

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ALMIDONES Y HARINAS DE
DOS VARIEDADES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen)
PROCESADA PARA LA PREPARACIÓN DE HARINAS PRECOCIDAS”**

TESIS

PRESENTADA POR:

TANIA ERIKA PAURO QUILLI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PROMOCIÓN: 2016 – I

PUNO – PERÚ

2 017

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE ALMIDONES Y HARINAS DE DOS
VARIETADES DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) PROCESADA PARA LA
PREPARACIÓN DE HARINAS PRECOCIDAS"

TESIS

PRESENTADO POR:
TANIA ERIKA PAURO QUILLI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 DE DICIEMBRE DE 2 017

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:

.....

D. Sc. Rosario Edeley Ortega Barriga

PRIMER MIEMBRO

:

.....

Ing. Whany Quispe Chambi

SEGUNDO MIEMBRO

:

.....

Ing. Raul Ivon Paucara Ramos

DIRECTOR / ASESOR

:

.....

Ing. Saire Rodenfi Guerra Lima

PUNO – PERÚ

2 017

Área : Ingeniería y tecnología
Tema : Propiedades físicas y estructurales



DEDICATORIA

A Dios por iluminarme, guiarme y haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme la salud para lograr mis objetivos. Además de su infinita bondad y amor.

Con todo mi cariño y amor para las personas que me dieron la vida y creyeron en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, a ustedes por siempre mi corazón.

Papá y mamá

A todas las personas que creyó en mí, para lograr este gran objetivo y de las cuales recibí su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias y a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por haber compartido sus conocimientos y contribuir en mi formación como profesional.

Al Ing. Saire Roenfi Guerra Lima por la paciencia, por haber confiado en mí, por la orientación profesional en la planificación, ejecución y culminación de la presente tesis.

A los laboratoristas: Sr. Rufino y Sr. German por brindarme su apoyo incondicional y amistad; pero sobre todo por proporcionarme todas las facilidades necesarias en los laboratorios.

A mis amigas y compañeros de estudio, por los gratos momentos compartidos y por su valioso apoyo moral durante dos años de estudios.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
I. INTRODUCCIÓN	14
II. REVISIÓN LITERARIA	18
2.1. CAÑIHUA	18
2.1.1. Origen	19
2.1.2. Nombres comunes	20
2.1.3. Clasificación Taxonómica	21
2.1.4. Variedad	21
2.1.5. Composición química y nutricional	24
2.1.6. Almidón de Cañihua	32
2.1.7. Usos	32
2.2. ALMIDÓN	34
2.2.1. Composición química	35
2.2.2. Estructura molecular	36
2.2.3. Fuentes de almidón	39
2.2.4. Propiedades Físicas y Químicas	41
2.3. HARINAS PRECOCIDAS	50
2.3.1. Elaboración	51
2.3.2. Propiedades Físicas	52
2.4. PROCESADO	55
2.4.1. Eliminación de agua por vía térmica	55

2.4.2. Riesgos de alteración de la calidad del producto.....	55
2.4.3. Tostado.....	58
2.4.4. Laminado.....	60
2.4.5. Ebullición	61
III. MATERIALES Y MÉTODOS	63
3.1.LUGAR EJECUCIÓN.....	63
3.2.MATERIALES Y EQUIPOS.	63
3.2.1. Material biológico.	63
3.2.2. Materiales.....	63
3.2.3. Equipos.	64
3.2.4. Software	65
3.2.5. Reactivos.....	65
3.3.METODOLOGÍA DE ANÁLISIS	65
3.3.1. Análisis químico proximal de la cañihua	65
3.3.2. Análisis químico proximal de harinas procesadas de cañihua.....	65
3.3.3. Análisis de propiedades físicas del almidón	66
3.3.4. Análisis de propiedades físicas de harinas precocidas de cañihua ...	69
3.4.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	70
3.4.1. Análisis de las dos variedades de cañihua	70
3.4.2. Extracción de almidón	71
3.4.3. Procesado de Harinas precocidas de cañihua mediante tres formas: ebullición-secado-molido, tostado-molido y laminado-molido.....	74
3.5.DISEÑO ESTADÍSTICO	77
3.5.1. Análisis químico proximal de la cañihua	77
3.5.2. Análisis de propiedades físicas del almidón	77
3.5.3. Análisis químico proximal de las harinas de cañihua procesadas	77
3.5.4. Análisis de las propiedades físicas de harina de cañihua.....	79

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	82
4.1.COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA CAÑIHUA.....	82
4.2.PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN DE CAÑIHUA.....	85
4.2.1. Rendimiento del almidón de cañihua.....	85
4.2.2. Granulometría (Distribución de Tamaño de Partículas).....	87
4.2.3. Índice de Tamaño de Partícula (ITP)	89
4.2.4. Color del almidón.....	90
4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE HARINAS PROCESADAS DE CAÑIHUA.....	93
4.4.PROPIEDADES FÍSICAS DE HARINAS PROCESADAS DE CAÑIHUA ...	97
4.4.1. Índice de Absorción de Agua (IAA).....	97
4.4.2. Índice de Solubilidad de Agua (ISA)	100
4.4.3. Poder de Hinchamiento (PH).....	103
CONCLUSIONES.....	108
RECOMEDACIONES.....	109
REFERENCIAS.....	110
ANEXOS	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cañihua variedad Cupi (Apaza, 2010).....	23
Figura 2. Cañihua variedad Ramis (Apaza, 2010).....	23
Figura 3. Cañihua variedad Illpa INIA 406 (Apaza, 2010).	24
Figura 4. Modelo estructural para el gránulo de almidón (Blanshard & Bowler, 1987).	35
Figura 5. Esquema de la amilosa (Aspinal, 1983).	36
Figura 6. Esquema de la amilopectina (Aspinal, 1983).	37
Figura 7. Representación esquemática de cambios de gránulos de almidón (López, 1994).	44
Figura 8. Esquema simplificado de la gelatinización del almidón (Danone, 2003).	46
Figura 9. Tamices vibratorios de diferentes números.....	67
Figura 10. Escala cromática L, a, b (Telmo, 2 017).	69
Figura 11. Extracción de almidón (Arzapalo, et al., 2015).	73
Figura 12. Procesado de harinas precocidas de cañihua.....	76
Figura 13. Rendimiento de almidón de dos variedades de Cañihua.	86
Figura 14. Distribución de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.....	88
Figura 15. Índice de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.....	90
Figura 16. Gráfica de color CIELab del almidón de dos variedades de cañihua.	92
Figura 17. Composición química de las harinas procesadas de dos variedades de Cañihua.....	95
Figura 18. Índice de Absorción de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.	98
Figura 19. Índice se Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.	101

Figura 20. Poder de hinchamiento de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua..... 105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de granos andinos (g / 100 g de materia seca)...	25
Tabla 2. Composición química de granos procesados de cañihua (g/100g de materia seca).....	25
Tabla 3. Composición química de tres variedades de cañihua (g/100g de materia seca).....	26
Tabla 4. Contenido de azúcares de los granos andinos (g / 100 g de materia seca).....	29
Tabla 5. Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (fdt) en Cañihua.	30
Tabla 6. Contenido de minerales en Quinoa y Cañihua (mg/100 g de materia seca).....	31
Tabla 7. Características de los gránulos de almidón de algunos alimentos.....	40
Tabla 8. Propiedades de los componentes del almidón en los alimentos.....	42
Tabla 9. Espacio de color tridimensional CIELAB (L*, a* y b*).....	48
Tabla 10. Efectos del tratamiento térmico sobre los principales compuestos nutricionales.	57
Tabla 11. Tamaño de abertura de acuerdo al número de malla (mesh).	67
Tabla 12. Factor de número de malla.	68
Tabla 13. Esquema de recolección de datos.	78
Tabla 14. Esquema de recolección de datos.	81
Tabla 15. Composición química proximal de granos de dos variedades de cañihua en %.	82
Tabla 16. Rendimiento de Almidón de dos variedades de Cañihua.....	85
Tabla 17. Distribución de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.....	87
Tabla 18. Índice de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.....	89

Tabla 19. Color del almidón de dos variedades de cañihua.	90
Tabla 20. Composición química proximal de harinas procesadas de dos variedades de Cañihua.	93
Tabla 21. Índice de Absorción de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.	97
Tabla 22. Índice de Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.	100
Tabla 23. Poder de Hinchamiento de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.	103

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

%	: Porcentaje
%b.s.	: Porcentaje en base seca
°C	: Grados Celsius
ANVA	: Análisis de varianza
C*	: Croma
DBCA	: Diseño Bloque Completo al Azar
DCA	: Diseño Completamente al Azar
DTP	: Distribución de Tamaño de Partícula
FDT	: Fibra dietética Total
FN ₀ M	: Factor de número de malla.
g	: Gramos
h	: Hora
IAA	: Índice de Absorción de Agua
ISA	: Índice de Solubilidad de Agua
ITP	: Índice de Tamaño de Partícula
L*	: Luminosidad

M : Molar

m.s.n.m. : Metros sobre el nivel del mar

mg : Miligramos

ml : Mililitros

mm : Milímetro

N : Normal

PH : Poder de Hinchamiento

rpm : Revoluciones por minuto

t/ha : Toneladas por hectárea

Tg : Temperatura de gelatinización

μm : Microgramos

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación, fue evaluar el comportamiento de harinas de dos variedades de cañihua procesadas de tres formas: 1° ebullición-secado - molienda, 2° tostado - molienda y 3° laminado – cocción - molienda, considerando el contenido de almidón de cada variedad. Primero se evaluó el rendimiento y las propiedades físicas: Distribución de Tamaño de Partícula (D.T.P.), Índice de Tamaño de Partícula (I.T.P.) y color. En la variedad Cupi se obtuvo un rendimiento de 49.31 %, con un I.T.P. de 108.22, y una D.T.P. de 82.48 % en 0.150 mm de tamaño de partícula; mientras que en Illpa INIA fue de 45.32 %, 107.55 y 84.26 % respectivamente; y los valores de las coordenadas colorimétricas CIELAB de las muestras fueron L*22.62, a*18.63 y b*19.30 hasta L*30.03, a*21.13 y b*29.73. Luego se realizó el procesado de los granos de las dos variedades de cañihua, para su posterior transformación en harinas, donde se evaluó las propiedades físicas: Índice de Absorción de Agua (IAA), Índice de Solubilidad de Agua (ISA) y Poder de Hinchamiento (PH) a diferentes tamaños de partícula; obteniéndose mayores valores en el proceso de tostado, variedad Cupi y tamaño de partícula 0,106 mm que fueron 4.10 %, 23.92 y 4.70 respectivamente, mientras que Illpa INIA presentó mayor valor de ISA en el laminado y a 0.090 mm de tamaño de partícula que fue de 23,92. En la evaluación de la composición química proximal, no se presentó variabilidad con respecto a la muestra patrón. La investigación muestra, que los procesos a los que se sometieron los granos de cañihua influyen en las propiedades físicas de las harinas precocidas.

Palabras clave: Cañihua, almidón, procesado, propiedades físicas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the behavior of flours of two varieties of cañihua processed in three ways: 1 ° boiling – drying - grinding, 2 ° toasting - grinding and 3 ° rolling – baking - grinding, considering the content of starch of each variety. First, performance and physical properties were evaluated: Particle Size Distribution (P.S.D.), Particle Size Index (P.S.I.) and color. In the Cupi variety, a yield of 49.31% was obtained, with an P.S.I of 108.22, and a P.S.D. of 82.48% in 0.150 mm particle size; while in Illpa INIA it was 45.32%, 107.55 and 84.26% respectively; and the values of the CIELAB colorimetric coordinates of the samples were L * 22.62, a * 18.63 and b * 19.30 to L * 30.03, a * 21.13 and b * 29.73. Then the processing of the grains of the two varieties of cañihua was carried out, for their subsequent transformation into flours, where the physical properties were evaluated: Water Absorption Index (WAI), Water Solubility Index (WSI) and Swelling Power (SP) at different particle sizes; obtaining higher values in the process of roasting, Cupi variety and particle size 0.106 mm that were 4.10%, 23.92 and 4.70 respectively, while Illpa INIA presented higher value of WSI in the laminate and 0.090 mm of particle size that was 23.92. In the evaluation of the proximal chemical composition, there was no variability with respect to the standard sample. The research shows that the processes to which the cañihua beans were subjected influence the physical properties of the precooked flours.

Keywords: Cañihua, starch, processed, physical properties.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tendencia de las empresas agroindustriales es la fabricación de harinas precocidas a base de cereales andinos, debido a la mayor afluencia, y a su facilidad de consumo (Comosa, 2012).

La cañihua es un grano andino (Bartolo, 2013), que durante años ha tenido importancia en la alimentación de la población andina, considerado así un alimento nutraceutico y funcional, esto debido a su gran aporte en proteínas sobre todo en aminoácidos esenciales como la lisina (7.1 %); la cual es combinada con un alto contenido de carbohidratos de 63.41%, en su mayoría compuesto por almidón; además de componentes minerales como calcio y magnesio (Apaza, 2010). Considerando así a esta especie como uno de los componentes estratégicos de la seguridad alimentaria, del cual se podrían elaborar productos innovadores en la industria alimentaria (Tacora *et al.*, 2010).

Para lo cual, es importante plantear alternativas de procesado que permitan ser utilizadas en la transformación del grano (Tacora *et al.*, 2010), los cuales pueden ser: tostado, ebullición, laminado, extrusión, explosión entre otros; siendo los tres primeros utilizados en la presente investigación para la obtención de harinas precocidas (Repo-Carrasco *et al.*, 2010).

Mosquera (2010), afirma que los grandes problemas de estos productos es su conservación durante la comercialización, almacenamiento o procesamiento, sobre todo con respecto al aglomerado por su gran higroscopicidad (Aguilera & Fillford, 1996). Es así, que Meaño *et al.* (2014) plantea que se debe evaluar propiedades físicas como: Índice de Absorción de Agua (IAA), Índice de Solubilidad de Agua (ISA) y Poder de Hinchamiento (PH); además, se debe considerar la composición

en almidones que tienen dichas harinas, debido a que éstos son los causantes principales de los problemas que se presentan de aglomeración, así especificar la utilidad de las harinas (Alvarado, 2010).

Para ello, el presente estudio se llevó a cabo con la finalidad de evaluar el comportamiento de las harinas de dos variedades de cañihua de acuerdo a su contenido en almidones al ser sometidas a tres formas de procesado: 1° ebullición-secada-molienda, 2° tostada-molienda y 3° laminado-cocción-molienda, planteándose los siguientes objetivos:

1. Evaluar el rendimiento y las características físicas (Distribución de Tamaño de Partícula, Índice de Tamaño de Partícula y colorimetría) de almidones aislados de dos variedades de Cañihua (Cupi e Illpa INIA).
2. Evaluar las propiedades químicas proximales de harinas en dos variedades de Cañihua (Cupi e Illpa INIA) al ser sometidas a tres formas de procesados (ebullición-secado-molienda, tostada-molienda y laminado-cocción-molienda).
3. Evaluar las propiedades físicas de las harinas en dos variedades de Cañihua (Cupi e Illpa INIA) al ser sometidas a tres formas de procesado (ebullición-secada-molienda, tostada-molienda y laminada-cocción-molienda) y a tres tamaños de partícula (0.150 mm, 0.106 mm y 0.090 mm).

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. CAÑIHUA

La cañihua es una planta herbácea anual de 0,2 a 0,7 m de altura con semillas de 1,0 - 1,2 mm de longitud (NRC, 1989), de color rojo, amarillo o verde (FAO, 2000), ésta varía en precocidad: un tipo madura dentro de sólo 95 días desde la fecha de siembra, aunque la mayoría de las variedades requieren de 150 días antes de que puedan ser cosechados (Gade, 1970). La cañihua se cultiva principalmente en las parcelas del altiplano, cultivada principalmente por familias para el consumo propio, mayormente como cañihuaco (harina de cañihua tostada) (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

Repo – Carrasco (2004), señala que la planta pertenece a la misma familia que la quinua, *Chenopodiaceae*. Se parece a este cultivo y se la ha confundido mucho tiempo con esta planta hasta que AELLEN la clasificó en 1929 como una especie propia, siendo su nombre común “cañihua”, “cañahua”.

La cañihua produce un tipo de fruto tipo nuez conocido como aquenio (Simmonds, 1965; Dizes & Bonifacio, 1992) es de ovario blanquecino y coloreado, cubierto por el perigonio de color generalmente gris y de pericarpio muy fino y traslúcido (Simmonds, 1966; Rodriguez *et al.*, 2016), el diámetro de los granos es de aprox. 1 mm- 1,2 mm de diámetro, la mitad del tamaño de los granos de quinua, y su color varía de amarillo, naranja y marrón a negro, el embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino y punteado de color negro, castaño o castaño claro. El grano de cañihua no contiene saponina y no es amarga (Simmonds, 1966; Mujica , 1994).

La producción intensiva de cañihua se encuentra al norte del lago Titicaca, en la región de Puno, Perú (Mujica , 1994). La cañihua rara vez se cultiva por debajo de 3000 m.s.n.m.

2.1.1. Origen

La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* A.) tiene como origen la región de los Andes del sur de Perú y de Bolivia (Apaza, 2010), distribuyéndose en las regiones semiáridas más altas, con altitudes de 3600 a 4400 m.s.n.m. (Abderrahim *et al.*, 2012); es una planta resistente, florece en tierras pobres y rocosas, soportando climas rigurosos con heladas, sequías y bajas temperaturas, como los que existen en el altiplano (Repo Carrasco & Encina Zelada, 2008) .

Si bien no existe evidencias arqueológicas relacionadas con la cañihua, de manera que no se sabe el tiempo que data su cultivo. Sin embargo el hecho de que las plantas pierden gran parte del grano, hace pensar que su proceso de domesticación no está aún concluida; pero es considerada un cultivo originario del altiplano (Ortega L. , 1992). Por la mayor área cultivada y diversidad de ecotipos de esta especie, que fue domesticada en sus inicios por pobladores de la cultura Tiahuanaco, en la meseta del Collao (Apaza, 2010); es así que junto a la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) son denominadas plantas nativas de la región andina, que se remonta a 5000 años a.C.. Los incas apreciaron su alto valor nutricional, y la facilidad en la molienda de estos cultivos lo hizo posible para que las poblaciones rurales aprovechen su valor nutricional (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

En el Perú, la mayor concentración de producción de cañihua se encuentra en el Altiplano de la Región Puno, principalmente en las provincias de Melgar (Distritos:

Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa), Azángaro, Huancané, San Román, Puno (Distrito: Acora) y Chuchito (Distritos: Pomata y Kelluyo) (Apaza, 2010). La cañihua está especialmente adaptado a las duras condiciones climáticas que caracterizan el Altiplano Andino, elevados (4.000 m.s.n.m.), heladas frecuentes y granizo, y suelos áridos y salinos (Risi & Galwey, 1984).

Repo-Carrasco-Valencia *et al.* (2009), mencionan que la cañihua puede germinar a 5 °C, florecer a 10 °C y desarrollar semillas a 15 °C. Estas condiciones usualmente destruyen otros sembríos como los de cebada y quinua (*Chenopodium quinoa*) (NRC, 1989).

2.1.2. Nombres comunes

La Cañihua tiene una gran variedad de nombres locales dependiendo de la región (Apaza, 2010). Algunos de los nombres por los cuales se le conoce son:

- **En Perú:** “kañiwa”.
- **En Bolivia:** “Cañahua”.
- **Quechua:** “kañiwa”, “kañawa” (Rodríguez *et al.*, 2016), “kañahua”, “kañagua”, “quitacañigua”, “ayara”, “cuchiquina”.
- **Aymará:** “iswallahupa”, “aharahupa”, “aara”, “ajara”, “cañawa” (Rodríguez, *et al.*, 2016), “kañawa”.
- **Español:** “cañihua”, “cañigua”, “cañahua”, “cañagua”, “kañiwa” (Rodríguez *et al.*, 2016).
- **Inglés:** “kaniwa”, “canihua”.

2.1.3. Clasificación Taxonómica

Chervin (1908), fue uno de los primeros en indicar que la cañihua era una especie diferente a la quinua; pero en 1929, el botánico suizo Paúl Aellen, creó la denominación *Chenopodium pallidicaule* Aellen, para nombrar a esta especie; según Chervin (1908), citado por Hunziker (1952), utilizándose indistintamente el nombre de kañiwa o kañawa relacionadas con el origen del vocablo; probablemente en base a un espécimen de tallo amarillo.

Reino: Vegetal

División: Angiospermophyta

Clase: *Dicotyledoneae*

Sub clase: *Archichlamydeae*

Orden: *Centrospermales*

Familia: *Chenopodiáceae*

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium pallidicaule* Aellen

2.1.4. Variedad

Una variedad de cañihua es definida como un grupo de plantas similares que debido a sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie (Apaza, 2010).

Instituciones como el INIA, han realizado esfuerzos y aportes en la obtención de variedades de cañihua a través de métodos de selección y estudios de estabilidad de rendimiento, lográndose obtener a Cupi, y Ramis que están siendo multiplicados (Mujica *et al.*, 2002).

Así mismo el proyecto de cultivos andinos del Instituto de Investigación y Extensión Agraria, Estación experimental Illpa – Puno en junio del 2004 han lanzado como nueva variedad la línea poligénica LP1 la cual denominaron ILLPA - INIA – 406 la cual se obtuvo por el método de mejoramiento selección PANOJA – SURCO a partir de la Línea poligénica – 1 (LP-1) obteniéndose un rendimiento promedio de 2.8 t/ha (INIA, 2004).

Como la cañihua es una planta con una tasa de autofecundación entre 64 y 89%, las variedades mejoradas pueden obtenerse por los métodos de selección, considerando su gran variabilidad genética. El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) ha logrado obtener las variedades Ramis, Cupi e Illpa INIA, consideradas como las primeras obtenidas mediante los métodos de mejoramiento por selección individual (panoja surco) y estudios de estabilidad de rendimiento (Apaza, 2010).

A continuación describimos las características más sobresalientes de las tres variedades de cañihua:

A. Variedad Cupi: Esta variedad alcanza una altura de 60 cm, donde el diámetro del tallo central es de 4.0 mm, de color del tallo púrpura pálido en madurez fisiológica. El aspecto del perigonio del fruto es cerrado, de color

gris crema suave, del epispermo café claro, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm (Apaza, 2010).



Fig. 1. Cañihua variedad Cupi (Apaza, 2010).

B. Variedad Ramis: Esta variedad alcanza una altura de 52 cm, donde el diámetro del tallo central es de 4.5 mm, de color del tallo y hojas púrpura en madurez fisiológica. El aspecto del perigonio del fruto es semiabierto, de color gris oscuro, del epispermo café oscuro, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.1 a 1.2 mm (Apaza, 2010).



Fig. 2. Cañihua variedad Ramis (Apaza, 2010).

C. Variedad Illpa INIA 406: Esta variedad alcanza una altura de 67 cm, donde el diámetro del tallo central es de 5.0 mm, de color del tallo y las hojas son anaranjado en madurez fisiológica. El aspecto del perigonio del fruto es

cerrado, de color crema suave, del epispermo café claro, y el diámetro del grano sin considerar el perigonio: 1.0 a 1.1 mm (Apaza, 2010).



Fig. 3. Cañihua variedad Illpa INIA 406 (Apaza, 2010).

2.1.5. Composición química y nutricional

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) presenta un elevado contenido de proteínas (15 – 19 %); y un balance de aminoácidos de primera línea, siendo particularmente rica en lisina (5 – 6 %), isoleucina y triptófano (Repo-Carrasco & Encina, 2008). El valor nutricional de las proteínas de la cañihua es equivalente al de la leche (caseína) (White *et al.*, 1955; DeBruin, 1964 ; Gross *et al.*, 1989). Mencionando que la cañihua posee 63 – 66 % de carbohidratos, siendo el almidón el más importante en todos los granos; 6 – 8 % de lípidos y 3 – 4 % de cenizas (Gross *et al.*, 1989; Repo-Carrasco *et al.*, 2003); es rica en micronutrientes, tales como hierro y calcio (Repo-Carrasco *et al.*, 2009).

Tabla 1. Composición química de granos andinos (g / 100 g de materia seca).

Alimento	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra cruda	Cenizas	Humedad (%)
Quinoa	11.7	6.3	68.0	5.2	2.8	11.2
Cañihua	14.0	4.3	64.0	9.8	5.4	12.2
Amaranto	12.9	7.2	65.1	6.7	2.5	12.3
Trigo	8.6	1.5	73.7	3.0	1.7	14.5

Fuente: Collazos *et al.*,1993; MINSA, 1996.**Tabla 2.** Composición química de procesado de cañihua (g/100g de materia seca).

Componentes	Cañ. Amarilla	Cañ. Gris	Cañ. Lamin.	Cañ. Parda
Proteína	14.3	14	17.6	13.8
Ceniza	5.9	5.1	4.3	5.3
Grasa	5.0	4.5	8.3	3.5
Carbohidrato	62.8	64	61.7	65.2
Fibra	9.4	9.8	11.2	10.2
Humedad	12	12.4	8.1	12.2

Fuente: Collazos, 1996.

Tabla 3. Composición química de tres variedades de cañihua (g/100g de materia seca).

