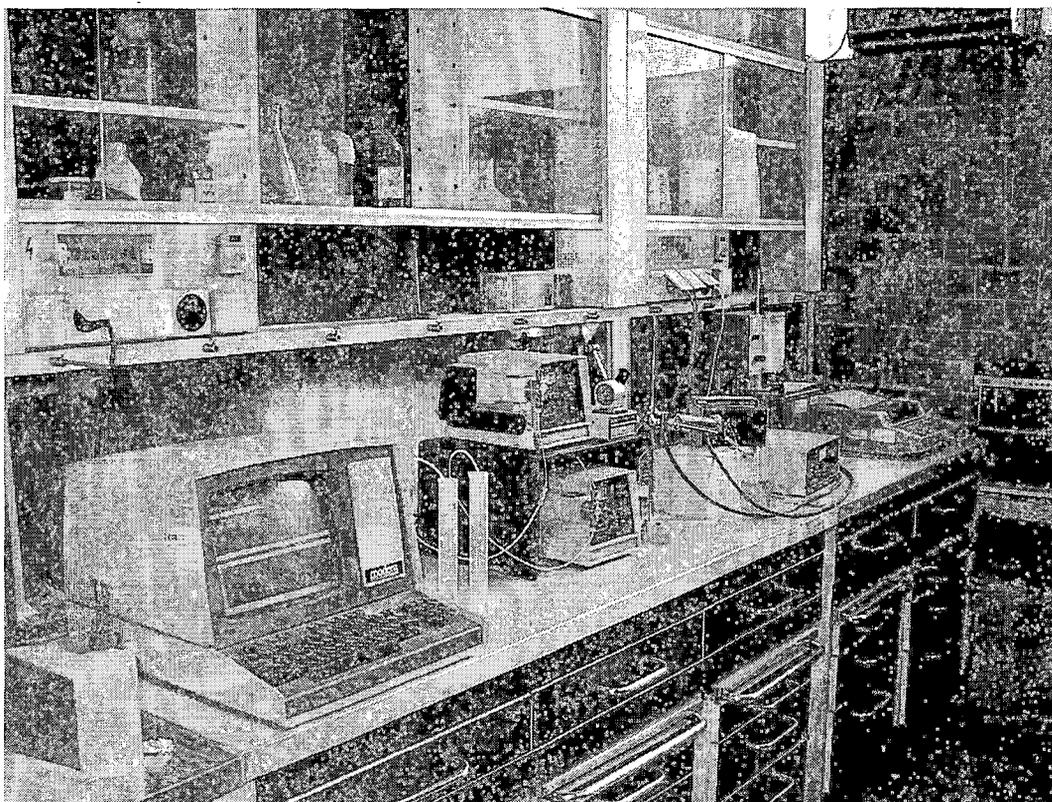
CROMATOGRAFIA GEL FILTRACIÓN



HOMOGENIZACIÓN



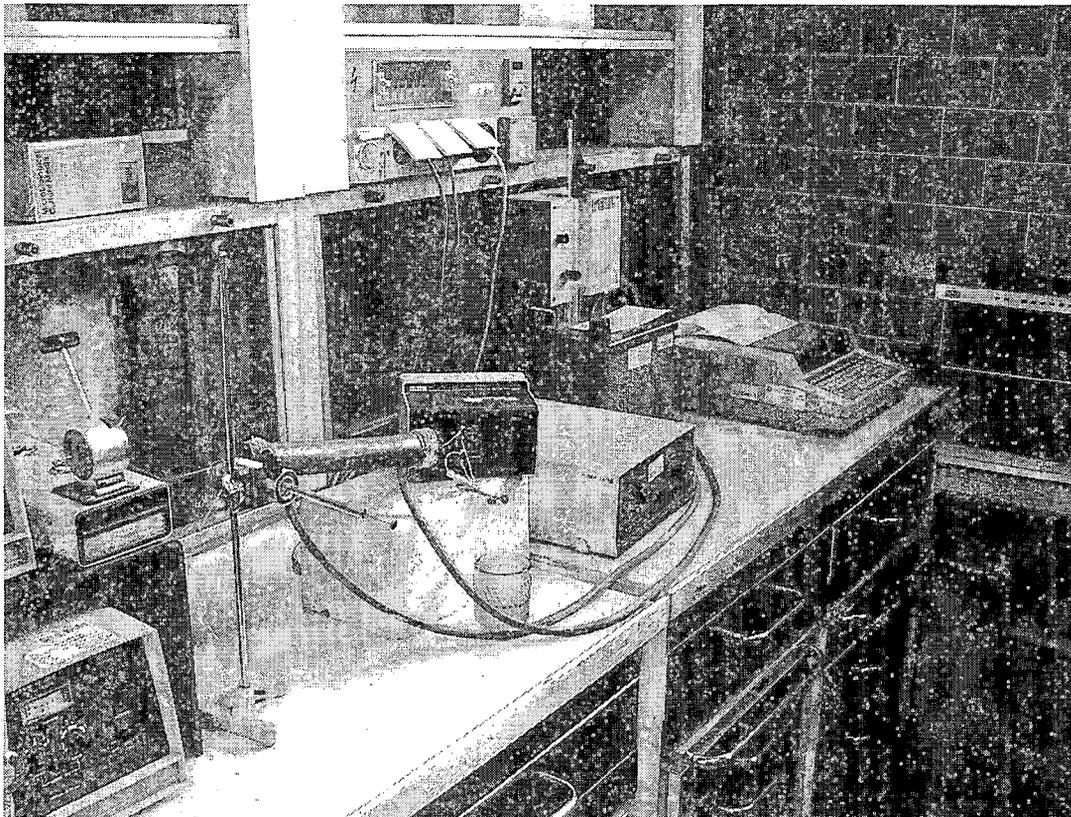
EQUIPO DE HPLC



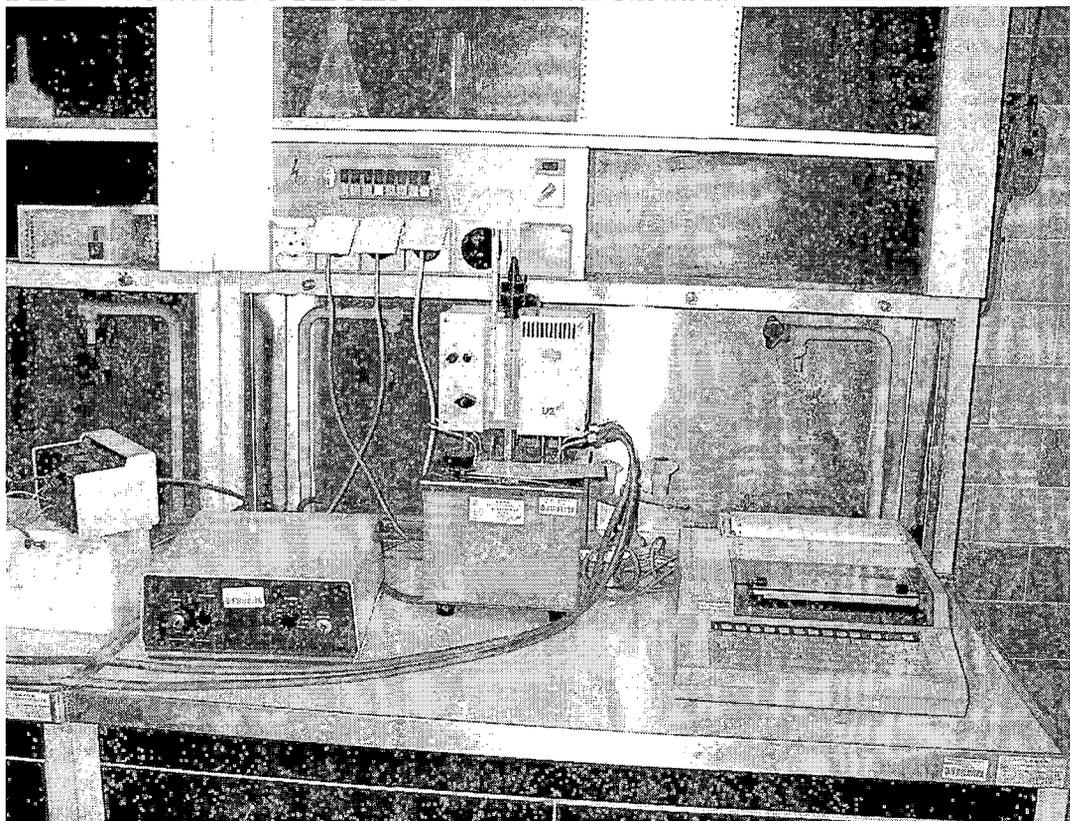
CONTROLADOR Y BOMBAS



INYECTOR COLUMNA DETECTOR



DETECTOR BAÑO RECIRCULANTE REGISTRATOS INTEGRADOR



ANEXO III:

ANEXO III.1

ANVA PARA EL COLOR

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamiento	4	41,22666	10,3066658	17,2637645	2,442	3,465	**
Error	145	86,56667	0,59701149				
Total	149	127,79333	0,85767336				

ANEXO III.2

ANVA PARA EL SABOR

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamiento	4	27,30667	6,82666667	12,4930585	2,442	3,465	**
Error	145	79,23333	0,54643678				
Total	149	106,54000	0,71503356				

ANEXO III.3

ANVA PARA EL OLOR

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamiento	4	17,29333	4,32333333	9,4457559	2,442	3,465	**
Error	145	66,36667	0,45770115				
Total	149	83,66000	0,56147651				

ANEXO III.4

ANVA PARA LA CROCANTES

Fuente de Variación	G.L.	SC	CM	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Tratamiento	4	1,29333	0,32333333	0,5422128	2,442	3,465	n.s.
Error	145	86,46667	0,59632184				
Total	149	87,76000	0,58899329				

*El amor por principio, el
orden por base, el progreso
por fin.*

Agusto C.

*El investigador que no
sabe lo que está buscando,
no comprenderá lo que
encuentra.*

Claude Bernard.