Componentes	Variedad Cupi (1)			Variedad Cupi (2)			Variedad Cupi (3)			Variedad Ramis (1)			Variedad Ramis (2)			Variedad Ramis (3)			Variedad ILLPA			Variedad INIA (3)			Variedad INIA (4)					
Proteína	17.31	17.01	13.48	18.03	17.72	13.1	13.82	17.81																						
Ceniza	2.76	2.81	4.1	2.84	2.77	4.08	4.16	3.69																						
Grasa	10.03	10.03	3.88	7.93	7.64	3.9	3.92	9.05																						
Carbohidratos	58.66	58.94	59.81	62.00	62.62	61.19	58.74	61.54																						
Fibra	11.23	11.2	10.28	9.20	8.96	10	11.00	8.08																						
Humedad	n.r.	n.r.	8.45	n.r.	n.r.	7.73	8.36	n.r.																						

Fuente: (1) Gutierrez, 2003,(2) Sota, 2003, (3) Apaza, 2010, (4) Alvarado, 2010.
n.r. = no reportado

A. Proteínas

La cañihua y la quinua presentan un excepcional alto nivel de proteínas comparada con otros cereales. La importancia de las proteínas de las especies andinas está basada en su calidad. Las proteínas de quinua y cañihua pertenecen principalmente albúmina y globulina los cuales tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales similar a la composición de la caseína (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

La cañihua sirve como sustituto de la escasa proteína animal y una de las principales fuentes de proteína de la región, la importancia de estas proteínas está basada en su calidad y con una composición balanceada de aminoácidos esenciales similar a la composición de caseína, la proteína de la leche (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

B. Lípidos

Es importante reconocer y utilizar la relativa alta cantidad de aceite de cañihua. Este grano puede ser materia prima potencial para la extracción de aceite. La UNALM ha estudiado la fracción de lípidos de cañihua, determinado la composición de ácidos grasos y tocoferoles para la cañihua blanca y caracterización de la fracción lipídica. Los ácidos grasos fueron determinados por cromatografía de gas y los tocoferoles por Cromatografía líquida de alta performance (HPLC) obteniendo un rendimiento de extracción de aceite para cañihua de 4,6 %. Una gravedad específica de 0.935872, un índice de refracción de 1.4735. El índice de yodo como una medida del grado de instauración de los aceites fue muy alto 121.14. Por lo que se puede esperar un alto contenido de ácidos grasos insaturados, el porcentaje

de ácidos grasos libres fue de 0.14 y el índice de saponificación fue 187. La materia insaponificable encontrada para la cañihua fue 4.2 (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

El mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en el aceite de cañihua fue Omega 3 (ácido linolenico) siendo 42,6 %. La composición de ácidos grasos es similar al aceite de germen de maíz con un rango de 45-65%. El segundo ácido graso más común en cantidad de 23.5 % es el Omega 9 (ácido oleico). El contenido de omega 6 (ácido linoleico) fue 6.0 y el contenido de ácido palmítico de 17.94. Los ácidos grasos como el ácido esteárico y el eicosapentanoico fueron encontrados en pequeñas cantidades. En las últimas décadas los ácidos grasos insaturados tienen ganada importancia por sus varias funciones beneficiosas. Por ejemplo, el jugar un importante rol en el mantenimiento de la fluidez de las membranas celulares (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

Por ser de origen vegetal, corresponde al tipo de ácidos grasos insaturados que son los más saludables en relación a los ácidos grasos saturados de origen animal, ya que tienen la propiedad de reducir la cantidad de colesterol en el organismo (Mujica *et al.*, 2002).

C. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos conocidos también como hidratos de carbono o glúcidos varía entre 56.41 y 65.2 g/100 g, siendo el más importante el almidón; en el campo de la nutrición el empleo de los carbohidratos permite sobre todo ajustar la digestibilidad y es fuente de energía calórico del alimento (Mujica *et al.*, 2002).

Tabla 4. Contenido de azúcares de los granos andinos (g/100 g de materia seca).

	Glucosa	Fructosa	Sacarosa	Maltosa
Quinoa	1.7	0.2	2.9	1.4
Kañihua	1.8	0.4	2.6	1.7
Kiwicha	0.75	0.2	1.3	1.3

Fuente: Repo-Carrasco *et al.*, 2003.

D. Fibra Dietaria

La fibra dietaria es una mezcla heterogénea de sustancias de propiedades físicas y químicas muy diferentes que varían según el tipo de alimento (Periago et al., 1993).

Repo-Carrasco (1998), reporta un análisis de fibra dietaria para el grano de cañihua realizado por el método combinado (enzimático-gravimétrico) donde se separó la fibra en 2 fracciones; soluble e insoluble que se muestra en la Tabla 5, donde se puede apreciar que la cañihua tiene un alto contenido de fibra dietética (16,41 g/100 g) y fibra insoluble (12.92 g/100 g) que es atribuido a la presencia de perígonos (pericarpio exterior) que envuelven al grano y que no han sido eliminados por completo.

Tabla 5. Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (fdt) en Cañihua.

FIBRA DIETARIO	CONTENIDO (%b.s.)
Fibra insoluble (g/100g de materia seca)	12.92
Fibra insoluble	3.49
FDT	16.41

Fuente: Repo-Carrasco, 1998.

La cañihua contiene entre 3.8 y 10.2 g/100 g de fibra en comparación con el trigo que tiene solamente 3 g/100g es un tipo especial de hidrato de carbono que no se absorbe (no pasa del intestino a la sangre) y por lo tanto el organismo no utiliza como fuente de energía; hasta hace unas décadas, no se le otorgaba ninguna importancia fisiológica; en la actualidad se comprende que la fibra vegetal aparentemente inútil, actúa como una auténtica escoba en el intestino, absorbiendo toxinas y arrastrando sustancias nocivas como los ácidos biliares precursores del colesterol; aunque no proporciona energía, ni pasa a la sangre, es un componente imprescindible en una dieta sana y equilibrada, porque evita el estreñimiento, la obesidad, los trastornos intestinales, las hemorroides, el cáncer del colon, hernias abdominales, afecciones coronarias, entre otros (Mujica *et al.*, 2002).

E. Minerales

Mujica *et al.* (2002), entre los componentes menores de la cañihua lo conforman los minerales como el calcio, fósforo, hierro. Collazos (1993), menciona que los minerales ayudan a controlar los procesos fisiológicos. La cañihua también es fuente importante de minerales, tal como se aprecian en la Tabla 6; en donde el

contenido de minerales en la quinua y en la cañihua caracteriza sus atributos nutricionales.

Tabla 6. Contenido de minerales en Quinua y Cañihua (mg/100 g de materia seca).

Minerales (mg/g de MS)	Quinua	Cañihua
Fósforo	387.0	375.0
Potasio	697.0	n.r.
Calcio	127.0	110.0
Magnesio	270.0	n.r.
Sodio	11.5	n.r.
Hierro	12.0	15.0
Cobre	3.7	n.r.
Manganeso	7.5	n.r.
Zinc	4.8	n.r.

Fuente: Repo – Carrasco, 2004.

n.r.= no reportado

F. Agua

El grano de cañihua posee un rango de humedad entre 10 y 12.4 %; esta característica tiene importancia en la conservación y almacenamiento del grano por un tiempo relativamente prolongado, lo que posibilita tener siempre en stock para

el consumo, transformación en diferentes productos, así como para las épocas de baja o nula producción (Mujica *et al.*, 2002).

2.1.6. Almidón de cañihua

El almidón es el producto de la fotosíntesis y el material de reserva de las plantas. Existen pocas publicaciones sobre caracterización o aplicación de la cañihua en los sectores industriales. Una de las pocas investigaciones fue a la evaluación del efecto de la extrusión sobre los granos y el salvado de la cañihua, encontrando que la humedad del 12 % en los granos presentan mejores características en el grado de gelatinización, densidad, índice de expansión y solubilidad en agua, mientras que en el salvado mayores tamaños de partículas se relacionan con mejores propiedades funcionales (Repo-Carrasco *et al.*, 2009). Evidentemente, las propiedades funcionales, tales como solubilidad y grado de gelatinización dependen de las características del almidón presente en los granos que fueron sometidos a la extrusión (López-Ramirez, 2016).

2.1.7. Usos

La cañihua es mayormente cultivada por familias para su propio consumo. Se prepara normalmente en forma de harina, conocida como pito en Bolivia y cañihuaco en el Perú (FAO, 2000)

Cañihuaco : El procesamiento primario de la cañihua más usado en el Perú es la obtención de cañihuaco (UNA, 2000) y el pito de cañihua en Bolivia. La preparación del cañihuaco consiste en tostar el grano limpio con mucho cuidado para evitar que se queme, luego se muele manualmente utilizando pequeños molinos de piedra especialmente labrados que se denomina “Kona” (Castillo, 2010), el producto

obtenido es una harina muy fina, aromática, la que es ampliamente conocida con el nombre de cañihuaco (Hurtado *et al.*, 2011).

Este producto puede consumirse solo o en mezcla con agua, leche, agua hervida, harina de cebada y con otras harinas para elaborar mazamoras, también se puede preparar, sopas, cremas, guisos, postres, torrijas, bebidas calientes, tortas, kispíño, que es un panecillo pequeño elaborado a base de harina de cañihua y cocido al vapor, tiene consistencia de galleta o pan de agua que se conserva por un tiempo relativamente prolongado, permitiendo al campesino llevarla en sus largas caminatas o faenas agrarias, lo que no puede hacerse con el Pan (Alvarado & Ortiz, 1982; Tapia, 1990).

Harina de cañihua: La harina de cañihua cruda mantiene el contenido de fósforo, proteínas y calorías que la convierten en un alimento energético por excelencia. Puede utilizarse combinando 30 % de harina de cañihua y 70 % de harina blanca para cualquier preparación (pan, pasteles, tortas, galletas). Herrera Bernabé (2009), en pruebas para obtención de galletas enriquecidas con fibra dietaria utilizando salvado de cañihua 10, 20, 30 y 40 %; determinó que las galletas con 30% de incorporación de salvado de cañihua tuvieron mayor preferencia en cuanto a los atributos de aroma, sabor y textura (Apaza, 2010).

Hojuelas de kañiwa: Se denominan hojuelas de kañiwa a los granos que han pasado por un proceso de laminado o compresión. Las hojuelas constituyen uno de los mejores productos para mantener sus nutrientes en forma concentrada (Apaza, 2010).

2.2. ALMIDÓN

El almidón es el componente principal cuantitativamente hablando en granos, es una sustancia glucídica, compuesta aproximadamente de 25 % de amilosa (cadena lineal de unidades de glucosa) y 75 % de amilopectina (cadena múltiple estructurada por unidades de glucosa). En la harina es usada para preparar masa para la producción de pastas, la excesiva presencia de azúcares es siempre perjudicial, ya que, durante el secado algunos azúcares (pentosas) pueden producir reacción de Mayllard, los cuales pueden desarrollarse en varias fases, con la consecuencia de un pardeamiento enzimático (Basurco & Mora, 2005).

El almidón se presenta en gránulos microscópicos, localizados en el perisperma, con cerca del 20 % de amilosa y gelatiniza entre 55 °C y 65 °C (Romo *et al.*, 2006). El almidón se encuentra en estado granular y está formado por un arreglo estructural de polímeros (amilopectina y amilosa, con elevada polidispersidad). La compleja estructura es semicristalina (30 %) y se ha propuesto un modelo de “cluster” con capas alternadas, cristalina y amorfa, que permite explicar el comportamiento fisicoquímico del almidón (Blanshard & Bowler, 1987). Como su susceptibilidad al ataque enzimático (Manrique, 2006).

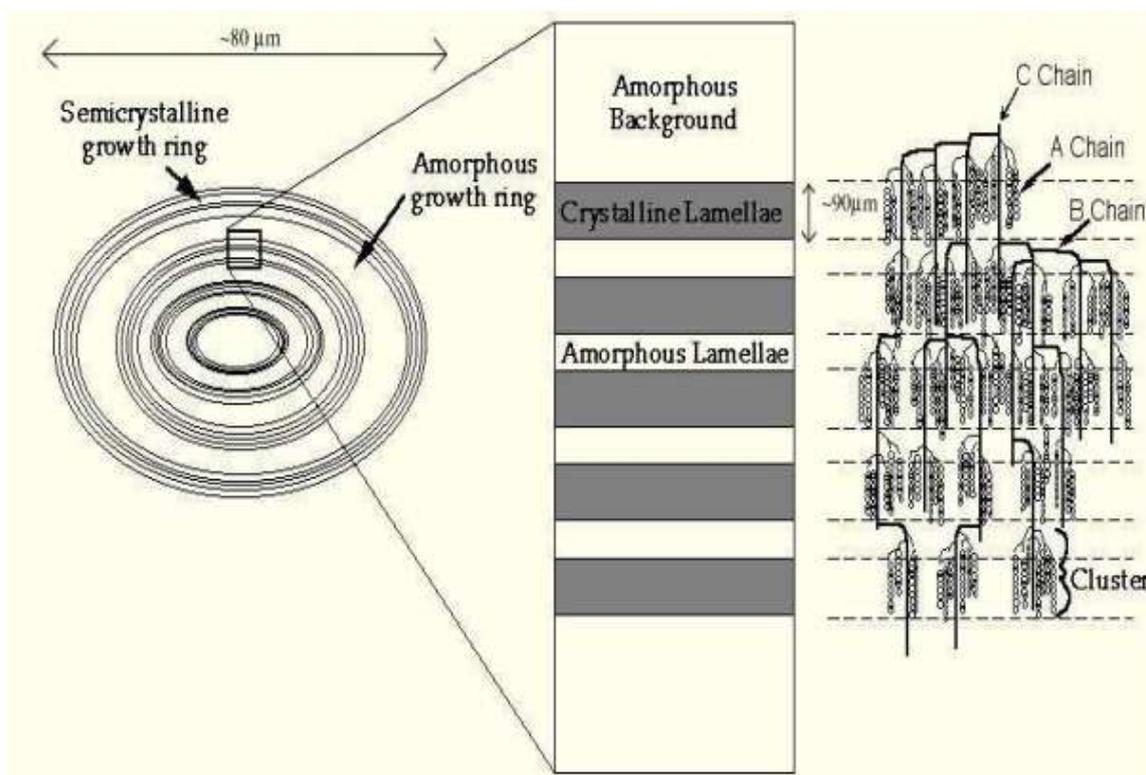


Fig. 4. Modelo estructural para el gránulo de almidón (Blanshard & Bowler, 1987).

2.2.1. Composición química

El almidón está constituido por unidades de D-glucosa (98 – 99 %) (Aguilar, 2007), dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. Estas macromoléculas se caracterizan por su grado de polimerización o ramificación lo cual afecta su comportamiento frente a los procesos de degradación. El contenido de amilosa y el grado de polimerización -número total de residuos anhidroglucosa presentes dividido por el número de terminales reducidos- son importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón. La relación amilosa: amilopectina y el contenido de fósforo (0,06 – 0,09 %) determinan, conjuntamente con la estructura de las moléculas, las características reológicas y funcionales del almidón (Salinas, et al., 2003); por ejemplo, el tamaño de los gránulos del almidón muestra relación con la proporción amilosa/amilopectina (Delpeuch & Favier, 1980).

Típicamente su humedad se encuentra alrededor del 12 %. Los porcentajes de proteína, fibra, grasa y cenizas son bajos y se consideran contaminantes (Palomino *et al.*, 2010).

2.2.2. Estructura molecular

2.2.2.1. Amilosa

Es un polímero lineal que consta de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1 \rightarrow 4), el número de unidades varía entre los diferentes tipos de almidones pero generalmente se encuentra entre 1 000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de espiral como se muestra en la Figura N°5 (Aspinal, 1983). Ésta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar por puentes de hidrógeno molecular vecinas y generar una estructura helicoidal, debido a su linealidad, los polímeros de la amilosa y tienden a agruparse muy estrechamente lo que consecuentemente da lugar a la formación de puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes reduciendo así su afinidad por el agua (Aguilar, 2007).

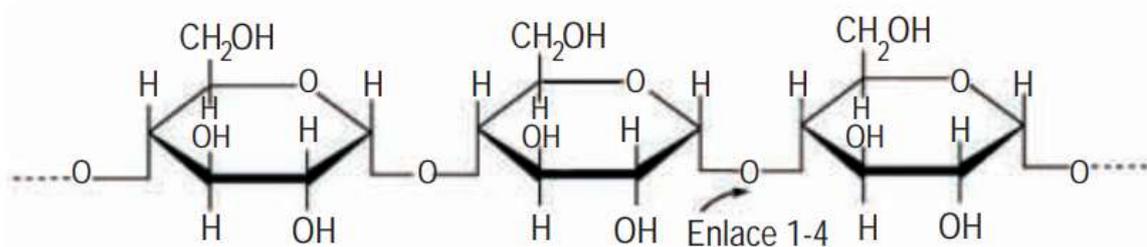


Fig. 5. Esquema de la amilosa (Aspinal, 1983).

En soluciones diluidas, el tamaño de agregación de los polímeros se puede incrementar hasta el punto en que ocurre precipitación. En general, la estructura lineal de la amilosa favorece la formación de películas fuertes. Este fenómeno de

asociación intermolecular entre las moléculas de amilosa es comúnmente llamado retrogradación. La amilosa forma muchos complejos insolubles con un gran número de moléculas orgánicas como alcoholes alifáticos, ácidos monoglicéridos o ácidos grasos lineales; el complejo generalmente precipita cristalizándose lo que permite hacer la separación con la amilopectina. La amilosa tiene afinidad por el yodo desarrollando un color azul que es absorbible a 644 nm (Wurzburg, 1986).

2.2.2.2. Amilopectina

Es un polímero altamente ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4). Estas cadenas están unidas entre ellas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) en un 4 a 6 % que forman los puntos de ramificación (Figura 6) y está constituida de alrededor de 100 000 moléculas de glucosa (Duprat *et. al*, 1980). Estas ramificaciones se localizan aproximadamente a cada 15 – 25 unidades de glucosa.

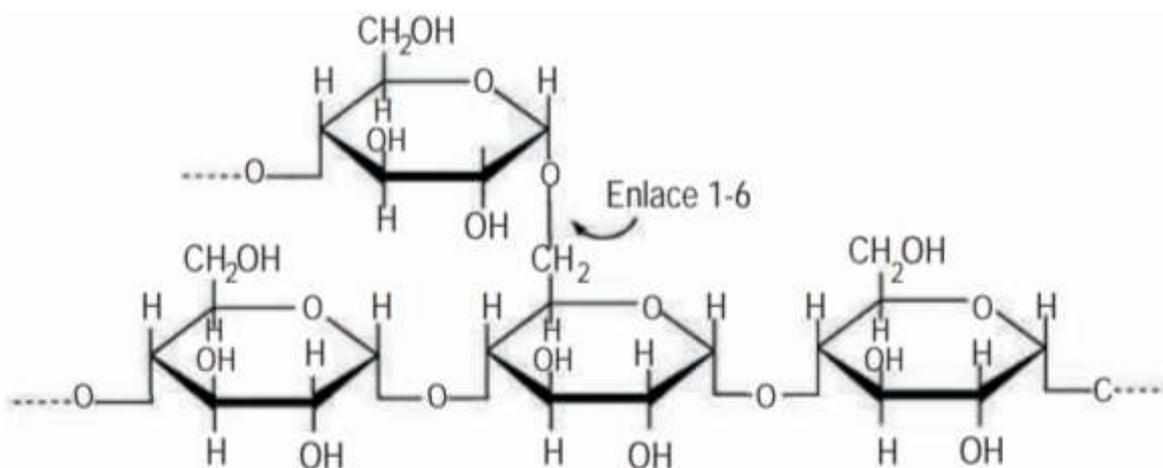


Fig. 6. Esquema de la amilopectina (Aspinal, 1983).

La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente (Hernández *et al.*, 2008); el gran tamaño y naturaleza ramificada de la amilopectina reduce la

movilidad de los polímeros e interfiere su tendencia a orientarse muy estrechamente, para permitir niveles significantes de enlaces de hidrógeno. Como resultado, los soles o soluciones acuosas de amilopectina se caracterizan por su claridad y estabilidad como medida de la resistencia a gelificarse durante el almacenamiento. Los soles de amilopectina no forman películas tan fuertes y flexibles como la amilosa y no forman un complejo con yodo asociado con su coloración azul profunda (Aristizábal & Sánchez, 2007).

La organización intramolecular entre amilosa y amilopectina con enlaces hidrógeno entre los grupos alcohólicos, directamente o a través de moléculas de agua, conduce a la formación de zonas cristalinas (capas densas con un alto número de ramificaciones) y amorfas [(capas menos organizadas ricas en puntos de enlaces α -D-(1 \rightarrow 6)]. Esto da al almidón una estructura semicristalina, con propiedades específicas como la presencia de un cruce en el gránulo ante una observación con luz polarizada y la difracción de los rayos X con tres tipos de espectro que permiten diferenciar los almidones de cereales, raíces y tubérculos. Sin embargo, en esta clasificación hay algunas excepciones que presenta un espectro similar al de los cereales (Aristizábal & Sánchez, 2007).

La molécula de amilosa tiene un peso molecular promedio de 105 a 106 g/mol y la de amilopectina posee un peso molecular comprendido entre 107 y 108 g/mol (Peñaranda *et al.*, 2008), dependiendo del origen biológico y la longitud de la cadena o grado de polimerización (GP), el cual fluctúa para la amilosa entre 200 y 2500 unidades de glucosa y para la amilopectina entre 500 y 6000 unidades de glucosa que pueden estar distribuidas entre 1 y 20 cadenas, explicando muchas de

las propiedades del almidón mediante las estructuras moleculares de la amilosa y la amilopectina (Aguilar, 2007).

2.2.3. Fuentes de almidón

El almidón es quizás el polímero natural más importante que existe y es la mayor fuente de energía obtenida de varias plantas. Se encuentra en las semillas de cereales (maíz, trigo, arroz, sorgo), en tubérculos (papa), en raíces (yuca, batata, arrurruz), en semillas de leguminosas (frijoles, lentejas, guisantes), frutas (bananas y manzanas y tomates verdes), troncos (palma sago) y hojas (tabaco) (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El nivel de amilosa encontrado en el almidón varía dependiendo del origen. Muchos almidones tales como del maíz común, trigo, papa y yuca contienen alrededor de 18 – 28 % de amilosa; el maíz y el trigo están en el extremo alto del rango, mientras la papa y la yuca están en el extremo más bajo. El almidón de yuca tiene entre 17 – 22 % de amilosa. La estructura y la cantidad relativa de ambos componentes del almidón juegan un papel importante en la determinación de las propiedades fisicoquímicas del almidón (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El contenido de proteínas del almidón de yuca y de papa es bajo, cerca del 0,1%, comparado con el de los almidones de arroz y de maíz (0,45 y 0,35 %, respectivamente). La proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espuma (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El contenido de lípidos en almidones forma un complejo con la amilosa, la cual tiende a reprimir el hinchamiento y la solubilización de los gránulos del almidón; por esta razón se necesitan temperaturas altas (> 125 °C) para romper la estructura

amilosa-lípido y solubilizar la fracción de amilosa. La mayor parte de estos lípidos son liso-fosfolípidos; es decir una cadena de ácido graso esterificada con ácido fosfórico. La presencia de sustancias grasas puede crear problemas por la tendencia a la rancidez durante el almacenamiento (Hurtado, 1997).

La Tabla 7, muestra la comparación de algunas propiedades fisicoquímicas de varios almidones. En algunos almidones, el tamaño de los granulos de almidón muestra relación con su proporción amilosa/amilopectina (Delpeuch & Favier, 1980).

Tabla 7. Características de los granulos de almidón de algunos alimentos

ALMIDÓN	TIPO	MORF.	DIÁMETRO (um)	CONT. DE AMILOSA (%)	°T DE GELAT. (°C)	PROP. DE COCCIÓN
Maíz (1)	Cereal	Redondo poligonal	5 – 30	25	62 – 72	Gel opaco
Yuca (1)	Raíz	Ovalado truncado	4 – 35	17	62 – 73	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Papa (1)	Tubérculo	Ovalado esférico	5 – 100	20	59 – 68	Claro cohesivo tendencia a gelificar
Trigo (1)	Cereal	Redondo lenticular	1 – 45	25	58 – 64	Gel opaco
Arroz (1)	Cereal	Esférico poligonal	3 – 8	19	68 – 78	Gel opaco
Cañihua (2)	Grano andino	Esférico	0.75-1	14	57 – 60	Gel opaco

Fuente: (1) Taggart 2004, (2) López-Ramirez, 2016.

2.2.4. Propiedades Físicas y Químicas

Las propiedades fisicoquímicas son las que determinan el uso del almidón. Entre las propiedades fisicoquímicas más importantes encontramos la composición proximal (contenido de proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas y humedad), las características del gránulo (tamaño, color y forma, naturaleza cristalina), el peso molecular y el contenido de amilosa (Aristizábal & Sánchez, 2007).

Tabla 8. Propiedades de los componentes del almidón en los alimentos.

PROPIEDAD	AMILOSA	AMILOPECTINA
Estructura	Lineal	Ramificada
Longitud promedio de la cadena	Aprox. 1 000	20 – 25
Peso molecular	40 000 hasta 10 ⁶	200 000 hasta 10 ⁹
Grado de polimerización	Aprox. 1 000	10 000 – 100 000
En solución	Hélice extendida o enrollada	Esfera irregular
Estabilidad en soluciones acuosas	Retrógrada	Estable
Acomplejamiento	Con facilidad	Con dificultad
Retrogradación	Rápida	Muy lenta
Gel	Firme e irreversible	Suave y reversible
Formación de complejos	Favorable	Desfavorable
Patrón de rayos X	Cristalino	Amorfo
Digestibilidad de la β -amilasa	Casi completa	Cerca de 60 %
Reacción con yodo	19 – 20 %	5 – 9 %
Color con la solución de yodo	Azul profundo	Violeta
Longitud de onda máxima (nm)	Aprox. 660	530 – 550

Fuente: Aspinal, 1983; Skeist, 1977.

Otras propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. En los distintos cultivos amiláceos esta relación es constante, si bien cambia de una variedad a otra dentro de la especie y también entre plantas de la misma variedad (Aristizábal & Sánchez, 2007).

Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otras cosas (Aristizábal & Sánchez, 2007).

Las características físicas de los almidones son: solubilidad, capacidad de retención de agua, poder de hinchamiento, tendencia a retrogradar, propiedades de la pasta (viscosidad, consistencia, estabilidad del gel, claridad y resistencia al corte, formación de película), digestibilidad enzimática y capacidad de emulsificación. Durante un tratamiento hidrotérmico, el almidón sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de almidón (Figura 7) (Aristizábal & Sánchez, 2007), considerando también Índice de Tamaño de Partícula, Distribución de Tamaño de Partícula y el color.

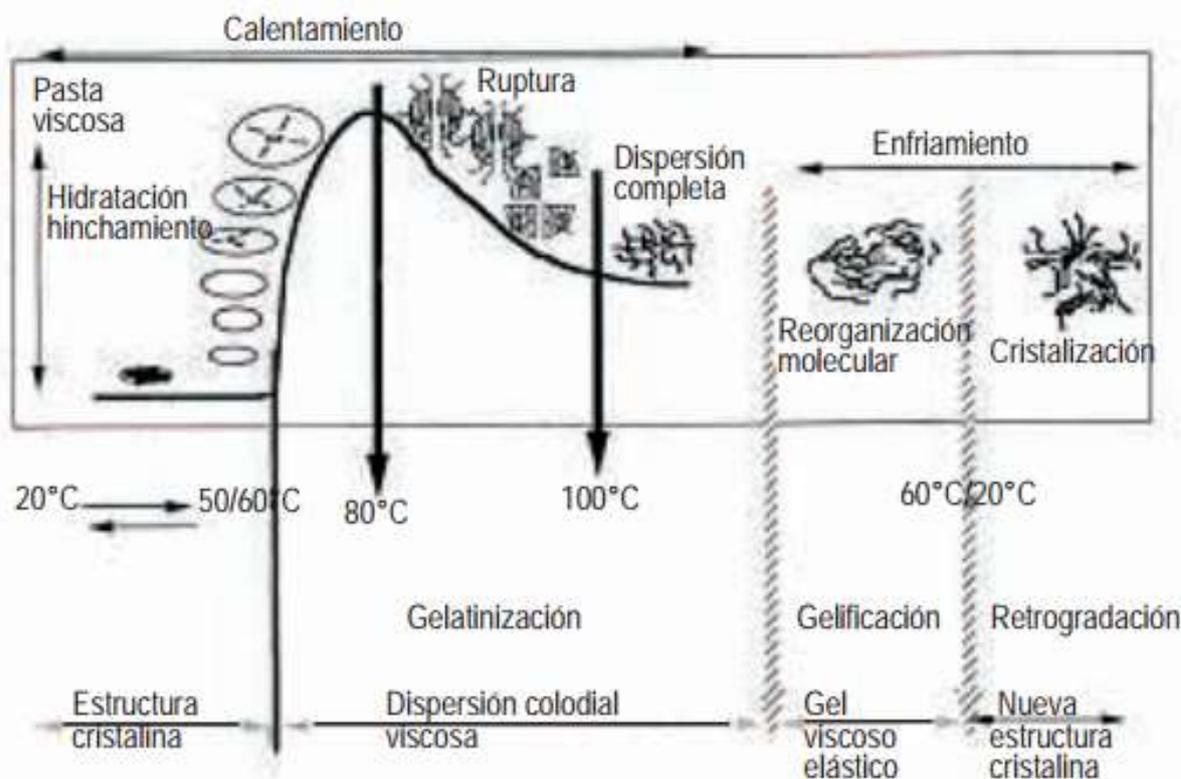


Fig. 7. Representación esquemática de cambios de gránulos de almidón (López, 1994).

2.2.4.1. Solubilidad

Los almidones se dispersan fácilmente en agua fría para formar suspensiones moderadamente estables; los almidones con alto peso molecular exhiben limitada solubilidad en agua fría y su índice de solubilidad presenta correlación con el índice de absorción a la misma temperatura (Martínez *et al.*, 2005). De igual forma, los almidones con gran cantidad de amilosa muestran mayor solubilidad en agua fría que los almidones céreos y este comportamiento está relacionado con el tipo de estructura A y B de los almidones (Bello *et al.*, 2002).

2.2.4.2. Capacidad de absorción de agua e hinchamiento

Los almidones absorben agua y se hinchan. Su capacidad de absorción incrementa al aumentar la temperatura (Araujo *et al.*, 2004), al igual que el

hinchamiento del gránulo, encontrándose un comportamiento similar al de la solubilidad. Altas concentraciones de etanol disminuyen el hinchamiento del gránulo y retardan la disociación de la estructura nativa que se encuentra en doble hélice (Bello *et al.*, 2002). Dependiendo de la técnica analítica, se puede reportar como porcentaje de absorción de agua, índice de absorción de agua o índice de absorción de agua subjetivo.

2.2.4.3. Gelatinización

En una primera fase el agua se difunde por las zonas amorfas del gránulo de almidón, produciéndose un primer hinchamiento que es reversible. Durante esta etapa de cocción, la amilosa se solubiliza y el almidón sufre una dispersión coloidal constituida por una fase continua o disolvente que se enriquece en amilosa y una fase dispersa de gránulos de almidón hinchados y enriquecidos en amilopectina. En esta etapa, los gránulos conservan sus propiedades ópticas incluyendo la capacidad de refractar la luz polarizada (birrefringencia), la cual está asociada a la alineación de las moléculas dentro del gránulo. Pero pierden su semicristalinidad y se hinchan. Dependiendo de factores como: tamaño del gránulo, variedad del almidón, contenido de amilosa y amilopectina, pH, cantidad de agua y contenido de sales (Konischi *et al.*, 2006).

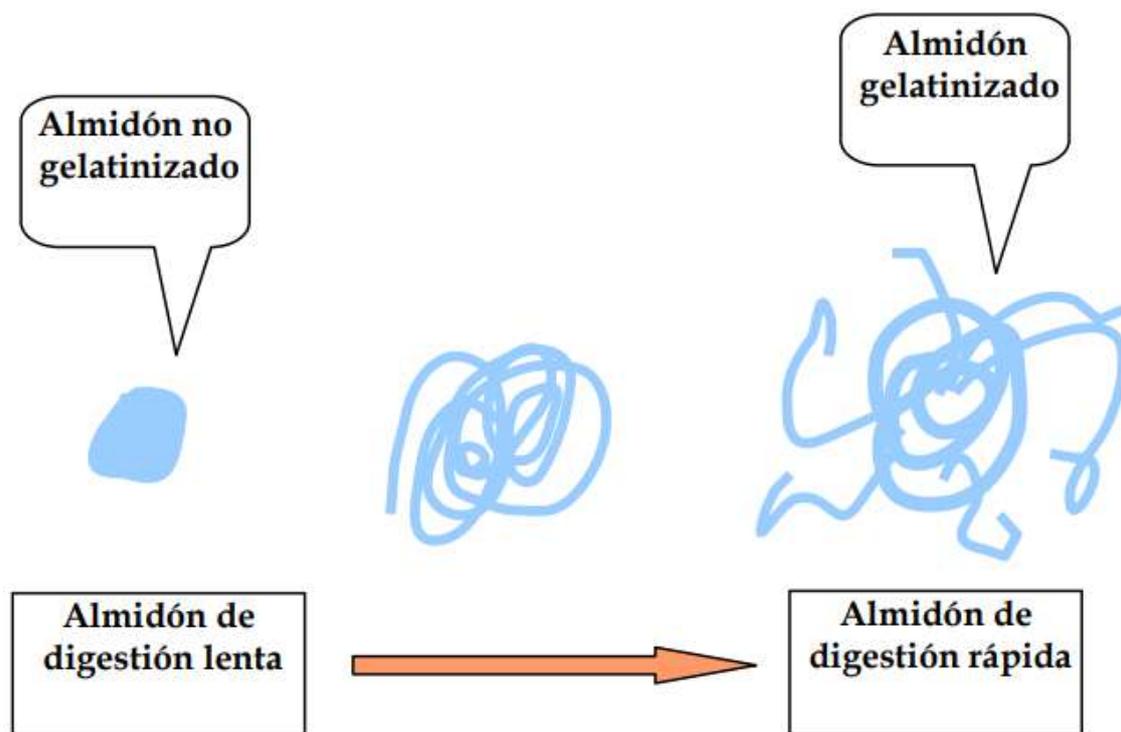


Fig. 8. Esquema simplificado de la gelatinización del almidón (Danone, 2003).

Si el calentamiento continúa, las moléculas de agua alrededor de los gránulos rompen los enlaces de hidrógeno en el interior de los gránulos, estos absorben agua lentamente y se hinchan. Este proceso es irreversible y ocurre después de que se alcanza una temperatura crítica que depende de la humedad presente, definida como la temperatura de transición vítrea T_g (Temperatura de gelatinización) la cual es característica de cada almidón, pero también depende de la concentración de la suspensión. Cuando la molécula de almidón está completamente hidratada empieza a, primero hacia el extremo externo y la cadena lineal más corta (amilosa) tiende a difundirse. Alcanzada esta temperatura se incrementa el hinchamiento; este fenómeno endotérmico se denomina gelatinización (Waniska & Gómez, 1992). La gelatinización ocurre en un intervalo de temperatura muy limitado, produce el hinchamiento del gránulo y la solubilización parcial de los polímeros, fenómenos que inducen la aparición de

propiedades viscoelásticas las cuales se generan en un amplio intervalo de temperatura.

La absorción de agua y el aumento de volumen van acompañados de un fuerte aumento de la viscosidad hasta llegar a un máximo llamado pico de viscosidad esto depende del tamaño de almidón, en consecuencia a mayor tamaño del gránulo de almidón mayor pico de viscosidad y menor tiempo y temperatura para alcanzar la viscosidad pico (Narváez *et al.*, 2007); en el cual el gránulo se rompe y ocurre una difusión de amilosa y amilopectina, generándose una mezcla de gránulos hinchados ricos en amilopectina, gránulos fundidos hidratados y moléculas disueltas de amilosa (Howling, 1980). El incremento de la proporción de amilopectina en el almidón provoca picos de viscosidad máxima más altos, mientras que una mayor proporción de amilosa causa el efecto opuesto (Alvis *et al.*, 2008). La máxima viscosidad es el resultado del máximo hinchamiento, formándose una dispersión en medio acuosa, la cual es llamada pasta o engrudo. Cuando la temperatura de una suspensión acuosa de almidón es superior a la temperatura de gelatinización, los enlaces de hidrógeno se continúan destruyendo, las moléculas de agua empiezan a anexarse a los hidroxilos liberados y los gránulos se continúan hinchando. Como resultado directo del hinchamiento de los gránulos hay un incremento de la solubilidad del almidón (Aristizábal & Sánchez, 2007).

2.2.4.4. Color

La blancura en los almidones es una característica importante; el color como propiedad física y sensorial, es uno de los atributos más importantes de los alimentos; el cual puede medirse utilizando un colorímetro; con este equipo se cuantifica el color de cualquier superficie a través del estudio y comparación de los

atributos cromáticos L^* , a^* y b^* , sugeridos por la CIE (Comisión Internacional sobre Iluminación) mediante mediciones de reflexión directa, así como de los planos de las coordenadas cromáticas: a^* y b^* (Gómez-Ladrón & Pardo-González, 1996; McGuire, 1992).

En la escala CIE de 1976, el espacio de color tridimensional (L^* , a^* , b^*) se abrevia como CIELAB (McGuire, 1992). El objetivo de medir el color de una muestra significa localizar las coordenadas en el espacio de color, las cuales representan la muestra en particular (Jiménez, 2012; Calvo & Duran, 2002). La variable L^* , es una medida de la luminosidad que se obtiene directamente del equipo y permite distinguir un color claro de uno oscuro; se da en un intervalo de 0 a 100, el cero representa al negro y el 100 al blanco; una disminución en L^* representará oscurecimiento (Tabla 9) (Jiménez, 2012; McGuire, 1992).

Tabla 9. Espacio de color tridimensional CIELAB (L^* , a^* y b^*).

CROMAS	Positivo	Negativo
L^*	Blanco	Negro
a^*	Rojo	verde
b^*	Amarillo	Azul

Fuente: Calvo & Duran (2002).

Las lecturas de a^* y b^* son variables que dependen de un estándar de calibración; estas coordenadas localizan el color sobre una coordenada rectangular perpendicular al eje de L^* (Tabla 9). El color hacia el origen (a^*-0 , b^*-0) es acromático (gris); a^* es una medida del componente rojo-verde (a^* positivo rojo,

a* negativo verde) y b* del componente amarillo-azul (b* positivo amarillo, b* negativo azul) (Gómez-Ladrón & Pardo-González, 1996).

Esta propiedad depende de la relación amilosa: amilopectina y en disoluciones coloidales, del tamaño de las partículas (Castro, 2009).

2.2.4.5. Distribución del Tamaño de Partícula

La distribución de tamaño de partícula (DTP) nos indica la funcionalidad (Sahai *et al.*, 2001). Es un factor importante cuando se define el propósito específico del producto (Gomez *et al.*, 1989). Consiste en tomar muestras, y se colocaron en una pila de 5 mallas de la serie de tamices U.S. Las mallas se colocaron en el equipo de agitado; después de agitar cierto tiempo, se separará cada fracción de las mallas con ayuda de una brocha y se pesan las fracciones retenidas en las diferentes mallas. La distribución obtenida se reporta como el porcentaje de retención en cada malla en base a la muestra inicial de harina, como se indica a continuación:

$$\% DTP = \frac{g \text{ retenido en cada malla}}{g \text{ muestra inicial}} \times 100$$

2.2.4.6. Índice de Tamaño de Partícula

El índice del tamaño de partícula (ITP) es un indicador de la calidad, ya que altos valores indican mayor finura que se relacionan con masas más cohesivas (Gomez *et al.*, 1989). El ITP se calcula de acuerdo al método reportado por Bedolla & Rooney (1984), con la siguiente fórmula:

$$ITP = \sum [(FN_0 M_i)(\%DTP_i) + \dots + (FN_0 M_n)(\%DTP_n)]$$

Donde:

FN_0M = Factor de número de malla.

DTP = Distribución del tamaño de partícula (%).

Cada factor utilizado depende del número de la serie de tamices U.S. (0.2, malla No 20; 0.4 malla No 40; 0.6 malla No 60; 0.8 malla No 80; 1.0 malla No 100 y fondo) y el porcentaje de retención de cada malla fue obtenido como se menciona en el análisis de distribución del tamaño de partícula (Bedolla & Rooney, 1984) .

2.3. HARINAS PRECOCIDAS

La elaboración de productos a base de harinas precocidas, resultan de interés ya que éstas proporcionan características espesantes, estabilizantes, consistencia del fluido viscoelástico, claridad de las pastas y estabilidad en un amplio intervalo de pH e incluso en agitación mecánica y en ciclos de congelación /descongelación, siendo por ello adecuadas para la obtención de productos en polvo de rápida preparación (Shi & Bemiller, 2002).

Las harinas precocidas se pueden obtener por diversos tratamientos hidrotérmicos, sin embargo, el tratamiento más versátil es la extrusión termoplástica, la cual conjuga la aplicación de calor y esfuerzo mecánico a una mezcla de harina y agua; este proceso mejora las características nutricionales del producto, reduce la oxidación lipídica, incrementa el contenido de fibra soluble y reduce la carga microbiana (Camire *et al.*, 1990). El término "instantáneo" se usa generalmente en industrias tales como alimentos, productos farmacéuticos, alimentos para animales, productos químicos y pigmentos para describir las

propiedades de dispersión y disolución de los polvos. Algunos polvos instantáneos disponibles comercialmente son leche, café, cacao, alimentos infantiles, sopas, salsas, refrescos, mezclas de azúcar, así como vitaminas y polvos medicinales. Aunque algunos polvos son "naturalmente" instantáneos, es una práctica común aplicar un tratamiento especial, lo que se denomina instantizing proceso, a materiales en polvo. Este tratamiento proporcionará polvos alimentarios con el atributo "instantáneo" para que puedan disolverse o dispersarse más fácilmente en líquidos acuosos que cuando están en su formas originales en polvo (Schubert, 1981).

2.3.1. Elaboración

En el contexto pasan por el proceso de secado de alimentos, donde la reconstituibilidad es el término utilizado para describir la velocidad a la que se recogen los alimentos secos y absorber agua, volviendo a una condición que se asemeja al material sin secar cuando se pone en contacto con una cantidad excesiva de este líquido (Masters, 1976). Especialmente en operaciones de rehidratación, cuando el agua ayudada por las fuerzas capilares penetra en los espacios estrechos entre las partículas finas (es decir, partículas tamaño inferior a $100 \mu m$), las partículas comenzarán a disolverse y formarán una masa gruesa y similar a un gel que resiste mayor penetración de agua. Por lo tanto, se formarán grumos que contienen partículas secas en el medio que requieren fuerte agitación mecánica para dispersarse o disolverse homogéneamente en el líquido (APV, 1989).

Los procesos de secado normalmente se reconstituyen para el consumo. El secado seleccionado el método y el ajuste de las condiciones de secado pueden

dar como resultado un producto con buenas propiedades de rehidratación (Basurco & Mora, 2005). El método más eficiente para mejorar las características de rehidratación de los polvos de alimentos secos es probablemente el uso de la aglomeración (Barletta & Barbosa-Cánovas, 1993). Para aglomerarse partículas, el polvo se trata con vapor o aire cálido y húmedo de manera que se produce condensación en la superficie de la partícula. Se promueve el contacto entre partículas, a menudo girando el polvo mojado en un vórtice. Al aglomerar polvos finos de aproximadamente 100 μm de tamaño en partículas con el tamaño de varios milímetros, se mejora el comportamiento de mojado de las partículas y se puede evitar la formación de grumos (Schubert, 1981).

En este sentido, material biológico deshidratado por métodos combinados también tendrá una estructura de poro abierto y, similar a liofilizados materiales, presentarán buenas propiedades de reconstitución (Beltran-Reyes *et al.*, 1996).

2.3.2. Propiedades Físicas

Las propiedades de harinas precocidas están en función del tiempo de humedecimiento y cada industria tiene una definición más o menos definida procedimiento para establecer un tiempo de disolución máximo permitido al evaluar propiedades instantáneas para la calidad controlar. Un procedimiento estándar para medir las propiedades instantáneas debe definir el solvente específico temperatura, el área superficial del líquido, la cantidad de material a disolver, el método de depositar un cierta cantidad de material sobre la superficie del líquido, pasos de mezclado predeterminados o no asistidos, y el procedimiento de sincronización (Pietsch, 1999).

2.3.2.1. Índice de Solubilidad de Agua (ISA)

Se considera el índice de solubilidad en agua a la cantidad de sólidos recuperados tras la evaporación del sobrenadante obtenido del análisis de absorción de agua, y se expresó como porcentaje de sólidos solubles en la muestra. (Anderson *et al.*, 1969). El índice de solubilidad en agua está relacionado a la cantidad de sólidos solubles, lo que es un indicativo del grado de dextrinización del extrudido. (Dogan & Karwe, 2003).

El ISA se considera que varía significativamente en las diferentes harinas debido al grado de cocimiento (Contreras, 2009). Considerando que es una medida de la cantidad de amilosa que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Meaño *et al.*, 2014).

2.3.2.2. Índice de Absorción de Agua (IAA)

El índice de absorción de agua (IAA) es un parámetro que da idea de la absorción de agua de una harina y es un indicador de rendimiento de masa fresca (Molina, 2008)

El IAA mide el volumen ocupado por el almidón después de haberse expandido en exceso de agua (Mason & Hosene, 1986), lo que corresponde al volumen del gel formado. En productos extruidos es una medida de la cantidad de almidón y proteína desnaturalizada y la formación de nuevos complejos entre las macromoléculas (Dogan & Karwe, 2003). El IAA depende de la disponibilidad de grupos hidrofílicos y de la capacidad de formación de gel de las macromoléculas (Aguilera & Fillford, 1996).

2.3.2.3. Poder de Hinchamiento (PH)

El poder de hinchamiento (PH) es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño del granulo por efecto de la expansión. Según Ojeda (2008), cuando las harinas se sumergen en agua, las moléculas de agua se difunden al interior del gránulo por lo que se hincha. Al calentarse se incrementa el volumen llegando el almidón a perder su cristalinidad y la amilosa puede ser lixiviada notablemente formando así un gel. El poder de hinchamiento de los gránulos de almidón está relacionado directamente con el contenido de amilosa, considerándose como un factor primordial para comprender las transiciones de fase entre muestras (Robles, 2012). Donde se evidencia que, al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento del poder de hinchamiento, para cada una de las muestras analizadas.

De igual forma esta Meaño *et al.* (2014), quien menciona que esta propiedad está influenciada por las características de la amilosa y amilopectina en cuanto a la distribución del peso molecular, grado de ramificación, longitud de las cadenas y conformación de las moléculas, así como por la formación de complejos amilosa-lípidos que restringen el poder de hinchamiento y solubilidad de los almidones (Alemán, 2012), debido a que está relacionado con la unión asociativa dentro del gránulo de almidón, y aparentemente la fuerza y carácter de la red micelar está relacionada con el contenido de amilosa en el almidón, es decir, un alto contenido de amilosa produce un bajo poder de hinchamiento, por lo que requieren de mayor temperatura para que los enlaces de hidrógeno se rompan en las áreas amorfas, provocando un proceso irreversible, contribuyendo así, a la absorción progresiva del agua en los gránulos de almidón. Es importante señalar que el poder de

hinchamiento también está determinado con el tamaño del gránulo, temperatura de gelatinización y la organización supramolecular de los componentes del almidón (Robles, 2012).

El poder de hinchamiento de los gránulos de almidón en las células es a menudo un factor que incide en la ruptura de éstas, éste parámetro permite observar el incremento del tamaño de gránulo por efecto de la expansión relacionándose con la capacidad de absorción de agua de cada gránulo (Robles, 2012).

2.4. PROCESADO

2.4.1. Eliminación de agua por vía térmica.

Existen dos mecanismos para la eliminación de agua como son: vía mecánica y vía térmica, éste último definido por Casp (2003), dice este tipo de operación es esencialmente una transferencia de materia que necesita la “activación” previa del agua mediante cierta cantidad de energía aportada por un transporte de calor. Las dos transferencias se desdoblán en una fase externa y una en fase interna.

2.4.2. Riesgos de alteración de la calidad del producto.

Diferentes procesos de conservación de alimentos producen cambios de las propiedades físicas y químicas que en si pueden tener ciertos riesgos como menciona Mafart (1994), el secado puede provocar pérdidas de vitaminas, reacciones de pardeamiento, insolubilización más o menos marcada de las proteínas, etc. Sin embargo, la eliminación de agua puede tener efecto más especificado por la falta de selectividad. Este efecto puede empobrecer sensiblemente la riqueza aromática de productos tales como los jugos de frutas, los mostos de manzana, los extractos de café, etc.

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 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, 1988).

Tabla 10. Efectos del tratamiento térmico sobre los principales compuestos nutricionales.

NUTRIENTE	EFECTO
Sustancias Sólidas	<ul style="list-style-type: none"> –Pérdida total de sólidos en el líquido de gobierno. –Dilución.
Proteínas	<ul style="list-style-type: none"> –Deshidratación –Inactivación enzimática –Pérdida de determinados aminoácidos esenciales –Pérdida de digestibilidad –Mejora la digestibilidad
Hidratos de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> –Gelificación del almidón e incremento de la digestibilidad
Fibra dietética	<ul style="list-style-type: none"> –Por lo general no presenta ninguna pérdida de valor fisiológico
Lípidos	<ul style="list-style-type: none"> –Conversión de los ácidos cis en trans, por oxidación. –Pérdida de actividad de los ácidos grasos esenciales
Vitaminas solubles en agua	<ul style="list-style-type: none"> –Grandes pérdidas de vitaminas C y B1 debidas a la lixiviación y a la degradación por calor. –Aumento de la biodisponibilidad de la biotina y la niacina, debido a la inactivación de enzimas.
Vitaminas solubles en grasas	<ul style="list-style-type: none"> –En su mayor parte son termoestables. –Pérdida por oxidación de lípidos
Minerales	<ul style="list-style-type: none"> –Pérdidas por lixiviación. –Posible aumento de los niveles de sodio y calcio por absorción desde el líquido de gobierno.

Fuente: Shaifiur (2003).

2.4.3. Tostado

La evolución del tueste se desarrolla en ciertas épocas de la historia, coinciden estas fechas con las grandes convulsiones y guerras que en esos tiempos vivió el mundo, y la escases de mano de obra fue la principal razón que obligó a buscar métodos más eficientes para el Tueste de Grano (Harigopal, 1973). Como hasta el año 1900 los granos se tostaba “en casa”, tanto en Europa como en América, empleando varios tipos de sartén o recipientes de arcilla a mano (Reyes & López, 2003). Con ser la parte más difícil del tueste la aplicación del calor en forma rápida y uniforme, los tostadores, trataban de mantener el grano en movimiento mientras le aplicaban calor considerable (Molina, 2008).

Durante el tostado suceden dos tipos de principales de modificaciones; por un lado, hay cambios estructurales por la formación de burbujas de vapor de agua liberadas en el transcurso del calentamiento del grano, que lo torna ligero y poroso, esto facilita el contacto de los componentes del grano molido y el agua. Por otro lado, hay cambios químicos, que favorecen la liberación o formación de compuestos que intervienen en el aroma, sabor y color de la bebida; en este aspecto influye mucho la presencia o ausencia de carbohidratos caramelizados por el calor. En el sabor influyen diferentes compuestos, responsables del sabor amargo (Ortega *et al.*, 2008).

El tostado desactiva los inhibidores de tripsina en *Cicerarietinum* debido a que este tratamiento térmico cambia la configuración de las proteínas de estos anti nutrientes afectando su actividad. Existen varios métodos de procesamiento tecnológico han sido utilizados para eliminar o inactivar las sustancias tóxicas de las leguminosas y para alterar la estructura del almidón, con la finalidad de mejorar

el acceso de los gránulos al ataque enzimático y mejorar así la utilización de los nutrientes, pero ninguno ha sido completamente efectivo cuando niveles altos (20-30%) de canavalia tratada han sido incorporados a la dieta (Heredia & Cabrera, 2012).

La técnica de tostado destruye las enzimas, insectos y bacterias. Si el tostado se efectúa de manera adecuada, incrementa el período de almacenamiento del producto final y contribuye a que este pueda ser más fácilmente digerible (UNIFEM, 1998). De acuerdo a diferentes criterios se puede asimilar que en el proceso de tostado según Fellows (2000), se transmite calor al alimento desde las superficies calientes y el aire en sólido más humedad el interior de la superficie y se transfiere agua desde el alimento al aire circundante.

En el tostado cambian los contenidos de los compuestos químicos y la concentración de éstos en los granos tostados se inicia con la desecación del grano y se desarrollan la caramelización de la sacarosa, los polisacáridos disminuyen, la sacarosa se degrada completamente, los azúcares reductores aumentan, la degradación de aminoácidos, la glicación entre los azúcares reductores y los aminoácidos, la despolimerización de los carbohidratos y las proteínas disminuyen debido a que los aminoácidos reaccionan y generan compuestos del aroma (Aguar *et al.*, 2015). Los lípidos aumentan debido a que algunos ácidos grasos se incrementan, los lípidos insaponificables disminuyen y algunos lípidos se oxidan y forman aldehídos y otros compuestos volátiles, las reacciones y formaciones de los ácidos, la generación del color y la producción de los compuestos volátiles y de las melanoidinas, y las cenizas aumentan (Galindo & Muñoz, 2011).

El tostado permite superar los problemas de toxicidad de los granos, pero, al parecer, también afecta la disponibilidad de algunas fracciones nutritivas. Ensayos preliminares han evidenciado una disminución significativa del contenido de energía metabolizable de los granos a medida que la temperatura de tostado aumentó, en un rango comprendido entre 120 y 240°C (reóstato) (Cengel, 2007) . Este mismo dispositivo también permite controlar con precisión el tiempo de tostado de las harinas. Las condiciones de tostado fueron 180 y 200 °C por 2 minutos (Heredia & Cabrera, 2012).

Para el proceso de tostado se han venido utilizando diferentes equipos basados en la transferencia de calor por conducción y convección, uno de estos equipos es la tostadora de cilindro rotatorio (Lozada, 2009).

2.4.4. Laminado

El laminado de los granos atemperados, lo que se lleva a cabo en un laminador que consta básicamente de dos rodillos o cilindros metálicos que giran en sentido opuesto, uno hacia el otro, haciendo que los granos pasen por su espacio intermedio, que es regulable. El interior de los rodillos es hueco, lo que permite pasar agua para refrigerar la superficie, que se suele calentar por la presión de los granos (García, 2008).

En el proceso de laminación, el endospermo es transportado hacia unos colectores en donde se les agrega agua (premojo), para luego ser pasado a través de cocinas de vapor verticales. El producto proveniente de las cocinas se hace pasar por unos laminadores para convertir el endospermo en hojuelas (flakes). Estas hojuelas salen húmedas y calientes, por lo que posteriormente se

pasan a través de una secadora y seguidamente por una enfriadora. Una vez que la hojuela se encuentra seca y fría, está es pasada a través de una premolienda, donde se reduce su tamaño para que sea más manejable en el siguiente proceso que es el de molienda (Fast, 1991).

Hojuelas de kañiwa: Se denominan hojuelas de kañiwa a los granos que han pasado por un proceso de laminado o compresión. Las hojuelas constituyen uno de los mejores productos para mantener sus nutrientes en forma concentrada (Apaza, 2010).

2.4.5. Ebullición

La ebullición se puede sencillamente definir como el tratamiento térmico de los alimentos con el fin de mejorar sabor, digestibilidad y seguridad. La ebullición implica transferencia tanto de calor como de masa. Los métodos tradicionales de cocción como la ebullición y el horneado son mejoras del método original en el que se utilizaban hogueras al aire libre. Los únicos métodos de cocimiento que no se derivan de esta técnica de la hoguera son los métodos de cocción por microondas y por inducción electromagnética (Fox & Cameron, 2008). El término ebullición sugiere la imagen del alimento tratado por calor en el hogar o en una instalación industrial, para producirle una serie de cambios en su textura, color, composición (sabor, digestibilidad, calidad nutricional) que mejoren su aceptación por el consumidor. En los tejidos vegetales la hidrólisis de los constituyentes de las paredes celulares y el hinchamiento debido a la expansión de los gases y a los cambios en la capacidad de retención de agua (gelatinización de los almidones) afectan también la textura (Casp, 2003).

Ebullición húmeda: Repo-Carrasco *et al.* (2010), investigó el efecto de la cocción en los compuestos bioactivos de la quinua, sometiendo a tratamiento térmico de cocción húmeda, el mismo que realizó en una proporción 1:4 (p/v) a 86 °C a presión atmosférica durante 45 minutos, separándolo por decantación la parte sólida del líquido.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR EJECUCIÓN

Los ensayos experimentales del presente trabajo de investigación se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería de los Alimentos y el laboratorio de Procesos Industriales de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1. Material biológico.

Los granos de cañihua utilizadas, se adquirió en el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA)-Puno (cosechada en el 2016) se adquirieron las variedades de: Cupi e ILLPA-INIA.

3.2.2. Materiales

- Matraz Erlenmeyer. (300 ml y 750 ml).
- Vasos de precipitado Marca Boeco Germany. (20 ml, 100 ml, 200 ml y 500ml).
- Probetas Marca Boeco Germany (100 ml y 250 ml).
- Cocina eléctrica Ohaus.
- Papel filtro reforzado.
- Espátula de Acero inoxidable.
- Mortero de porcelana.
- Tela gasa de color blanco.

- Tostador de Barro.
- Pipetas Volumétricas (0.5 ml, 1.00 ml, 5.00 ml, y 10.00 ml).
- Frascos de vidrio.
- Paletas
- Olla de aluminio.

3.2.3. Equipos.

- Balanza analítica digital, marca Sartorius, peso mínimo de 0,01 mg hasta 300 g. ISO 9001.
- Estufa modelo DHG-9023A, Marca: ICOSA.
- Centrífuga HETTICH modelo EBA 20.
- Licuadora (Oster).
- Tamizador STM. AMME.
- Analizador de humedad electrónico de la serie PMC 50, marca RAD WAG 26 - 600.
- Colorímetro PCE-TCD 100
- Laminadora de rodillo VULCANO LCV – 50 I/C, motor 12.5 HP (9.33 kW), 220/380/440v, 50/60 Hz, trifásico.
- Molino de martillos MPV 60 – 60, motor 20.0 y 50.0 HP (diámetros de zaranda 0,5 – 0,8 – 2,0 – 10,0).
- Termómetro de Mercurio Digital HANNA 150 °C
- Termocupla (Arduino)

3.2.4. Software

- Microsoft Office Profesional Excel 2013
- Paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

3.2.5. Reactivos

- Ácido Clorhídrico 0.0502N.
- Ácido sulfúrico 98%.
- Ácido Bórico 4%.
- Catalizador ($\text{SO}_4\text{Cu}:\text{SO}_4\text{K}$).
- Bisulfito de sodio 1M.
- Agua destilada.

3.3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.3.1. Análisis químico proximal de la cañihua

- Humedad (AOAC, 1994)
- Proteína total (AOAC, 1994)
- Grasa cruda (AOAC, 1994)
- Ceniza (AOAC, 1994)
- Carbohidratos (AOAC, 1994)
- Fibra (AOAC, 1994)

3.3.2. Análisis químico proximal de harinas procesadas de Cañihua

- Humedad (AOAC, 1994)

- Proteína total (AOAC, 1994)
- Grasa cruda (AOAC, 1994)
- Ceniza (AOAC, 1994)
- Carbohidratos (AOAC, 1994)
- Fibra (AOAC, 1994)

3.3.3. Análisis de propiedades físicas del almidón

a. Granulometría (García, et al., 2011)

Para determinar la granulometría de los almidones obtenidos se utilizaron los procedimientos y sugerencias descritos por Bedolla y Rooney (1984) citado por García *et al.* (2011). Se pesaron 100 g de muestra y se agitaron en el equipo de tamizado Ro -Tap durante 15 minutos, al término del tiempo se separaron y pesaron las fracciones retenidas en las diferentes mallas. Las mallas utilizadas fueron las siguientes números: 100, 140, 170 y 200 (Figura N°9). La correspondencia de valores en mm se muestra en la Tabla 11.



Fig. 9. Tamices vibratorios de diferentes números.

Tabla 11. Tamaño de abertura de acuerdo al número de malla (mesh).

Malla o N° de tamiz	Tamaño de apertura
100	0.150 mm = 150 μ m
140	0.106 mm = 106 μ m
170	0.090 mm = 90 μ m
200	0.075 mm = 75 μ m

Fuente: Sahai *et al.* (2001).

La distribución de tamaño de partícula (DTP) nos indica la funcionalidad que presenta las muestras (Sahai *et al.*, 2001). Es un factor importante cuando se define el propósito específico del producto (Gomez *et al.*, 1989). La distribución obtenida

se reportó como el porcentaje que retención en cada malla en base a la muestra inicial de la muestra, como se indica a continuación:

$$\%DTP = \frac{g \text{ retenido en cada malla}}{\text{muestra inicial}} \times 100$$

b. Índice de Tamaño de Partícula (García et al., 2011)

El Índice del Tamaño de Partícula (ITP) se calculó de acuerdo a lo reportado por Bedolla y Rooney (1984) citado por García *et al.* (2011), con la siguiente fórmula:

$$ITP = \sum [(FN_0M_i)(\%DTP_i) + \dots + (FN_0M_n)(\%DTP_n)]$$

Donde:

FN₀M= Factor de número de malla. (Tabla N°12)

DTP= Distribución del tamaño de partícula (%).

Tabla 12. Factor de número de malla.

Malla o N° de tamiz	Tamaño de apertura	FN ₀ M
100	0.150 mm = 150 um	1.0
140	0.106 mm = 106 um	1.4
170	0.090 mm = 90 um	1.7
200	0.075 mm = 75 um	2.0

Fuente: Bedolla y Rooney (1984).

c. Colorimetría (López-Ramírez, 2016)

La determinación del color se realizó con un Colorímetro PCE-TCD 100, con el que se midió el color de los almidones en una placa Petri; se colocó el equipo sobre esa superficie y se realizó el escaneo del color del almidón.

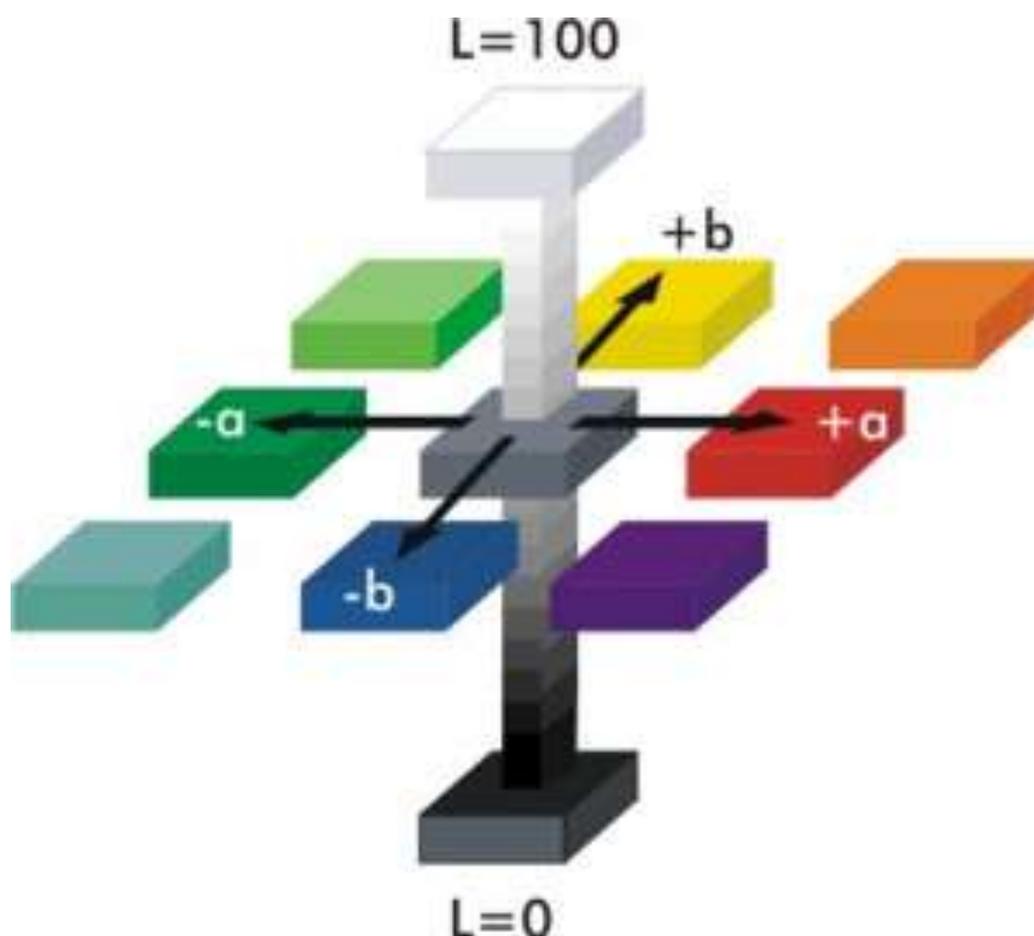


Fig. 10. Escala cromática L, a, b (Telmo, 2 017).

3.3.4. Análisis de propiedades físicas de harinas precocidas de Cañihua

Se obtuvo el promedio de tres repeticiones. Las pruebas de Índice de Absorción de Agua (IAA), Índice de Solubilidad de Agua (ISA) y Poder de Hinchamiento (PH), se pueden utilizar como un indicativo del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos. El método que se siguió para la determinación éstas propiedades físicas, fueron tomadas de Anderson *et. al.* (1969) citado por

Rodríguez –Sandoval *et al.* (2012), con algunas modificaciones. La harina, se tamizó para obtener tres tamaños de partículas (mm) 0.150, 0.106 y 0.090; de donde se tomó 0,5 g (b.s.) de muestra, y se pesaron en tubos de centrífuga, utilizando una balanza analítica. Se adicionó 6 ml de agua destilada a 30 °C y se incubó en el baño con agitación, durante 30 min. Posteriormente, se centrifugó a 1500 rpm, por 20 min. El sobrenadante se decantó, midiéndose su volumen, se filtró y se tomó 2 ml de filtrado para secarlo a 90 °C, por 2 h. El gel retenido en los tubos se pesó. El IAA, ISA y PH, se determinaron de acuerdo a las ecuaciones mencionados seguidamente (Rodríguez –Sandoval *et al.*, 2012).

a. Índice de solubilidad de agua (Rodríguez -Sandoval, et al., 2012)

$$ISA(\%) = \frac{\text{Peso seco sobrenadante (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

b. Índice de absorción de agua (Rodríguez -Sandoval, et al., 2012)

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

c. Poder de hinchamiento (Rodríguez -Sandoval, et al., 2012)

$$PH = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso seco sobrenadante (g)}}$$

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Análisis de las dos variedades de Cañihua

Las variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA, fueron sometidas a los siguientes análisis: determinación de humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos.

3.4.2. Extracción de almidón

A continuación se detalla las operaciones que se realizaron para la obtención de los almidones de Cañihua, donde se utilizó agua destilada en todo el proceso de extracción, como se muestra en el diagrama de flujo (Figura 11).

- A. Limpieza:** Se realizó con la finalidad de separar impurezas (pajas, insectos muertos, tierra, etc.) de la materia prima. Se realizó de manera manual.
- B. Lavado:** Se realizó con la finalidad de remover la cáscara que envuelve el grano.
- C. Remojo:** Con el objetivo que el grano de cañihua capte agua, y este se ablande, lo que facilitó la separación del embrión y endospermo. En esta etapa se sumergió 100 gramos de granos de cañihua en 300 ml de solución de bisulfito de sodio al 0.1 M, durante 24 horas. Transcurrido el tiempo, se eliminó el agua de remojo.
- D. Reducción de tamaño:** Esta operación, se realizó con la finalidad de romper la unión entre el embrión y el endospermo. Consistió en someter cantidades de 50 gramos de cañihua a una desintegración a través de una licuadora doméstica, esta etapa tuvo un tiempo de 15 minutos, se adicionó agua en la proporción 2:1 con respecto a la cantidad de cañihua remojada.
- E. Separación:** Esta operación se realizó con la finalidad de separar el almidón. Mediante esta operación se detuvo todo el embrión el cual fue eliminado, ya que después de la operación anterior, el embrión se

encontró en forma sólida y el endospermo en forma de suspensión, facilitando la separación esta diferencia entre estos componentes del grano de cañihua.

- F. Filtrado:** Se realizó con la finalidad de separar el almidón del agua, se dejó sedimentar por 48 horas, luego se eliminó el agua existente, quedando la pasta de almidón lista para ser secada.
- G. Secado:** En esta etapa se eliminó toda el agua existente colocando la pasta de almidón sobre papel filtro a una temperatura de 25 °C (estufa), hasta llegar a una humedad constante.
- H. Molienda:** En esta etapa con la ayuda de un mortero se logró que el tamaño de los gránulos de almidón sean mínimos para su posterior tamizado.
- I. Tamizado:** Esta operación se realizó con la finalidad de estandarizar e tamaño de la partícula, donde se permitió el paso de la suspensión de almidón por una serie de tamices U.S. standard, siendo estos: 100, 140, 170 y 200.

En la Figura 11 se puede observar la secuencia experimental para la extracción de almidón de cañihua:

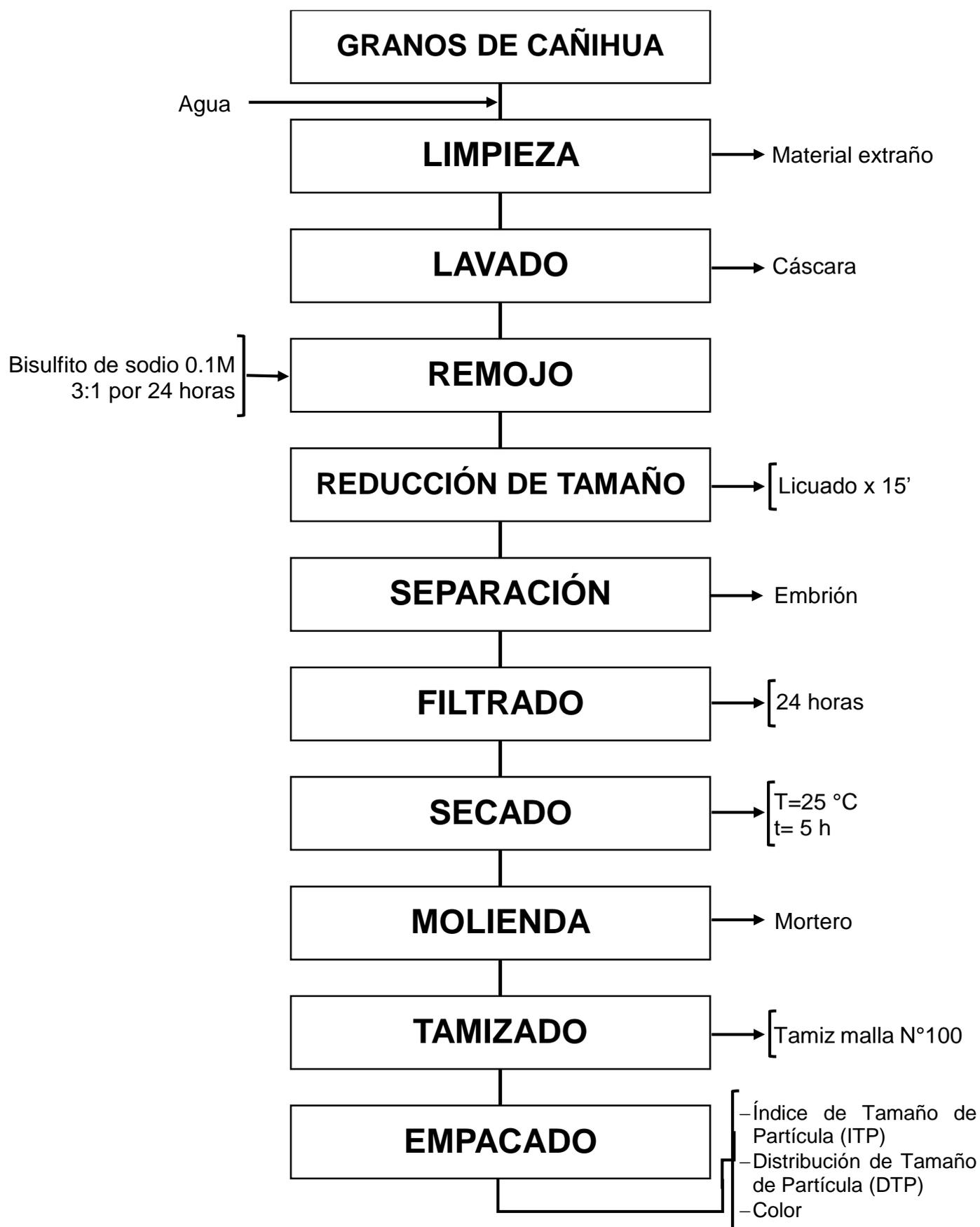


Fig. 11. Extracción de almidón (Arzapalo, et al., 2015).

3.4.3. Procesado de Harinas precocidas de cañihua mediante tres formas: ebullición-secado-molido, tostado-molido y laminado-molido.

- A. Limpieza:** Se realizó con la finalidad de separar impurezas (pajas, insectos muertos, tierra, etc.) de la materia prima. Se realizó de manera manual.
- B. Lavado:** Se realizó con la finalidad de remover la cáscara que envuelve el grano.
- C. Secado:** En esta etapa se eliminó toda el agua existente colocando los granos de cañihua en una estufa a 25 °C.
- D. Formas de procesado:**
- ❖ **Ebullición:** Se realizó esta operación con la finalidad de cocinar los granos de cañihua. Consistió en someter cantidades de 100 gramos de cañihua a una cocción en una olla, este proceso tuvo un tiempo de 30 minutos a una temperatura de 200 °C aprox. la cual se controló con la ayuda de una termocupla digital (Arduino), se adicionó agua en la proporción 2:1 con respecto a la cantidad de cañihua.
 - ❖ **Tostado:** Se realizó esta operación con la finalidad de cocinar los granos de cañihua. Consistió en someter cantidades de 100 gramos de cañihua a una cocción a través de una tostadora de barro, este proceso tuvo un tiempo de 18 segundos a una temperatura de 160 °C aprox. la cual se controló con la ayuda de una termocupla digital (Arduino).

❖ **Laminado:** Se realizó con la finalidad de reducir de tamaño los granos de cañihua haciendo pasar estos por una laminadora, previo remojo de 1000 g de cañihua a 20ml de agua para mejorar el aspecto del producto final. Posteriormente se hizo una cocción en microondas por 5 minutos.

E. Enfriado: Se puso las muestras de granos de cañihua procesadas a una temperatura de 25°C .

En los procesos de ebullición y lamiendo se pasó por un proceso previo de secado a 25 °C (estufa).

F. Molienda: En esta etapa con la ayuda de un molino, se logró que el tamaño de los gránulos de cañihua sean mínimos para su posterior tamizado.

G. Tamizado: Se realizó este proceso con la finalidad de estandarizar el tamaño de la partícula, donde se permitió el paso de la suspensión de almidón por una serie de tamices U.S. standard, siendo estos: 100, 140, 170 y 200.

En la Figura 12 se puede observar la secuencia experimental para la obtención de harinas instantáneas de cañihua mediante tres procedimientos:

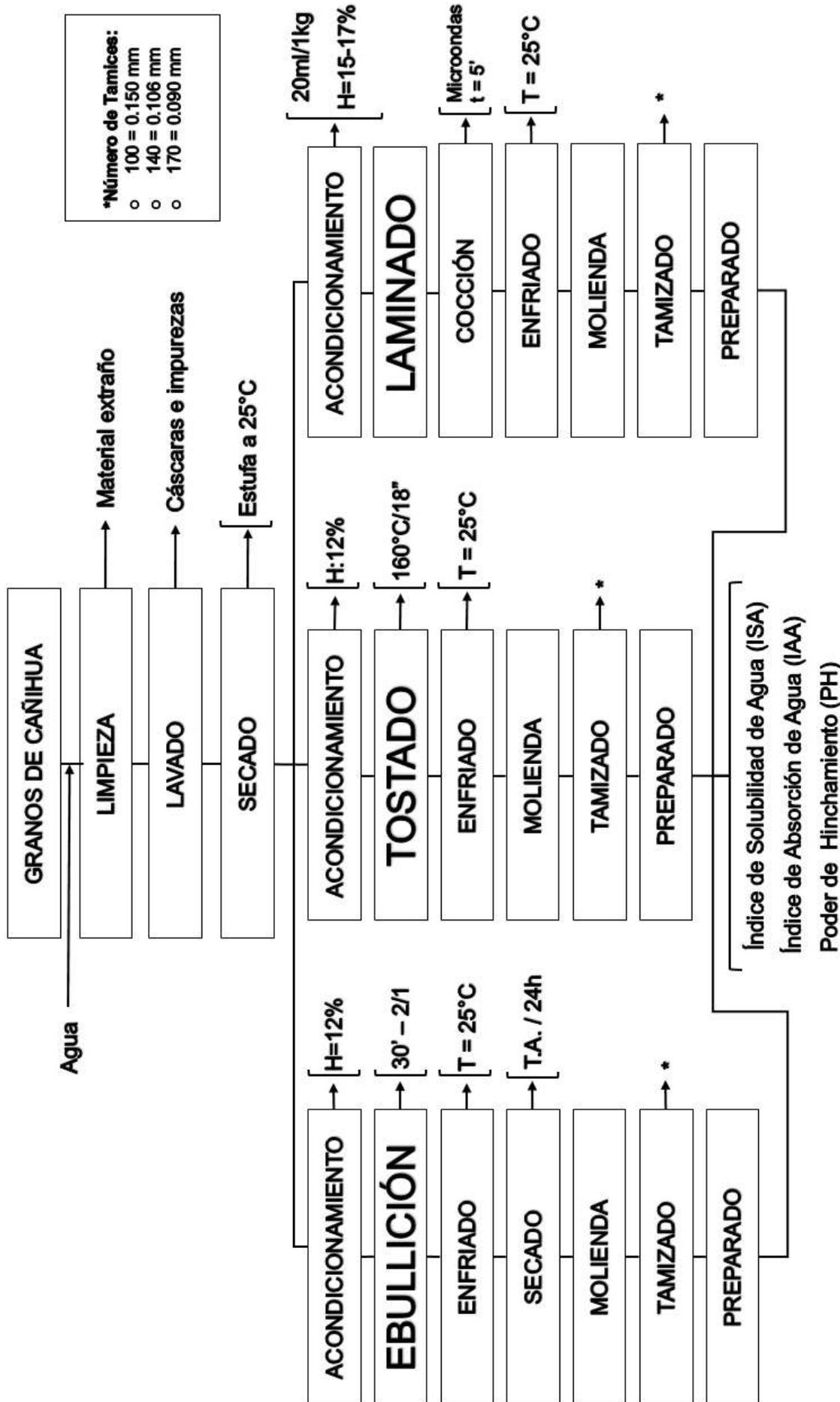


Fig. 12. Procesado de harinas precocidas de cañihua.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1. Análisis químico proximal de la Cañihua

La evaluación química proximal de la cañihua se realizó a nivel laboratorio, donde se evaluó el análisis químico proximal de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibras y carbohidratos; utilizó análisis de varianza (ANVA) con valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo; mediante el Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones.

3.5.2. Análisis de propiedades físicas del almidón

Se evaluó las propiedades físicas como: el rendimiento, Índice de Tamaño de Partícula, granulometría y colorimetría; de acuerdo a estas propiedades se utilizó análisis de varianza (ANVA) con valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo; mediante Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones.

3.5.3. Análisis químico proximal de las harinas precocidas de Cañihua:

La evaluación química proximal de las harinas de cañihua procesadas (tostada, ebullición y laminada), se realizó a nivel laboratorio, donde se evaluó el contenido proximal de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibras y carbohidratos; se utilizó análisis de varianza (ANVA) con valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo; mediante el Diseño Bloque Completo al Azar. Finalmente se realizó la prueba de comparaciones de Duncan, para efectuar las comparaciones múltiples entre tres medidas de tratamientos del experimento.

A continuación, se detalla la operatividad de los diseños experimentales utilizado en esta prueba:

Factor A: Variedades de Cañihua

Niveles del factor A: Variedad Cupi y variedad Illpa INIA

Factor B: tres formas de procesado

Niveles del factor B: Ebullición-secado-molienda, tostado-molienda y laminado-cocción-molienda.

A continuación se detalla a operatividad del diseño estadístico utilizado para esta prueba:

Tabla 13. Esquema de recolección de datos.

Replicas	a ₁			a ₂		
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₁	b ₂	b ₃
I						
II						
III						

Donde:

a₁ y a₂= Niveles del factor A

b₁, b₂ y b₃ = Niveles del factor B

I, II, III = Repeticiones

3.5.4. Análisis de las propiedades físicas de harina precocidas de cañihua

Para procesar los datos obtenidos en las propiedades físicas de las harinas de Cañihua se aplicó el experimento factorial de la serie 3^n , bajo el DCA. Porque se evaluó las propiedades físicas bajo tres factores: variedades (Cupi e Illpa INIA), tratamiento de procesado (ebullición-secado-molienda, tostado-molienda y laminado- cocción-molienda) y tamaño de partícula (0.150 mm, 0.106 mm y 0.090 mm). El modelo estadístico lineal aditivo es el siguiente (Ibáñez, 2009):

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

$i = 1, 2$ variedades de Cañihua

$j = 1, 2, 3$ tratamiento de procesado (ebullición-secado-molienda, tostado-molienda y laminado- cocción-molienda).

$k = 1, 2, 3$ (tamaño de partícula)

$l = 1, 2, 3$ (repeticiones)

Donde:

Y_{ijkl} = Es la propiedad física a evaluar de la variedad bajo el k-esimo tamaño de partícula, en el j-esimo procesado sujeto a la i-esima variedad.

α_i = Efecto de la i-esima variedad.

β_j = Efecto del j-esimo procesado.

γ_k = Efecto del k-esimo tamaño de partícula.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-esima variedad, con el j-esimo procesado.

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción de la i-esima variedad, con el k-esimo tamaño de partícula.

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Efecto de la interacción del j-esimo procesado, con el k-esimo tamaño de partícula.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Efecto de la interacción de la i-esima variedad, en el j-esimo procesado, sujeto al k-esimo tamaño de partícula.

ε_{ijkl} = Efecto de error proximal.

Además se realizó, un análisis de varianza (ANVA) para evaluar si resulta significativo ($P < 0.05$) o no la interacción entre las variables de estudio. Finalmente se hizo la prueba de comparación de Duncan para efectuar comparaciones múltiples entre dos medidas de tratamientos del experimento.

VARIABLES DE ESTUDIO

- ❖ Variedades de Cañihua (Cupi e Illpa INIA).
- ❖ Formas de procesado (ebullición-secada-molienda, tostada-molienda y laminada-cocción-molienda).
- ❖ Tamaño de partícula (0.150 mm, 0.106 mm y 0.090 mm).

VARIABLES DE RESPUESTA

- ❖ Índice de Solubilidad de Agua (ISA).
- ❖ Índice de Absorción de Agua (IAA).
- ❖ Poder de Hinchamiento (PH).

El esquema que se siguió para la recolección de datos para cada variedad fue el siguiente:

Tabla 14. Esquema de recolección de datos.

PROCESADO	P1			P2			P3		
Tamaño de Partícula (mm)	m0.150	m0.106	m0.090	m0.150	m0.106	m0.090	m0.150	m0.106	m0.090
1									
2									
3									

Donde:

P1 = Ebullición-secado-molienda

P2 = Tostado-molienda

P3 = Laminado- cocción-molienda

1, 2 y 3 = Número de repeticiones

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados están organizados de acuerdo a los objetivos planteados: propiedades físicas de los almidones de cañihua, composición química proximal y propiedades físicas de las harinas precocidas de cañihua.

4.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LA CAÑIHUA

Se trabajó con dos variedades de cañihua adquiridas del centro de investigación INIA Salcedo. En la Tabla 15 se muestra la composición química proximal de las dos variedades de cañihua analizadas: Cupi e Illpa INIA.

Tabla 15. Composición química proximal de granos de dos variedades de cañihua en %.

COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL	VARIEDAD	
	CUPI	ILLPA INIA
% Humedad	6.69	7.35
% Humedad (b.s.)	5.02	4.46
% Cenizas	4.78	4.44
% Proteínas	18.47	18.47
% Grasa	5.09	5.11
% Fibra	6.38	6.32
% Carbohidratos	58.59	58.31

Repo-Carrasco, et al., (2003) reportan que la cañihua posee 63 – 66 % de carbohidratos, siendo el almidón el más importante en todos los granos; 15 – 18 % de proteínas, 6 – 8 % de lípidos y 3 – 4 % de cenizas, los cuales coinciden con los reportados por el MINSA (1996). En la Tabla 15 se puede apreciar los resultados obtenidos en ambas variedades analizadas, donde la variedad Cupi presentó una humedad de 6.69 % y fibra de 6.38 % las cuales son inferiores a lo reportado por Sota (2003), Alvarado (2010) y Apaza (2010) quienes obtuvieron 11.23 % y 8.45% en contenido de humedad y fibra respectivamente; en lo referido al contenido de proteínas fue de 18.47 % siendo superior a lo reportado por Sota (2003), Alvarado (2010) y Apaza (2010) quienes obtuvieron valores que van de 13.48 a 17.31 %; mientras que el contenido de grasas y carbohidratos fue de 5.09 % y 58.59 %, respectivamente encontrándose en los rangos establecidos por Gutierrez (2003).

La variedad Illpa INIA presentó una humedad de 6.69%, cenizas 4.44 %, grasa 5.11 %, fibra 6.38 % y carbohidratos 58,31 %; comparando con los resultados reportados por Apaza (2010) y Alvarado (2010) el contenido de humedad y fibra fueron inferiores debido a que estos reportaron 8.36 % y 8.08 – 11.00 % respectivamente, mientras que el contenido de cenizas, grasas y carbohidratos se encuentra dentro de los rangos 3.69 - 4.16 %, 3.92 - 9.05 % y 58.00 - 61.54 % respectivamente; pero el contenido de proteínas fue superior debido a que reportaron 13.82 - 17.81 %. El alto contenido de fibra alrededor de las semillas pueden ser explicados como un mecanismo de protección de la planta frente a las condiciones (Kayro & S.S., 2008), así como el alto contenido de cenizas puede estar relacionado con el contenido de minerales de los suelos donde crecen, como se ha observado por Karyotis, et al., (2003).

En el Anexo III se muestran los resultados obtenidos de la prueba estadística ANOVA que se realizó para evaluar la variación de la composición química de las dos variedades de cañihua a evaluar, el cual nos indica que a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, hubo varianza significativa en el contenido de humedad, cenizas, fibras y carbohidratos; mientras que en la comparación de proteínas y grasa no hubo significancia. La variabilidad en la composición se debe a la variedad genética de granos de cañihua Cupi e ILLPA INIA (Gutierrez, 2003); debido a que una variedad de cañihua es definida como un grupo de plantas similares por sus características morfológicas y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades dentro de la misma especie (Apaza, 2010), y a la maduración a la que se encuentra, ésta varía en precocidad: un tipo madura dentro de sólo 95 días desde la fecha de siembra, aunque la mayoría de las variedades requieren de 150 días antes de que puedan ser cosechados (Gade, 1970). Además precisando que éste no contiene saponina y no es amarga (Simmonds, 1966; Mujica, 1994). También es preciso mencionar que el lugar, la altitud y las condiciones climáticas donde son cultivadas los granos influyen en su composición (Blanco *et al.*, 2008). Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, (2009) mencionan que la cañihua puede germinar a 5 °C, florecer a 10 °C y desarrollar semillas a 15 °C. Y está especialmente adaptado a las duras condiciones climáticas que caracterizan el Altiplano Andino, elevados (4000 m.s.n.m.), heladas frecuentes y granizo, y suelos áridos y salinos (Risi & Galwey, 1984). Además que la Norma Técnica Peruana define los límites de los valores en la composición química en base seca para la comercialización de la cañihua, siendo el valor máximo del 12,4 % y el 5,9 % para humedad y cenizas, respectivamente, y valores mínimos del 13,1 %; 3,5 % y 4 % para el contenido de proteínas, extracto etéreo y fibra bruta respectivamente (INDECOPI, 2014).

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL ALMIDÓN DE CAÑIHUA

La extracción de almidón se realizó por el método de extracción húmeda evaluando el rendimiento, granulometría (Distribución de Tamaño de Partículas), Índice de Tamaño de Partícula y color, tomándose muestras de dos variedades de Cañihua: Cupi e ILLP INIA.

4.2.1. Rendimiento del almidón de Cañihua

Tabla 16. Rendimiento de Almidón de dos variedades de Cañihua.

RENDIMIENTO DE ALMIDÓN	
VARIEDAD CUPÍ	49.31 %
VARIEDAD ILLPA INIA	45.32 %

En la Tabla 16 se puede apreciar el rendimiento de almidón obtenido que fue de 49.31 % en la variedad Cupi y 45,32 % en ILLPA INIA (Figura 13), donde en la evaluación ANVA a una significancia de $\alpha = 0.05$ (Anexo IV), no se observó variabilidad alguna entre ambas variedades; aunque es preciso mencionar que los resultados obtenidos son superiores a los valores de Hanco (2007), quien obtuvo un rendimiento de 31,84 % y 35,90 % en las variedades Cupi y Ramis respectivamente; de lo que cabe destacar que estos valores superan al porcentaje de fuentes importantes de almidón como la papa, camote, yuca y maíz (7 – 18 %). La diferencia, de los resultados obtenidos, se debe a las variedades en estudio y a las condiciones climatológicas en las que se desarrollan (Singh *et al.*, 2003),

además que la relación amilosa/amilopectina en los almidones varía de acuerdo al origen botánico, al clima y tipo de suelo, al proceso de obtención y purificación, así como de las condiciones de almacenamiento. Estos datos coinciden a los reportados por Ramírez-López (2016) quienes obtuvieron un rendimiento de aproximadamente el 33 %, en ambas variedades. Además que la variación en el rendimiento del almidón se debe a la metodología utilizada en la extracción (Aguilar, 2007).

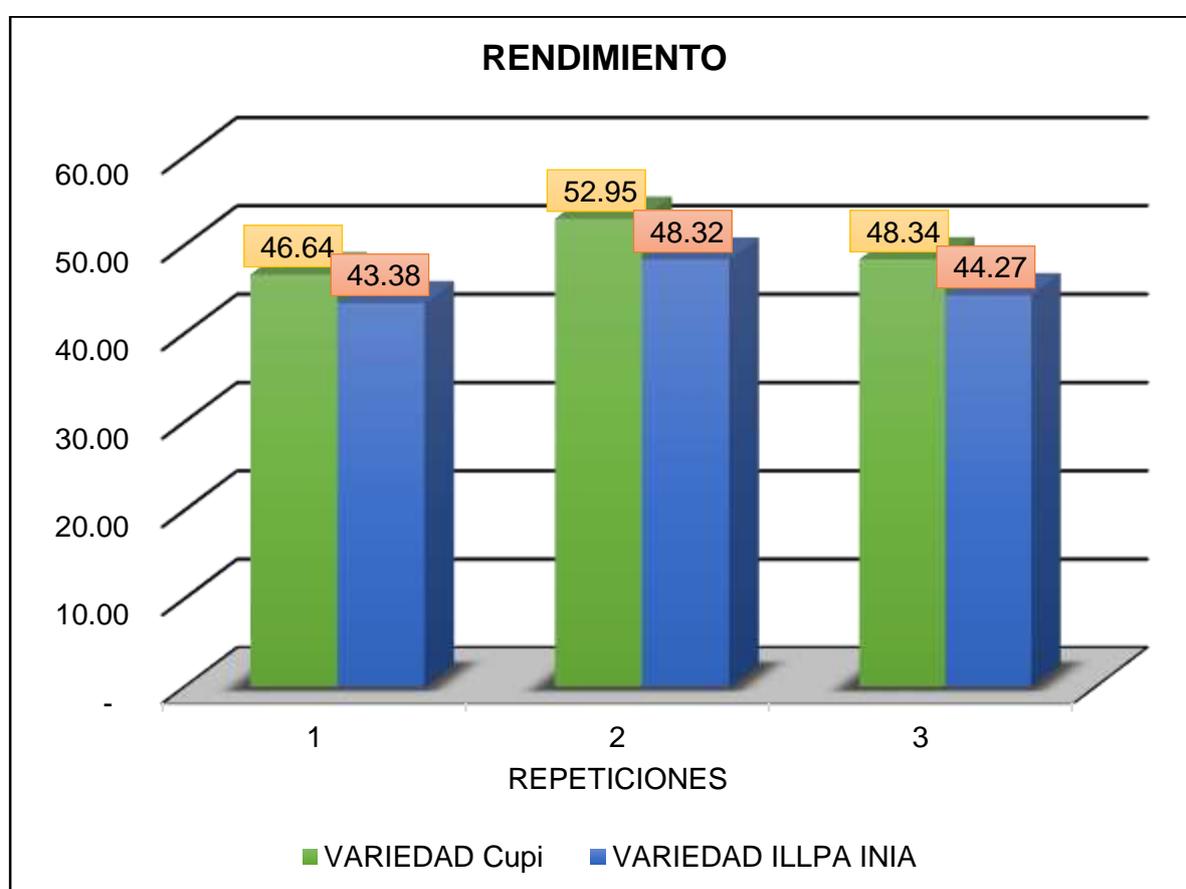


Fig. 13. Rendimiento de almidón de dos variedades de Cañihua.

4.2.2. Granulometría (Distribución de Tamaño de Partículas)

Tabla 17. Distribución de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.

# DE MALLA	TAMAÑO DE PARTÍCULA (mm)	VARIEDAD	
		CUPI	ILLPA INIA
100	0.125	82.48 %	84.26 %
140	0.106	12.18 %	12.04 %
170	0.090	4.91 %	3.68 %
200	0.075	0.18 %	0.09 %

En la Tabla 17 se observa la distribución de tamaño de partícula expresado, según el análisis ANVA a un nivel de significancia $\alpha=0.05$, según el Anexo IV se puede afirmar que no existe variación en el análisis de variedades, pero si existió significativa diferencia en el tamaño de partícula, según la prueba de Duncan, esto se dió en los tamaño de partícula (mm) 0.075 y 0.150; 0.075 y 0.106; 0.090 y 0.106; 0.090 y 0.150; pero en los tamaños de partícula (mm) 0.075 y 0.090 no existe diferencia estadísticamente significativa. Siendo preciso mencionar que este análisis nos indica la funcionalidad (Sahai *et al.*, 2001), ya que es un factor importante cuando se define el propósito específico del producto (Gomez *et al.*, 1989). Por ejemplo, para elaborar tortillas suaves y/o flexibles se requieren

partículas de finas, mientras que para la elaboración de tostadas se requieren partículas gruesas (Martínez *et al.*, 2005), debido a que esto influye en la textura y suavidad de los productos finales, por lo que se consideran aceptables tamaño de partículas menores a 0.150 mm (Aristizábal & Sánchez, 2007).

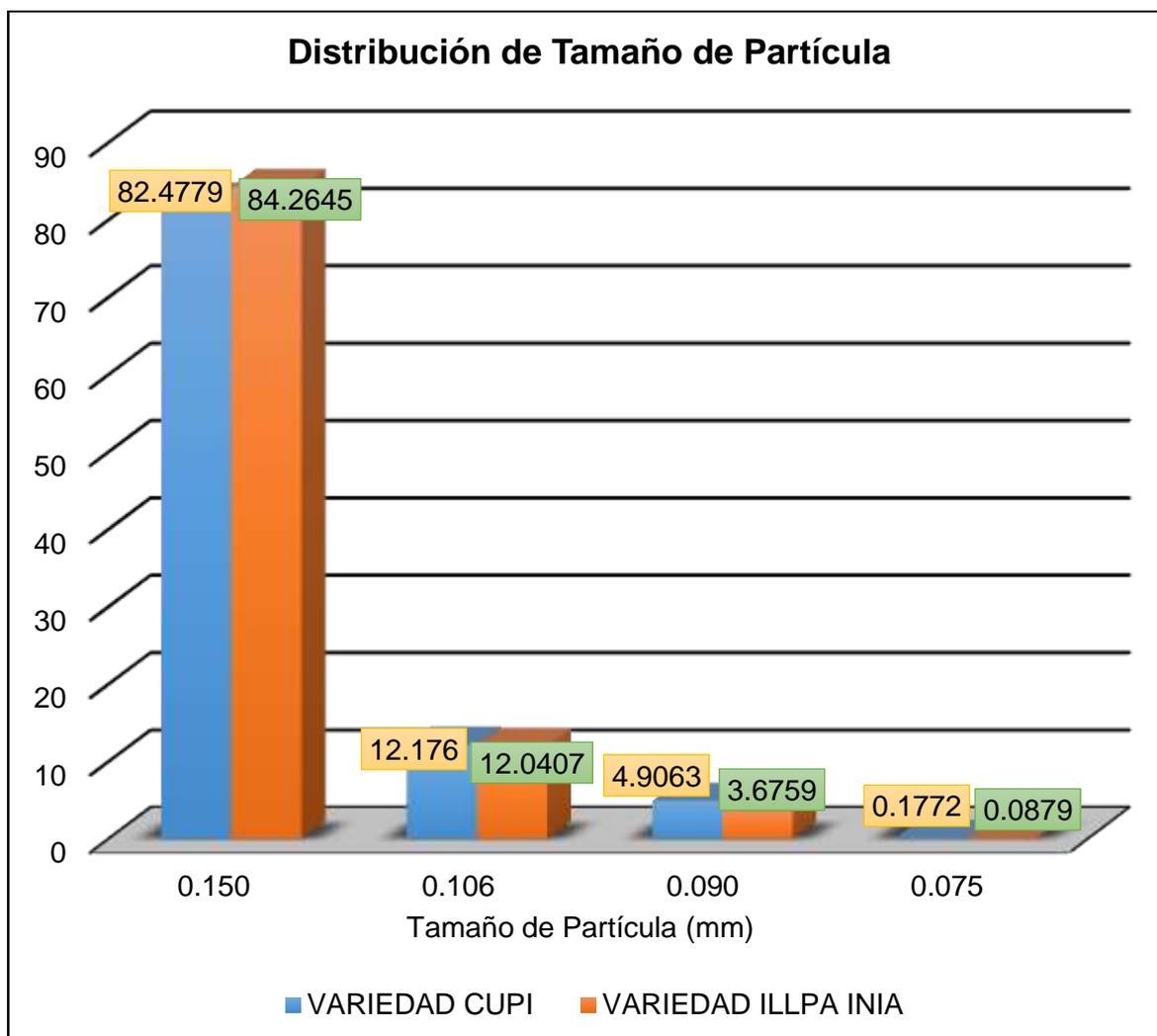


Fig. 14. Distribución de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.

4.2.3. Índice de Tamaño de Partícula (ITP)

Tabla 18. Índice de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.

VARIEDAD	ÍNDICE DE TAMAÑO DE PARTÍCULA
CUPI	108.22
ILLPA INIA	107.55

En la Tabla 18 se puede percibir el Índice de Tamaño de Partícula obtenido (Anexo IV), que según el análisis estadístico ANVA que se realizó para evaluar la variación en almidones de dos variedades de cañihua, el cual nos indica que a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, hubo varianza significativa entre las variedades debido a que se obtuvo 108.22 para la variedad Cupi y 107.55 en Illpa INIA, si bien es un indicador de la calidad, ya que altos valores indican mayor finura que se relacionan con masas más cohesivas (Gomez *et al.*, 1989) lo que quiere indicar que las muestras de almidón son de alta calidad, esto se debe al componente principal cuantitativamente hablando, es una sustancia glucídica compuesta de granos microscópicos, compuesta aproximadamente de 25 % de amilasa (cadena lineal de unidades de glucosa) y 75 % de amilopectina (cadena múltiple estructurada por unidades de glucosa) (Basurco & Mora, 2005). Estas propiedades están influenciadas por factores genéticos (diferencias varietales) y por factores como la edad de la planta, la época de cosecha, la fertilidad del suelo y la precipitación, entre otras cosas (Aristizábal & Sánchez, 2007). La variabilidad del Índice de Tamaño de Partícula se puede observar en la Figura 15.

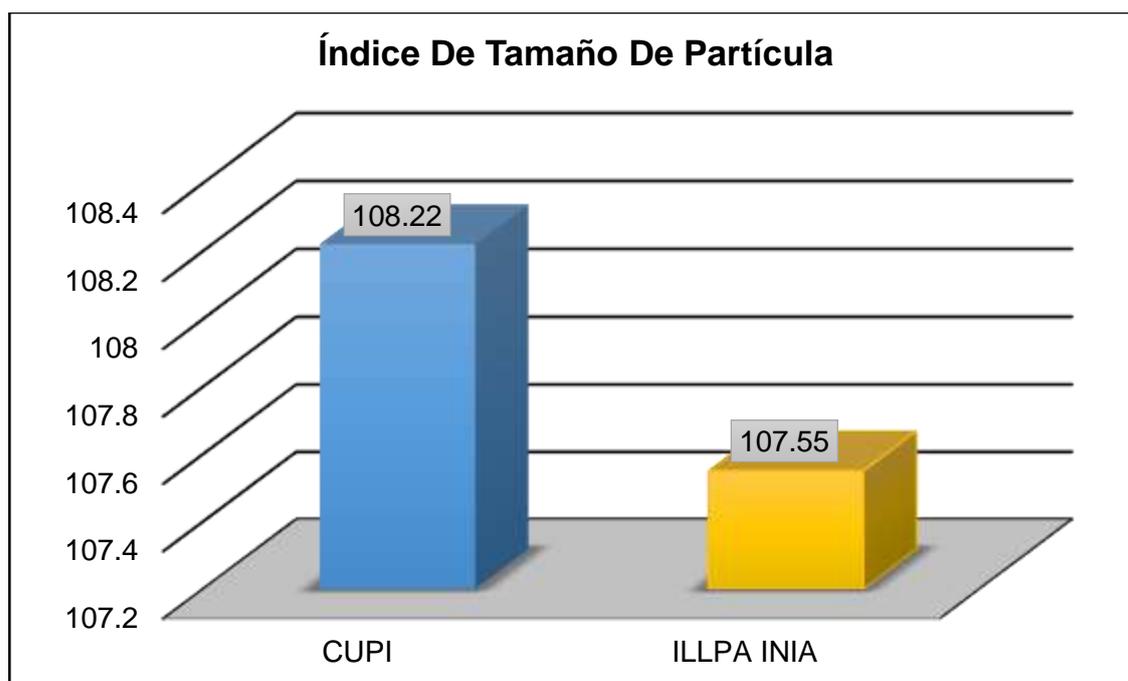


Fig. 15. Índice de Tamaño de Partícula del almidón de dos variedades de cañihua.

Considerando estas dos propiedades mencionadas se ven directamente relacionada a absorción intestinal debido a que cuando menor sea el tamaño de la partícula, mejor será su absorción (Chlup *et al.*, 2004), además que éste parámetro se puede relacionar con el grado de gelatinización y el porcentaje de almidón dañado (Martínez *et al.*, 2005). En comparación con el contenido de almidones de las harina integral de trigo se establece que cuando estos tengan valores altos de DTP e ITP (84.3 %) propocionan mayor suavidad a las masas (Aldana, 2005).

4.2.4. Color del almidón

Tabla 19. Color del almidón de dos variedades de cañihua.

VARIEDAD	L	H	a	b	C
CUPI	30.03	57.87	18.63	29.73	35.13
ILLPA INIA	22.67	50.37	21.13	19.30	28.87

El color se determinó utilizando un Colorímetro PCE-TCD 100, el cual se calibró con un mosaico blanco. La lectura se tomó directamente sobre el producto escaneando el color del almidón (Tabla 19), considerando el principio del equipo se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro, y refleja por el color blanco, así como la descomposición de la misma en los colores rojo, azul, amarillo y verde los valores que caracterizan estos colores son a, b, y L (Contreras, 2009). El eje L o de luminosidad va del 0 que corresponde al negro, al 100 correspondiente al blanco. Los otros dos ejes de coordenadas a y b representa variación del color rojo (valores positivos) al verde (valores negativos y de amarillo (valores positivos) y azul (valores negativos), respectivamente (García *et al.*, 2011). La variación del color del almidón, dependen del mes de cosecha del producto y la temperatura de análisis afectan notablemente el color de los almidones (Castro, 2009).

Los resultados de las propiedades ópticas se presentan en (Tabla 17). No se encontró diferencia en los parámetros H de la escala CIELab para los almidones, pero se observaron diferencias en los valores de L^* , a^* , b^* y cromaticidad (C^*) entre los almidones de las dos variedades de cañihua, donde la luminosidad (L^*) vario de 22.67 a 30.03 siendo estos positivos los cuales van hacia el color blanco; el valor de la croma a^* varió de 18.63 a 21.13, encontrándose éstos en la zona rojiza por ser estos positivos; y el valor de la croma b^* mostró valores positivos que van de 19.30 a 29.73, tendiendo estos hacia el amarillo, tal como de puede observar en la Figura 16. Aclarando que el valor de H relaciona los parámetros a^* y b^* , que son diferentes, donde el ángulo de tono es igual, pero tienen la misma diferencia de brillo (C^*).

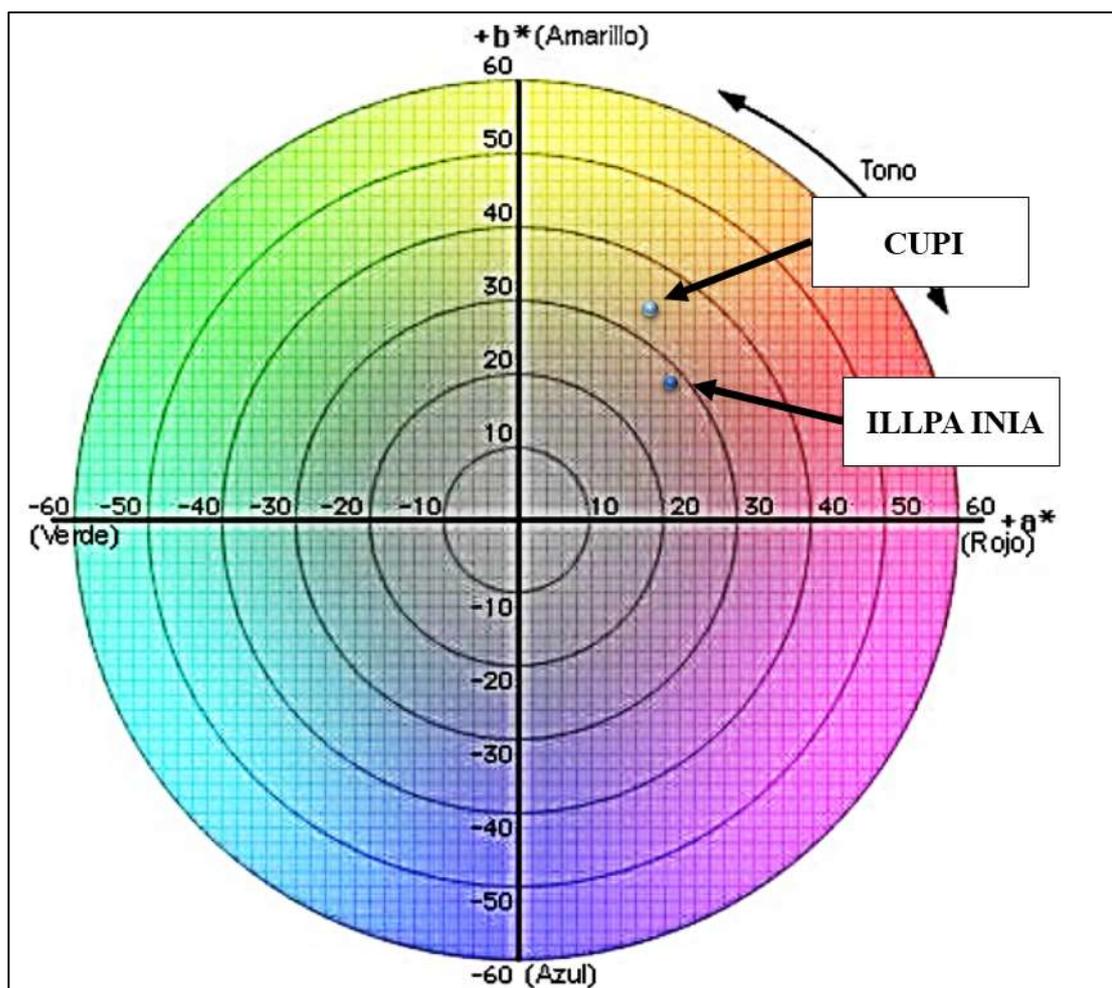


Fig. 16. Gráfica de color CIELab del almidón de dos variedades de cañihua.

Las diferencias en el color de los almidones se asocian a la pureza del compuesto y pueden ser explicados por las diferencias en la composición de las semillas para cada uno, impurezas presentes en la muestra, presencia de pigmentos o error en la preparación de la muestra. Tal como se aprecia en las extracciones alcalinas de almidón en semillas de amaranto fueron evaluadas por Villarreal *et al.* (2013), que encuentran valores de $L^* = 89,28$; $a^* = -0,25$ y $b^* = 2,58$, que están próximos a los parámetros de color de la cañihua Cupi.

ITINTEC (1997), indica que la medida del color servirá como una medida de la calidad homogénea, donde L^* indica la luminosidad de la muestra; esta va de 0

(negro) a 100 (blanco) lo que generalmente se utiliza para evaluar el color del almidón; el centro del diagrama es acromático; esto quiere decir que; conforme se incrementan los valores, va aumentando la saturación del color (Arzapalo *et al.*, 2015), considerando así que el almidón que presenta mejores características de calidad en la variedad Cupi seguido por la ILLPA INIA.

4.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE HARINAS PROCESADAS DE CAÑIHUA

Tabla 20. Composición química proximal de harinas procesadas de dos variedades de Cañihua.

COMPOSICIÓN QUÍMICA PROXIMAL	MUESTRA		TOSTADO		EBULLICIÓN		LAMINADO	
	CUPI	ILLPA INIA	CUPI	ILLPA INIA	CUPI	ILLPA INIA	CUPI	ILLPA INIA
% Humedad	6.69	7.35	4.64	4.85	7.59	7.51	7.33	7.31
% Cenizas	4.78	4.44	2.43	2.61	2.81	2.85	2.4	2.29
% Proteínas	18.47	18.47	20.7	18.03	16.69	16.25	17.58	18.47
% Grasa	5.09	5.11	4.08	4.8	6.19	6.28	6.02	4.62
% Fibra	6.38	6.32	6.02	6.25	6.81	7.95	7.05	6.12
% Carbohidratos	58.59	58.31	62.23	64.08	56.91	59.16	59.62	61.19

La composición química proximal de la cañihua en diferentes formas de procesado se muestra en la Tabla 20, de acuerdo a la prueba estadística ANVA (Anexo V), que se realizó para evaluar la variación de la composición química de

las tres formas de procesado de granos de cañihua a evaluar, a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, indica que hubo varianza significativa en el contenido de humedad, cenizas y carbohidratos; mientras que en la comparación de proteínas, grasa y fibras no hubo significancia, según la prueba de Duncan, para las formas de procesado en el contenido de humedad hay variación significativa en las interacciones de muestra y tostado, laminado y tostado, y ebullición y tostado, mientras que ebullición y muestra, ebullición y laminado, y laminado y muestra no hay diferencia estadísticamente significativa, precisando que esta variabilidad se ve influenciada por la variedad, la temperatura y el proceso al que es sometido (Mafart, 1994). El contenido de ceniza y los carbohidratos según la prueba de Duncan, mostró variación significativa para los procesos de ebullición y laminado, ebullición y muestra, y ebullición y tostado, mientras que para los procesos de laminado y tostado, laminado y muestra, y laminado y tostado no hay diferencia estadísticamente significativa, debido a que en el caso de las cenizas la superficie externa de la cañihua es chamuscada ligeramente, por lo que en el procesado de tostado las cenizas aumentan (Galindo & Muñoz, 2011), se debe a la concentración de éstos en los granos tostados por la iniciación del desecado de los mismos (Aguilar *et al.*, 2015). En el caso de los carbohidratos se debe al desarrollo de la caramelización de la sacarosa, por lo que los polisacáridos disminuyen, la sacarosa se degrada completamente, y los azúcares reductores aumentan (Galindo & Muñoz, 2011). En los lípidos, Galindo & Muñoz (2011) expresa que los lípidos aumentan debido a que algunos ácidos grasos se incrementan, los lípidos insaponificables disminuyen y otros se oxidan y forman aldehídos y otros compuestos volátiles, las reacciones y formaciones de los ácidos, la generación del color y la producción de los compuestos volátiles y de las melanoidinas. Mientras

que las proteínas presentan variabilidad por causa de la reacción de Maillard en presencia de carbohidratos reductores (Alcazar, 2002). Comparando con los datos reportados por Tacora (2013), se parecía que estos son menores a los obtenidos, sobre todo en el proceso de tostado a tres temperaturas como son 130, 160 y 190 °C, donde en sus resultados permiten apreciar que a mayor temperatura de procesado menor fue su contenido nutricional sobre todo en lo que respecta a proteínas y fibra. Mientras que en la evaluación del proceso de laminado reportado por Collazos (1996), el contenido de cenizas, carbohidratos, fibra y humedad es mayor a lo obtenido en esta investigación, esto se debe a la metodología de evaluación.

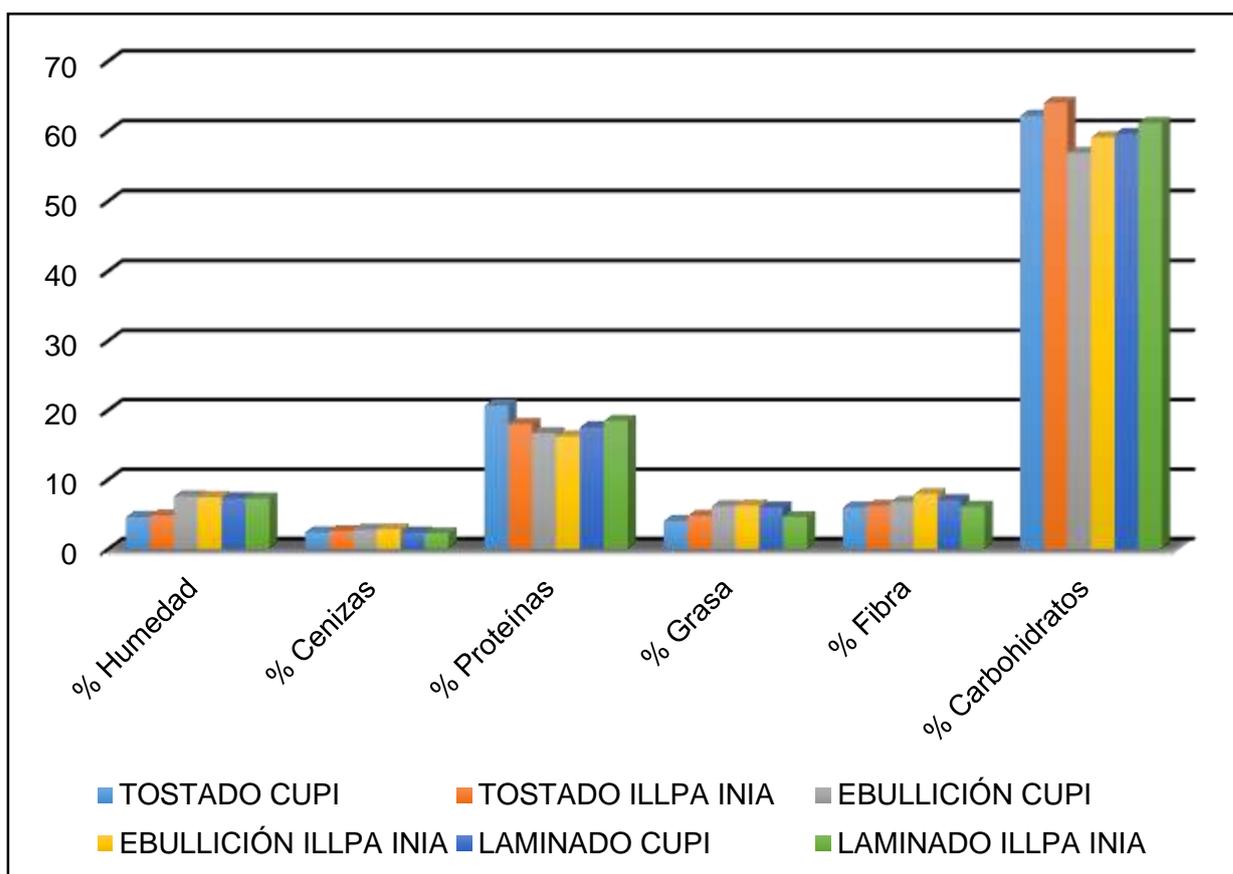


Fig. 17. Composición química de las harinas procesadas de dos variedades de Cañihua.

El contenido de carbohidratos tuvo un ligero incremento se debe a que en su mayor composición se encuentra el almidón lo que permite la digestibilidad y es fuente de energía calórico del alimento (Mujica *et al.*, 2002). Con respecto a la fibra dietaria Repo-Carrasco (1998), reporta un análisis de fibra dietaria para el grano de cañihua realizado por el método combinado (enzimático-gravimétrico), donde se separó la fibra en 2 fracciones; soluble e insoluble se pudo apreciar que la cañihua tiene un alto contenido de fibra dietética (16,41 g/100g) y fibra insoluble (12.92 g/100g) que es atribuido a la presencia de perígonos (pericarpio exterior) que envuelven al grano y que no han sido eliminados por completo. Con respecto a la humedad obtenida esta se encuentra dentro de los rangos obtenidos por Tacora (2103), quien menciona que la humedad en base seca del tostado está en un rango de 4.47 % a 4.96 %; esta característica tiene importancia en la conservación y almacenamiento del grano por un tiempo relativamente prolongado, lo que posibilita tener siempre en stock para el consumo, transformación en diferentes productos, así como para las épocas de baja o nula producción (Mujica *et al.*, 2002).

4.4. PROPIEDADES FÍSICAS DE HARINAS PROCESADAS DE CAÑIHUA

4.4.1. Índice de Absorción de Agua (IAA)

Tabla 21. Índice de Absorción de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

Tamaño de Partícula (mm)	CUPI			ILLPA		
	0.150	0.106	0.090	0.150	0.106	0.090
TOSTADO	3.68	4.10	3.92	3.36	3.56	3.53
EBULLICIÓN	3.52	3.51	3.23	3.82	3.44	3.56
LAMINADO	2.77	2.98	2.75	2.82	2.76	2.71

En la Tabla 21 se observa que la harina de cañihua tostada en ambas variedades tiene mayor Índice de Absorción de Agua, que las harinas procesadas por ebullición y laminado, esto se debe al contenido de almidón en su composición, como se muestra en la Figura 18, en el gráfico de barras de índice de absorción de ambas variedades, en las tres formas de procesado.

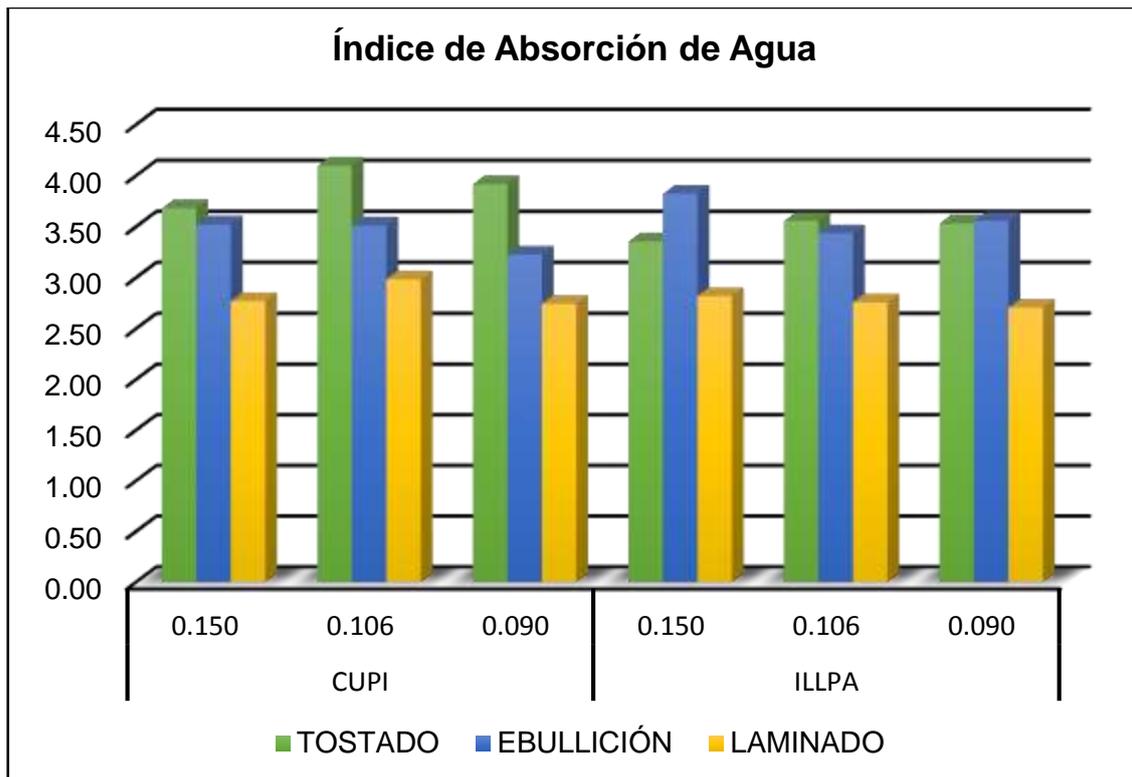


Fig. 18. Índice de Absorción de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

En el Anexo VI se muestran los resultados obtenidos de la prueba estadística ANOVA que se realizó para evaluar la variación del Índice de Absorción de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua, el cual nos indica que a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, hubo varianza significativa en el tipo de procesado; mientras que en la variedad y el tamaño de partícula no hubo significancia, según la prueba de Duncan, en los procesos de tostado y laminado, ebullición y laminado hubo diferencia estadísticamente significativa; mientras que en los procesos de tostado y ebullición no existe diferencia estadísticamente significativa. Es así que los resultados obtenidos, se puede observar que la harina estandarizada al tamaño de partícula de 0.160 mm tiene mayor Índice de Absorción de Agua que las demás muestras estandarizadas de 0.150 mm y 0.090 mm.

Rodríguez –Sandoval *et al.* (2012), reporta resultados de 1.92 harina de trigo, 4.48 harina de papa y 2.31 en quinua; los cuales son inferiores a los resultados obtenidos sobre todo en el trigo y en la quinua, explicándose que se expresarán mayores valores cuando mayor sea el grado de gelatinización debido a que habrá mayor interacción por parte del almidón (Singh *et al.*, 2003). En el presente estudio, se observó que según el análisis de varianza se utilizó un solo porcentaje de humedad empleado en las tres formas de procesado de acuerdo al tamaño de partícula los cuales tuvieron un efecto significativo en los valores de IAA. Existe una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de humedad y el IAA (Molina, 2008), debido a que depende de la disponibilidad de grupos hidrofílicos y de la capacidad de formación de gel de las macromoléculas (Aguilera & Fillford, 1996).

En los valores obtenidos de Índice de Absorción de Agua se puede apreciar que son mayores a los presentados por la quinua siendo estos 2.3 a 5.10 % (Abugoch, *et al.*, 2009), esto se debe a que tiene una mayor composición en almidones los cuales al ser procesados tienden a exponerse (Aguilar, 2007); es así que la absorción de agua es un parámetro que muestra la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón dentro de las secciones amorfas y cristalinas. Estas interacciones se ven afectadas por la relación amilosa/amilopectina y por las características de las mismas, en términos de peso/distribución, grado y longitud de ramificación y conformación (Rodríguez -Sandoval, *et al.*, 2012).

4.4.2. Índice de Solubilidad de Agua (ISA)

Tabla 22. Índice de Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

Tamaño de Partícula (mm)	CUPI			ILLPA		
	0.150	0.106	0.090	0.150	0.106	0.090
TOSTADO	12.01	12.86	13.46	11.13	13.83	12.72
EBULLLICIÓN	12.36	15.06	17.40	13.67	17.83	18.56
LAMINADO	16.87	21.63	23.00	16.10	22.19	23.92

En el Anexo VI se muestran los resultado obtenidos de la prueba estadística ANVA que se realizó para evaluar la variación del Índice de Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua, el cual nos indica que a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, hubo varianza significativa en el tipo de procesado y el tamaño de partícula; mientras que en la variedad no hubo significancia, según la prueba de Duncan, en los tres procesos hubo diferencia estadísticamente significativa; mientras que en la evaluación de variación según el tamaño de partícula, se aprecia que en las interacciones de 0.090 y 0.150 ; 0.106 y 0.150 hay diferencia significativa, pero en 0.090 y 0.106 no hay diferencia significativa.

En la Tabla 22, se observa el Índice de Solubilidad de agua en las tres formas de procesado, se observa que cuando más pequeño es el tamaño de partícula mayor es el Índice de Solubilidad de Agua que puede llegar hasta 23.00 en Cupi y

de 23.92 en Illpa INIA, es así que las harinas de las tres formas de procesado laminado, ebullición y tostado; expresaron un mayor resultado en la variedad Cupi que fue de 16.87 – 23, 12.36 – 17.40 y 12.01 – 13.46 respectivamente.

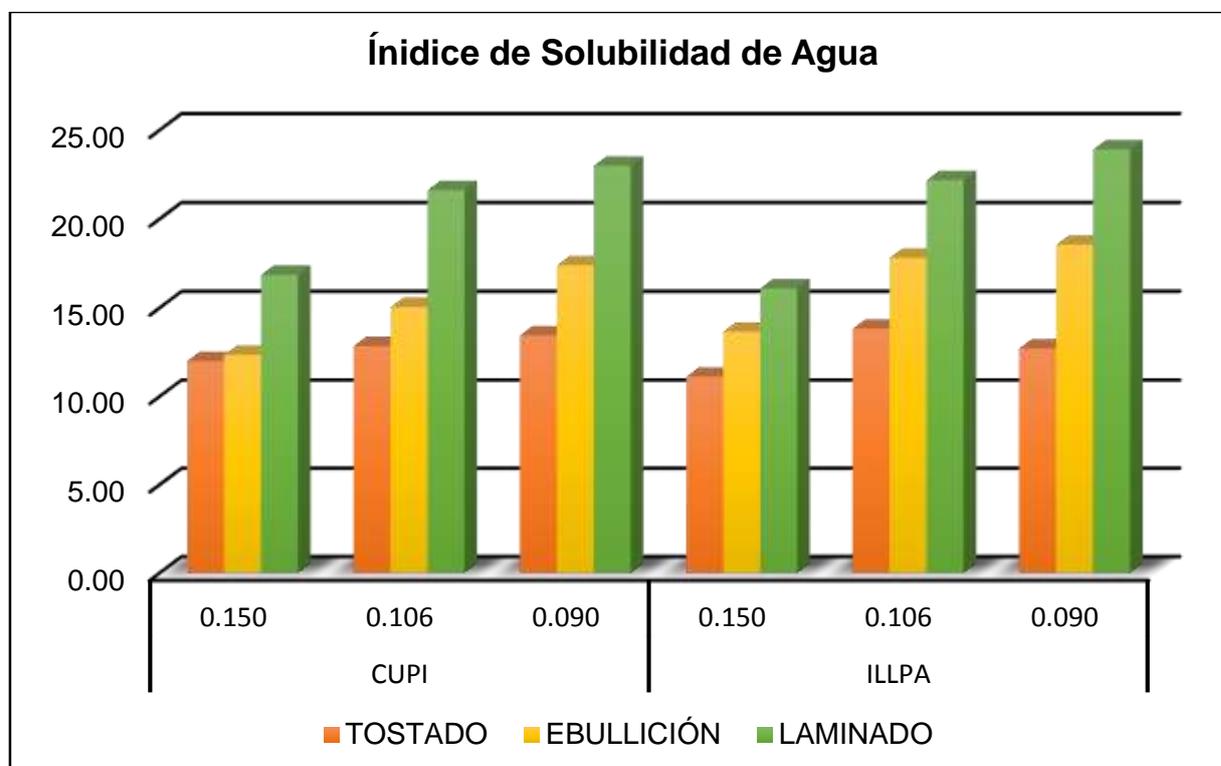


Fig. 19. Índice de Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

En la Figura 19 se muestra el Índice de Solubilidad de Agua de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua a diferentes tamaños de partícula, donde se observa que se tiene mayores valores en la harina laminada de la variedad Illpa INIA a un tamaño de partícula de 0.090 mm, además que en todos los casos el proceso de laminado presenta mayor Índice de Solubilidad seguido por la ebullición y último el tostado; además que cuando es menor el tamaño de partícula mayor será el Índice de Solubilidad de Agua; esta variación puede deberse a algún grado de desnaturalización de las proteínas en las harinas durante el procesamiento, y por efecto de la estructura, es probable que los grupos que interaccionan con el

agua pueden ser menos expuestos para interactuar con ella, también se precisa que las harinas tienen un mayor contenido de almidones y en consecuencia estos se dispersan fácilmente en agua fría para formar suspensiones moderadamente estables; debido a que los almidones con alto peso molecular exhiben limitada solubilidad en agua fría (Martínez *et al.*, 2005). De igual forma, los almidones con gran cantidad de amilosa muestran mayor solubilidad en agua fría que los almidones céreos y este comportamiento está relacionado con el tipo de estructura A y B de los almidones (Bello *et al.*, 2002). La ISA se considera que varía significativamente en las diferentes harinas debido al grado de cocimiento (Contreras, 2009).

El Índice de Solubilidad de Agua es una medida de la cantidad de amilosa que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Meaño *et al.*, 2014).

El incremento presentado en el Índice de Solubilidad de Agua de las harinas cocidas de Hartón y Guayabo (entre 86 °C y ebullición) obtenidas por la cocción en agua a las temperaturas del estudio, puede estar dado por la exudación de amilosa debido al hinchamiento de los gránulos de almidón (Hernández *et al.*, 2008). Valores más altos de Índice de Solubilidad de Agua, en comparación con los de la capacidad de absorción de agua, en el cual sus constituyentes solubles pueden ser disueltos en el agua, en función de la temperatura, a diferencia del nivel de absorción, puede ser debido a harinas con presencia de mayor cantidad de sólidos solubles como carbohidratos de bajo peso molecular (González & Pacheco-Delahaye, 2006). Si se tiene en cuenta que el índice de solubilidad indica el nivel de degradación de los polímeros contenidos en el almidón (Brousse *et al.*, 2012)

como la amilosa y la amilopectina, también podría considerarse que en las harinas hay una mezcla con otros polímeros como la pectina, la que podría estar teniendo algún aporte en la fracción de sólidos de bajo peso molecular como consecuencia de procesos hidrolíticos a los que también se ve expuesta, en condiciones como ebullición y vapor al darse un mayor ablandamiento de los tejidos se facilitaría la exudación al medio de compuestos no amiláceos de bajo peso molecular (González & Pacheco-Delahaye, 2006).

En harinas crudas de plátano se reportó un ISA de $7,52 \% \pm 0,014$ para Guayabo y $5,86 \% \pm 0,004$ para Hartón, en el estudio realizado por Jiménez (2012). En harina de yuca precocida sin ser sometida a reposo a bajas temperaturas, se obtuvo un valor de ISA de $19,22 \pm 0,3$, mucho mayor que para plátano y así como en el caso del IAA se observa la influencia del tipo y origen de las harinas en estas propiedades (Aristizábal & Sánchez, 2007).

4.4.3. Poder de Hinchamiento (PH)

Tabla 23. Poder de Hinchamiento de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

Tamaño de Partícula (mm)	CUPI			ILLPA		
	0.150	0.106	0.090	0.150	0.106	0.090
TOSTADO	4.19	4.70	4.53	3.78	4.13	4.05
EBULLICIÓN	4.02	4.14	3.91	4.43	4.18	4.37
LAMINADO	3.33	3.81	3.57	3.36	3.55	3.56

En la Tabla 23 se observa la harina de cañihua de variedad cupi en sus tres formas de procesado y a sus diferentes tamaños presenta mayor Poder de Hinchamiento con respecto a Illpa INIA, teniendo su valor más alto a un tamaño de partícula de 0.106 mm en el procesado de tostado. Además, que en la Figura 20 se puede observar, en la variedad Cupi tostada presenta mayor Poder de hinchamiento seguido por la ebullición y el laminado; mientras que en Illpa INIA este aumenta conforme el tamaño de partícula disminuye. Rodríguez –Sandoval *et al.* (2012), reportó 1.96 en harina de trigo, 4.84 en papa y 2.43 en quinua, estos valores están por debajo a los obtenidos en la cañihua. La morfología, el procesamiento y la composición de las harinas afectan las propiedades físicas, por consiguiente, aunque los niveles de lípidos presentes en la harina sean bajos, afectan el poder de hinchamiento (Singh *et al.*, 2003). Donde se evidencia que, al aumentar gradualmente la temperatura, se produce también el incremento del poder de hinchamiento, para cada una de las muestras analizadas (Robles, 2012). También es preciso mencionar que el poder de hinchamiento de las harinas está directamente relacionado al contenido de almidón en las células, es a menudo un factor que incide en la ruptura de éstas, debido a que éste parámetro permite observar el incremento del tamaño de gránulo por efecto de la expansión relacionándose con la capacidad de absorción de agua de cada gránulo (Robles, 2012).

En el Anexo VI se muestran los resultados obtenidos de la prueba estadística ANVA que se realizó para evaluar la variación del Poder de Hinchamiento de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua, el cual nos indica que a un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, hubo varianza significativa en el tipo de procesado; mientras que en la variedad y el tamaño de partícula no hubo significancia, según

la prueba de Duncan, en las interacciones de los procesos de tostado y laminado, ebullición y laminado hubo diferencia estadísticamente significativa; mientras que en los procesos de tostado y ebullición no existe diferencia estadísticamente significativa.

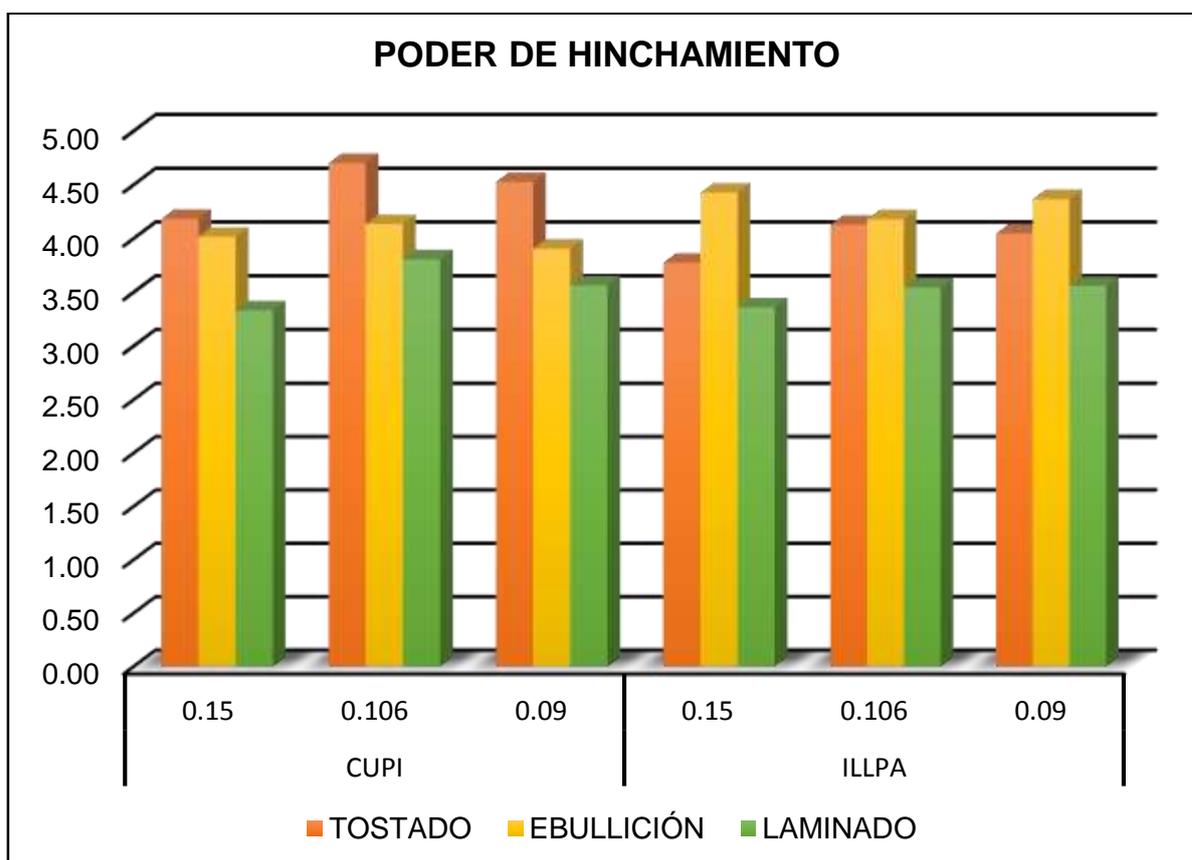


Fig. 20. Poder de hinchamiento de las harinas procesadas de dos variedades de cañihua.

Esta variación con respecto al Poder de Hinchamiento de las harinas se debe a que están compuesto en su mayor parte por almidones y estos tienden a absorber agua y a hinchar. En una primera fase el agua se difunde por las zonas amorfas del gránulo de almidón, produciéndose un primer hinchamiento que es reversible. Durante esta etapa de cocción, la amilosa se solubiliza y el almidón sufre una dispersión coloidal, constituida por una fase continua o disolvente que se enriquece

en amilosa y una fase dispersa de gránulos de almidón hinchados y enriquecidos en amilopectina (Aguilar, 2007). En esta etapa, los gránulos conservan sus propiedades ópticas incluyendo la capacidad de refractar la luz polarizada (birrefringencia), la cual está asociada a la alineación de las moléculas dentro del gránulo. Pero pierden su semicristalinidad y se hinchan. Dependiendo de factores como: tamaño del gránulo, variedad del almidón, contenido de amilosa y amilopectina, pH, cantidad de agua y contenido de sales (Konischi *et al.*, 2006). La absorción de agua y el aumento de volumen van acompañados de un fuerte aumento de la viscosidad hasta llegar a un máximo llamado pico de viscosidad esto depende del tamaño de partícula, en consecuencia a mayor tamaño partícula mayor pico de viscosidad y menor tiempo y temperatura se tendrá para alcanzar la viscosidad pico (Narváez *et al.*, 2007); en el cual la molécula se rompe y ocurre una difusión de amilosa y amilopectina, generándose una mezcla de gránulos hinchados ricos en amilopectina, gránulos fundidos hidratados y moléculas disueltas de amilosa (Howling, 1980). El incremento de la proporción de amilopectina en el almidón provoca picos de viscosidad máxima más altos, mientras que una mayor proporción de amilosa causa el efecto opuesto (Alvis *et al.*, 2008). La máxima viscosidad es el resultado del máximo hinchamiento, formándose una dispersión en medio acuoso, la cual es llamada pasta o engrudo. Cuando la temperatura de una suspensión acuosa de almidón es superior a la temperatura de gelatinización, los enlaces de hidrógeno se continúan destruyendo, las moléculas de agua empiezan a anexarse a los hidroxilos liberados y los gránulos se continúan hinchando. Como resultado directo del hinchamiento de los gránulos hay un incremento de la solubilidad del almidón (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento son usados como indicadores de la retención del agua, mientras que el índice de solubilidad indica el nivel de degradación de los polímeros contenidos en éste. El índice de absorción de agua es una medida indirecta del grado del almidón gelatinizado por la cocción. Todas estas variables están relacionadas con la palatabilidad de los alimentos (Hevia *et al.*, 2002). Los valores de ISA e IAA; pueden indicar que tan cocida esta la harina y cuánto daño de almidón presenta el material; mientras mayor daño exista en el almidón, la harina tendrá a absorber una mayor cantidad de agua (Contreras, 2009).

CONCLUSIONES

El rendimiento de almidón de cañihua fue de 49.31 % y 45.32 %; en la evaluación de las características físicas, Índice de Tamaño de Partícula fue 108.22 y 107.55, donde la Distribución de Tamaño de Partícula fue 82.45 % y 84.26 % en 0.25 mm de tamaño de partícula en las variedades Cupi e Illpa INIA respectivamente. Mientras que en la evaluación de color se obtuvo valores positivos en luminosidad (L^*) 22.67 a 30.03, la croma a^* 18.63 a 21.13 la cual tiende ligeramente rojiza y la croma b^* de 19.30 a 29.73 tendiendo a la zona amarilla clara.

La composición química proximal de las harinas procesadas de cañihua, presentó un 64.08 % y 62.23 % de carbohidratos en el proceso de tostado de las variedades Cupi e Illpa INIA respectivamente, seguido por la ebullición el cual además presenta mayores porcentajes de humedad y grasas; y finalmente el laminado donde resalta el porcentaje de fibras.

Las propiedades físicas evaluadas en las harinas procesadas de cañihua a diferentes tamaños de partículas fueron: el Índice de Absorción de Agua (IAA), el Índice de Solubilidad de Agua (ISA) y el Poder de Hinchamiento (PH), obteniéndose valores de 4.10, 12.86 y 4.70 respectivamente en 0.106 mm de tamaño de partícula del proceso de tostado de la variedad Cupi, seguido del laminado y la ebullición; mientras que en Illpa INIA se obtuvo valores de 3.82, 13.67 y 4.43 respectivamente en 0.150 mm de tamaño de partícula del proceso de ebullición, seguido por el tostado y el laminado.

RECOMEDACIONES

Se recomienda la evaluación de análisis de imagen en la evaluación de las propiedades físicas de diferentes variedades de Cañihua.

Se recomienda la elaboración de diferentes productos agroindustriales a partir de los resultados obtenidos de las propiedades físicas: Índice de Absorción de Agua, Índice de Solubilidad de Agua y Poder de Hinchamiento, al ser sometidos a diferentes tipos de procesado, con lo cual se podrá evaluar la influencia en el producto final.

Para la producción de harinas precocidas se recomienda utilizar granos de cañihua con y sin perigonio, debido a que se obtendrá resultados precisos en la composición química proximal y posteriormente realizar la influencia del tamaño de partícula en la determinación de las propiedades físicas en las harinas de Cañihua para la elaboración de harinas precocidas.

REFERENCIAS

- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, S., Gonzalez, M. & Condezo-Hoyos, L. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, 56 (4), 410-417.
- Abugoch, L., Castro, E., Tapia, C., Añin, M., Gajardo, P. & Villaroel, A. (2009). Stability of quinoa flour proteins (*Chenopodium quinoa* Willd.) during storage. *Int. J. Food Sci. Techn.*, 44(6),2013-2020.
- Aguilar, F., Lotero, L. & Vega, M. (2015). Procesadora Comercializadora De Café Artesanal En El Municipio De Roldanillo. Instituto de Educación Técnica Profesional, Unidad De Administración Y Contaduría Pública. Roldanillo.
- Aguilar, C. (2007). Optimización del proceso de modificación del almidón de maíz ceroso por extrusión y el uso de mezclas de almidones modificados con mucílago de nopal para la encapsulación de aceite esencia de naranja empleando el secado por aspersión. Tesis para obtener el título de Licenciada en Química en Alimentos, Centro de Investigaciones Químicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Aguilera, J., & Fillford, P. (1996). Microstructural and imagen analyses as related to food engineering. (3ra ed.) London - New York: Editorial In E. Ortega & G. Barbosa - Canovas. 23 - 38

- Aldana, A. (2005). Ingredientes, características funcionales, costo de producción y precio de las tortillas elaboradas artesanalmente en algunos municipios de los departamentos de Jutiapa y Totonicapan. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Alemán, S. (2012). Estudio de la composición físico-química, propiedades funcionales y nutricionales de almidones nativos y modificados extraídos de clones de diferentes variedades de musáceas. Tesis para el Grado de Magister en Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay -Venezuela.
- Alvarado, B. & Ortiz. (1982). La cañihua: Cereales en la nutrición humana tomo II (Cap. VII). Impreso en Perú offset. Lima - Perú.
- Alvarado, U. (2010). Elaboración de fideos precocidos a partir de harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Allen) como sustituto parcial de la harina de trigo (*Triticum vulgare*). Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Alvis, A., Vélez, C., Villada, H. & Radamendoza, M. (2008). Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa, y determinación de la viscosidad de las pastas. Información Tecnológica, 19 (1),19 – 28.
- Anderson, R., Conway, V., Pfeifer, V. & Griffin, E. (1969). Gelatinization of corn grits by roll – and extrusion – cooking. Cereal Sci, 14(4),4-12.
- AOAC. (1994). Official Methods of analysis of the Association of official Analytic Chemical of Official Analytical Chemists. USA: Boord.

- Apaza, V. (2010). Manejo y mejoramiento de Kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioersity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD. Puno - Peru.
- APV. (1989). Dryer Handbook (DRH-889). APV Crepaco Inc. Rosemont, IL.
- Araujo, C., Rincón, A. & Padilla, F. (2004). Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (2).
- Aristizábal, J. & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- Arzapalo, D., Huamán, K., Quispe, M. & Espinoza, C. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín. Rev. Soc. Quím., 81(6), 44-54.
- Aspinal, G. (1983). The Polysaccharides. Vol. 3. Academic Press. New York - Estados Unidos de América.
- Barletta, B. & Barbosa-Cánovas, G. (1993). An attrition index to assess fines formation and particle size reduction in tapped agglomerated powders. Powder Technol, 77 (8), 89-93.
- Bartolo, D. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Revista de Investigación Universitaria, 2 (1): 47-53.

- Basurco, L. & Mora, E. (2005). Optimización de parámetros de elaboración de fideos tipo bologna enriquecida con spirulina (*Spirulina platenses*) y saborizada con albahaca (*Acimun bacilicum*), diseño y construcción de una cabina de secado. UCSM. Arequipa – Perú.
- Bedolla, S. & Rooney, L. W. (1984). Characterities of U.S. and Mexican instant maize fluor for tortilla and snak preparation. Cereal Foods World, p29:732.
- Bello, L., Jiménez, A., Contreras, S., Romero, R. & Solorza, J. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (var. Macho). Agrociencia, pp 169 – 180.
- Beltran - Reyes, B., Ortega - Rivas, E. & Anzaldúa - Morales, A. (1996). Characterization of reconstituted apple paste in terms of rehydration and firmness. Food Sci. Technol, 2 (10) 307-313.
- Blanco, T., Alvarado - Ortíz, U. & Muñoz, A. (2008). Evaluación de la composición nutricional de la maca y cañihua, procedente de diversos departamentos del Perú. Revistas Multidisciplinarias.
- Blanshard & Bowler. (1987). Morphology and composition of starch. En Starch: Properties and Potential. T Galliard. Critical Reports on Applied Chemistry John Willey & Sons Chichester-GB.
- Calvo, C. & Duran, L. (2002). Propiedades Físicas II: Ópticas y Color. Tecnología de Alimentos Vol. 1. CITED-IPN. Editorial Alfa y Omega. México, D.F.

- Camire, M., Camire, A. & Krumhar, K. (1990). emical and nutritional changes in food during extrusion. *Crit. Rev. Food Sci.* pp 35-57.
- Carmen, M. (1984). Acclimatization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and canihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) to Finland. *Annales Agriculturae Fenniae*, 23 pp 135-144.
- Casp, A. (2003). Colección Tecnología de Alimentos: Procesos de conservación de alimentos. (2da ed.). Madrid (España):Mundi-Prensa.
- Castillo, J. (2010). *Determinación de la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la germinación y extrusión de Ila Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. Puno - Perú: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- Castro, M. C. (2009). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la patata para fritura. Burgos: Master en Seguridad y Biotecnología Alimentaria. Universidad de Burgos. Curso 2007 – 2008.
- Cengel, Y. (2007). Transferencia de Calor y Masa. (4ta ed.). Mexico:Roig Vásquez.
- Chervin, A. (1908). *Anthropologie bolivienne*. Tome premier. Ethnologie, démographie, photographie métrique. París: Imprimerie nationale.
- Chlup, R., Bartek, J., Řezníčková, M., Zapletalová, J., Doubravová, B., Chlupová, L. & Šimánek, V. (2004). Determination of the glycaemic index of selected foods in healthy persons. *Biomed. Papers*, 148(1), 17–25.

- Collazos, C. (1993). La composición de los alimentos de mayor consumo en el Perú. (6ta ed.). Lima – Perú: Editorial Banco Central de Reserva del Perú.
- Collazos, C. (1996). La composición de los alimentos Peruanos. (4ta. Ed.). Lima - Perú: Instituto Nacional de Nutrición.
- Comosa (2012). Equipo: Industria alimenticia, Plantas Industriales, Productos instantáneos. <www.comasa-sa.com> [Consulta: 10 dic. 2012].
- Contreras, B. (2009). Caracterización de harina de maiz instantanes obtenida por calentamiento óhmico. Posgrado en Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional. Queretaro.
- Danone, V. (2003). Carbohidratos de Digestión Lenta: Beneficios de una Alimentación con Bajo Índice Glicémico. Nutritopics, pp 2 – 12.
- DeBruin, A. (1964). Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed. *Journal Food Sci* , 26 (6),872–876.
- Delpeuch, F. & Favier, J. (1980). Caractéristique des amidons de plantas alimentaires tropicales: action de l’alpha-amylase, gonflement et solubilité. *Ann. Technol. Agric.*, 29(1), 53-67.
- Dizes, J. & Bonifacio, A. (1992). Estudio en microscopio electrónica de la morfología de los órganos de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y de la Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en relación con la resistencia a la sequia. *Actas del VII Congresos Internacional sobre Cultivos Andinos*, pp 69-74.

- Dogan, H.& Karwe, M. (2003). Physicochemical properties of quinoa extrudates. *Food Science and Technology International* , 9 (2), 101-104.
- Duprat, F., Gallant, D., Guilbot, A., Mercier, C., & Robin, J. (1980). Les polymères végétaux. Paris, Monties: pp. 176-231.
- FAO (2000). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. *Agronomía de los cultivos andinos. Qañiwa (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. <www.rlc.fao.org/es/agricultura>
- Fast, R. (1991). *Manufacturing Technology of Ready-to-Eat Cereals*. St. Paul, Minnesota: Breakfast Cereal and How They Are Made. Fast, R.B. and Caldwell, E.F. editors. American Association of Cereal Chemists.
- Fellows, P. (2000). *Tecnología del proceso de alimentos: Principios y práctica*. Zaragoza - España: ACRIBIA S.A.
- Firedt, W., Snowdon, R., Ordon, F. & Ahlemeyer, J. (2007). *Plant breeding: assessment of genetic diversity in crop plants and its exploitation in breeding*. Springer - Berlin.
- Flores, R. (2006). *Evaluación preliminar agronómica y morfológica del germoplasma de cañahua (Chenopodium pallidicaule Aellen) en la estación experimental Belen*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.
- Fox, B. & Cameron, A. (2008). *Ciencia de los alimentos, Nutrición y Salud*. Mexico: Limusa S.A.

- Gade, D. (1970). Ethnobotany of cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), rustic seed crop of the Altiplano. *Econ. Bot.*, 24 (4), 55-61.
- Galindo, X. & Muñoz, M. (2011). Producción e Industrialización de Café Soluble Caso: Solubles Instantáneos. Facultad de Ciencia Económicas, Universidad de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador:
- Galwey, N. (1989). Exploited plants - Quinoa. *Biologist*, 36(4), 267–274.
- Garcia, M. (2008). Tecnología de cereales. Departamenteo de Ingeniería Química, Universidad de Granada. Granada.
- García, Y. V., Zamudio, P. B., Bello, L. A., Romero, C. A. & Solorza, J. (2011). Oxidación del almidón nativo de plátano para su uso potencial en la fabricación de materiales de empaque biodegradables: Caracterización física, química, térmica y morfológica. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 12(3), 125 – 135.
- Gomez, M., McDonough, C., Waniska, R. & Rooney, L. (1989). Changes in dorn and sorghum during nixtalization and tortilla baking. *J. Food Sci.* , 54 (5), 330.
- Gómez-Ladrón, R. & Pardo-González, J. E. (1996). Evolution of color during the ripening of selected varieties of paprika pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 44 (4), 2049-2052.
- González, O. & Pacheco-Delahaye, E. (2006). Propiedades físicas y reológicas de la harina de banana verde (*Musa AAA*) en la elaboración de geles de piña (*Ananas comosus* L. Merr.). *Rev. Fac. Agron.*, 32 (4), 27 -40.

- Gross, R., Koch, F., Malaga, I., de Miranda, A., Schöneberger, H. & Trugo, L. (1989). Chemical composition and protein quality of some local Andean food sources. *Food Chem*, 34(5), 25–34.
- Gutierrez, S. (2003). Evaluación Sensorial, Composición Nutricional y Costos de Preparaciones con variedades de cañihua Puno. Tesis para optar el título profesional de Licenciada en Nutrición Humana, Universidad Nacional Del Altiplano Puno. Puno - Perú.
- Hanco , A. (2007). Evaluación de las características del almidón de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaules* Aellen) Cupi y Ramis. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Harigopal, N. (1973). Qualitative biochemical tests in relation to coffee quality. India: Annual Detailed Technical Report. Coffee Board Research Department.
- Harper, J. (1988). Nutritional Evaluation of food processing: Effects of Extrusion Processing on Nutrients. New York. USA: Karmas y Harris.
- Heredia, A. & Cabrera, S. (2012). Estudio y mejoramiento del proceso manual de tostado del Haba y su incidencia en el tiempo de obtención del producto terminado, para la empresa Granofa CÍA LTDA. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador.

- Hernández, M., Torruco, J. G., Chel, L. & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. México, 28 (3), 718 – 726.
- Herrera Bernabé, I. (2009). Obtención de galletas fortificadas con salvado de quinua, kañiwa y kiwicha. Trabajo de investigación para Magister en Tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú.
- Howling, D. (1980). The influence of the structure of starch on its rheological properties. *Food Chem.*, 6(4), 51-56.
- Hunziker, A. (1952). Los pseudocereales de la agricultura indígena en América. *Mus. Bot. Córdoba*.
- Hurtado, J. (1997). Valorización de las amiláceas «no-cereales» cultivadas en los países andinos: estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de sus almidones y de la resistencia a diferentes tratamientos estresantes. Fundación Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogota.
- Hurtado, R., Rodríguez, J. & Silva, J. (2011). Elaboración de una bebida láctea enriquecida con harina de Cañihua (*Chenopodium pallidicaulle* Aellen) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Tesis para optar el Título de Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo - Perú.
- Ibáñez, V. (2009). Análisis y diseño de experimentos. Facultad de Ingeniería Estadística e Informática, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.

INDECOPI (2014). Norma Técnica Peruana: Granos Andinos - Cañihua. Lima - Perú.

INIA (2004). Proyecto Cultivos Andinos ILLPA - INIA - 406. Boletín Informativo. Puno- Peru.

IPGRI (2005). Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma - Italia.

ITINTEC (1997). "Almidones y féculas". Metodo para determinar el material no amiláceo, Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas. NTN 209.070. Peru.

Jiménez, E. (2012). Elaboración de harina de tres variedades de plátano verde (*Musa spp*) y su uso como materia prima para la panificación. Tesis para la obtención del título de Maestra en Ciencias. Colegio de postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Tabasco - Mexico.

Karyotis, T. & et al. (2003). Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline-sodic soi. Journal of Agronomy and Crop Science, 189 (4), 402–408.

Kayro, H., & S.S., E. (2008). Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. Plant and Soil, 302(3), 79-90.

- Konischi, Y., Arnao Salas, I. & Calixto Cotos, M. R. (2006). Caracterización del almidón de *Amaranthus caudatus* 41 por barrido calorimétrico diferencial. Revista de la Sociedad Química del Perú. pp 12-18.
- Linko, P. (1981). Advance in Cereal Science y Technology: temperatura Short-Time Extrusion Cooking.
- López, J. (1994). Estudio del tratamiento térmico extrusión sobre las propiedades funcionales y reológicas del almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Universidad La Gran Colombia. Armenia - Colombia.
- López-Ramirez, S. (2016). Amido e farinha de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): extração, caracterização e desenvolvimento de filmes biodegradáveis. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo. Pirassununga - Brazil.
- Lozada, L. (2009). Diseño y construcción de una tostadora continua de cebada. Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador.
- Mafart, P. (1994). Ingeniería Industrial Alimentaria: Procesos físicos de conservación. Zaragoza - España: ACRIBIA S.A.
- Manrique, N. (2006). Producción de almidones pregelatinizados a partir de mezclas de almidones de fuentes no convencionales usando un extrusor de doble tornillo. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Yautepec - Morelos.

- Martínez, F., López, M., Zazuleta, J. & Morales, E. (2005). Preparación y propiedades de almidones pregelatinizados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y jícama (*Pachyrhizus erosus*) usando calentamiento óhmico. *Agrociencia*, pp 275 – 283.
- Mason, W. & Hosney, R. (1986). Factors affecting the viscosity of extrusion-cooked wheat starch. *Cereal Chemistry*, 63 (5), 436-441.
- Masters, K. (1976). *Spray Drying Handbook*. New York: John Wiley & Sons.
- McGuire, G. (1992). Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-55.
- Meaño, N., Ciarfella, A. & Dorta, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 26(5), 182-187.
- MINSA (1996). Valores promedio de las variedades de la tabla de composición de alimentos peruanos. MINSA. Lima - Peru.
- Molina, J. (2008). *Apuntes de control industrial*. E.P.N. Quito.
- Mosquera, L. (2010). Influencia de la humedad y de la adición de solutos (*maltodextrina o goma arábica*) en las propiedades fisicoquímicas de barojó y fresa en polvo. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia - Departamento de Tecnología de Alimentos. Valencia - España.

- Mujica , A. (1994). Andean grains and legumes. In: Hernando Bermujo, J.E., Leon, J. (Eds.), *Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective*. vol. 26. FAO. Rome - Italy.
- Mujica, A., Dupeyrat, R., Jacobsen, S., Marca, S., Canahua, A., Aguilar, P. & Chura, E. (2002). La Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en la nutrición humana del Perú. Puno-Peru: Editorial Universitaria. UNA.
- Muller, K. & Borsch, T. (2005). Phylogenetics of *Amaranthaceae* based on matK/trnK sequences data: evidence from parsimony, likelihood, and bayesian analysis. *Ann Missouri Bot Gard*, 92(5), 66–102.
- Narváez, E., Figueroa, J. d., Taba, S., Castaño, E. & Martínez, R. (2007). Efecto del tamaño de gránulos de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de plastificado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30 (3), 269 – 277.
- NRC (1989). *Lost crops of the Incas: Littleknown plants of the andes with promise for worldwide cultivation*. Washington, DC: National Academy Press.
- Ojeda, M. (2008). *Comparación de Algunas Propiedades Físicas y Composición Química del Almidón de Piñón (Araucaria araucana (Mol) K. Koch), Papa (Solanum tuberosum L. ssp. tuberosum Hawkes) y Maíz (Zea mays L.)*. Tesis Ing. en Alimentos. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Chile.
- Ortega, L. (1992). Usos y valor nutritivo de los cultivos andinos. INIA.PICA. Puno-Perú, pp 23-120.

- Ortega, N., Romero, A., Macia, J., Reguant, N., Angles, J. & Motilva, J. (2008). Obtention and characterisation of phenolic extracts from different cocoa sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(20), 9621–9627.
- Palomino, C., Molina, Y. & Pérez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colacasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agron.*, pp 58 – 66.
- Peñaranda, O., Perilla, J. & Algecira, N. (2008). Revisión de la modificación química del almidón con ácidos orgánicos. *Revista Ingeniería e Investigación*, 28(3), 47 – 52.
- Periago, M., Ros, G., Lopez, G., Martinez, M. & Rincón, F. (1993). Componentes de la fibra Dietaria y sus efectos fisiológicos. *Revista Española en Ciencia y Tecnología de los alimentos*, pp 229-246.
- Pietsch, W. (1999). Readily engineer agglomerates with special properties from micro- and nanosized particles. *Chem. Eng. Progress.*, 95(8), 67–81.
- Repo - Carrasco. (2004). *Cultivos andinos y la alimentación infantil*. Lima - Perú: Editorial CCTA. Comisión de Coordinación de Tecnología Andina.
- Repo - Carrasco, R. & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Rev. Soc. Quim. Peru*, 74 (2), 85-99.

- Repo, C. (1998). Introducción a la ciencia y tecnología de cereales y granos andinos. Lima - Perú: Edi Agraria.
- Repo-Carrasco, R. & Encina, C. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de cereales andinos: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Rev. Soc. Quím. Perú, 74 (2), 85-99.
- Repo-Carrasco, R., Acevedo de la Cruz, A. & Icochea Alvarez, J. C. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. Plants Foods Hum Nutr, 64(4), 94-101.
- Repo-Carrasco, R., Encina, C., Binaghi, M., Greco, C. & Ronayne de Ferrer, P. (2010). Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals in vitro. J Sci Food Agric, 90 (2), 2068–2073.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. & Jacobsen, S. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International, 19(2), 179-189.
- Repo-Carrasco, R., Acevedo, A., Icochea, J. & Kallio, H. (2009). Chemical and Functional Characterization of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) Grain, Extrudate and Bran. Plant Foods Hum Nutr, 64(4), 94–101.

- Reyes, R. & López, F. (2003). Diseño de una planta de café tostado y molido. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- Richard, J., Asoka, M. & Blanshard, J. (1991). The physico-chemical properties of cassava starch. *Tropical Science*, 31(2), 189-207.
- Risi, C. & Galwey, N. (1984). The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv Appl Biol*, 10(4), 145–216.
- Robles, M. (2012). Relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de gelatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. Escuela de Ingeniería en Alimentos, Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile.
- Rodríguez -Sandoval, E., Lascano, A. & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Rev. U.D.C.A Act & Div. Cient.*, 15(1), 199 - 207.
- Rodriguez, J., Aro, M., Coarite, M., Jacobsen, S., Orting, B., Sorensen, M. & Andreasen, C. (2016). Seed Shattering of Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal of Agronomy and Crop Science*, pp 1-14.
- Rodriguez, J., Jacobsen, S., Sørensen, M. & Andreasen, C. (2016). Germination responses of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) to temperature and sowing depth: a cropgrowing under extreme conditions. *J. Agron. Crop Sci.*

- Rodríguez, M. (2007). Evaluación de las pérdidas de grano y grado de impurezas en cuatro métodos de cosecha de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la comunidad de Quipaquipani, Viacha. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz.
- Romo, S., Rosero, A., Forero, C. & Cerón, E. (2006). Nutritional potencial of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd) piartal variety in Colombian Andes. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 4 (1), 112-125.
- Sahai, Y., Shiokawa, K., Otsuka, Y., Ihara, C., Ogawa, T. & Saito, A. (2001). Imaging observations of midlatitude ionospheric disturbances during the geomagnetic storm of February 12, 2000. *Geophys. Res.*, 106 (24), 481–492.
- Salinas, Y., Pérez, P., Castillo, J. & Álvarez, L. (2003). Relación de Amilosa, Amilopectina en el Almidón de Harina Nixtamalizada de Maíz y su Efecto en la Calidad de la Tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 115 - 121.
- Schubert, H. (1981). Principles of agglomeration. *Int. Chem. Eng.*, 21(3), 363–377.
- Serna-Saldivar, S., Rooney, L. & Dendy, D. (1995). Structure and chemistry of sorghum and millets. *American Association of Cereal Chemists*, pp 69-124.
- Shaifiur, M. (2003). *Manual de conservación de alimento*. Zaragoza-España: ACRIBIA S.A.
- Shi, X. & Bemiller, J. (2002). Effectsof food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carboh Polymers* , 50(4), 7-18.

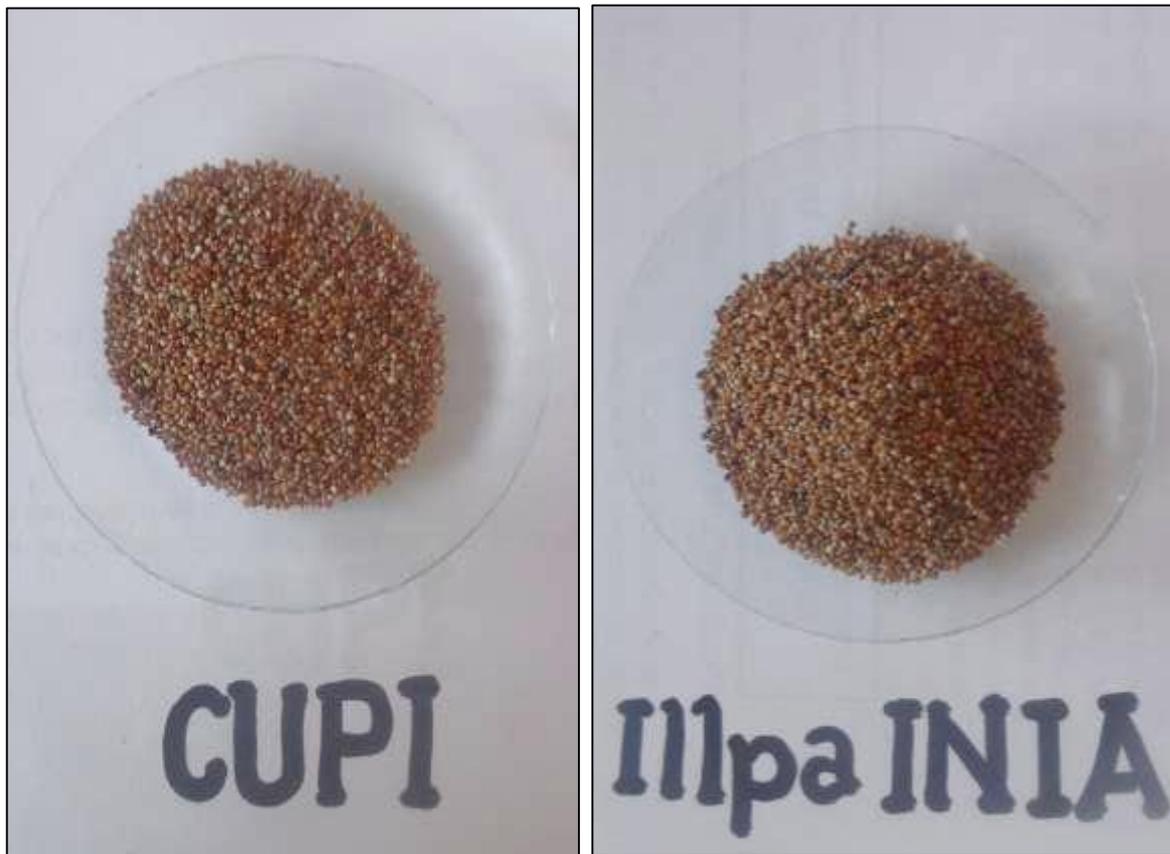
- Simmonds, N. (1965). The grain Chenopods of the tropical American highlands. *Econ. Bot.*, 19(1), 222 – 235.
- Simmonds, N. (1966). Plant and seed colours in cañahua (*Cheopodium pallidicaule*). *Heredity*, 21(4), 316 – 317.
- Singh, S., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, S. & Gill, S. (2003). Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources a review. *Food Chemistry*, 81(2), 219–231.
- Skeist, I. (1977). *Handbook of Adhesives*. (2da ed.). New York - Estados Unidos de América: Van Nostrand Reinhold.
- Sota, G. (2003). Determinación de la humedad adecuada en las proporciones de cañihua (*Chenopodium pallidacaule* Aellen) y Maíz (*Zea mays*). Tesis para optar el grado de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.
- Tacora, R., Luna, G., Bravo, R., Mayta, J., Choque, M. & Ibañez, V. (2010). Efecto de la presión de expansión por explosión y temperatura de tostado en algunas características funcionales y fisicoquímicas de dos variedades de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 2 (4), 188-198.
- Taggart, P. (2004). Starch as an ingredient: manufacture and applications. In: Eliasson, A-C. *Starch in food. Structure, function and applications*. Cambridge, Reino Unido: Woodhead Publishing Limited.

- Tapia, M. (1990). Cultivos Andinos sub explotados y su aporte en la Alimentación. Santiago de Chile: FAO/RALC.
- Telmo, A. (2017). Aula 21: Espaço de cor Lab. Retrieved from <<http://corisectelmo.blogspot.pe>>, [6 de enero del 2011].
- UNA (2000). Revista Agroindustrial. Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Peru.
- UNIFEM (1998). Procesamiento de cereales. Lima, Perú: Edición y producción.
- Vargas, A., Elzinga, D., Rojas-Beltran, J., Bonifacio, A., Geary, B., Stevens, M. & Maughan, P. (2011). Development and use of microsatellite markers for genetic diversity analysis of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Genet Resour Crop Evol, 58(4), 727–739.
- Vargas, C. (1938). Nota etnobotánica sobre la cañihua. Rev. Arg. Agr., 5 (4), 224-230.
- Waniska, R. & Gómez, M. (1992). Dispersion behavior of starch. Food Tech., pp 110-118.
- White, P., Alvistur, E., Dias, C., Vinas, E., White, H. & Collazos, C. (1955). Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andes mountains. J Agric Food Chem, 6(2), 531–534.
- Wurzburg, O. (1986). Modified Starches: Properties and Uses. Boca Raton, Estados Unidos de América: CRC Press.

ANEXOS

ANEXO I

Muestras de cañihua



ANEXO II

Muestras de almidón de cañihua



ANEXO III

Resultados de la composición fisicoquímica de las dos variedades de Cañihua

Cuadro 3.1. ANVA, Análisis del contenido de Humedad en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.6534	0.6534	6534	**
Error	4	0.0004	1E-04		
Total (Corr.)	5	0.6538			

Cuadro 3.2. ANVA, Análisis del contenido de Cenizas en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.1734	0.1734	1734	**
Error	4	0.0004	0.0001		
Total (Corr.)	5	0.1738			

Cuadro 3.3. ANVA, Análisis del contenido de Proteínas en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0	0	0	n.s.
Error	4	0.0004	1E-04		
Total (Corr.)	5	0.0004			

Cuadro 3.4. ANVA, Análisis del contenido de Grasas en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.0006	0.0006	6	n.s.
Error	4	0.0004	0.0001		
Total (Corr.)	5	0.001			

Cuadro 3.5. ANVA, Análisis del contenido de Fibras en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIAs

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.0054	0.0054	54.00	**
Error	4	0.0004	1E-04		
Total (Corr.)	5	0.0058			

Cuadro 3.6. ANVA, Análisis del contenido de carbohidratos en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.1176	0.1176	1175.99	**
Error	4	0.0004	0.0001		
Total (Corr.)	5	0.118			

ANEXO IV

Resultados de propiedades físicas de los almidones de las dos variedades de Cañihua

Cuadro 4.1. ANVA, Análisis del Rendimiento de almidón en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	23.84026667	23.84026667	2.71024	n.s.
Error	4	35.18546667	8.796366667		
Total (Corr.)	5	59.02573333			

Cuadro 4.2. ANVA, Análisis del Tamaño de Partícula de almidón en las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	4,990.35	4990.352175	7.04	n.s.
T. Partícula	3	2,125.48	708.49	0.99890	**
Error	3	2,127.81	709.27		
Total (Corr.)	7	9,243.64			

Cuadro 4.3. Prueba de comparación múltiple de Duncan para el Análisis del Tamaño de Partícula por el número de malla

T. Partícula	n	Media	Duncan (P<0.05)
0.150	2	83.24±71.26	a
0.106	2	11.98±7.82	b
0.090	2	7.82±4,16	c
0.075	2	4.16±0.10	c

Cuadro 4.4. ANVA, Análisis del índice de tamaño de partícula en el almidón de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.67335	0.67335	6733.499	**
Error	4	0.0004	0.0001		
Total (Corr.)	5	0.67375			

ANEXO V

Resultados de la composición fisicoquímica de las harinas procesadas de la dos variedades de Cañihua

Cuadro 5.1. ANVA, Análisis del contenido de Humedad en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Fuente	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.074	0.074	1,315	n.s.
Procesado	3	10.049	3.350	59,413	**
Error	3	0.169	0.056		
Total (Corr.)	7	10.292			

Cuadro 5.2. Prueba de comparación múltiple de Duncan para contenido de Humedad en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA, por el tipo de procesado

Procesado	n	Media	Duncan (P<0.05)
TOSTADO	2	3.42±0.85	a
MUESTRA	2	1.43±1.13	b
LAMINADO	2	1.68±1.37	b
EBULLICIÓN	2	1.45±0.92	b

Cuadro 5.3. ANVA, Análisis del contenido de Cenizas en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.007	0.007	0.267	n.s.
Procesado	3	6.514	2.171	87.750	**
Error	3	0.074	0.025		
Total (Corr.)	7	6.595			

Cuadro 5.4. Prueba de comparación múltiple de Duncan para contenido de Cenizas en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA, por el tipo de procesado

Procesado	n	Media	Duncan (P<0.05)
TOSTADO	2	3.02±2.84	a
MUESTRA	2	1.33±0.93	a
LAMINADO	2	1.07±1.24	a
EBULLICIÓN	2	0.58±0.27	b

Cuadro 5.5. ANVA, Análisis del contenido de Proteínas en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.616	0.616	0.537	n.s.
Procesado	3	8.797	2.932	2.556	n.s.
Error	3	3.441	1.147		
Total (Corr.)	7	12.854			

Cuadro 5.6. ANVA, Análisis del contenido de Grasas en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.041	0.041	0.101	n.s.
Procesado	3	3.303	1.101	2.746	n.s.
Error	3	1.203	0.401		
Total (Corr.)	7	4.54			

Cuadro 5.7. ANVA, Análisis del contenido de Fibras en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.018	0.018	0.050	n.s.
Procesado	3	1.773	0.591	1.623	n.s.
Error	3	1.092	0.364		
Total (Corr.)	7	2.884			

Cuadro 5.8. ANVA, Análisis del contenido de carbohidratos en las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	3.632	3.632	5.787	n.s.
Procesado	3	32.763	10.921	17.402	*
Error	3	1.883	0.628		
Total (Corr.)	7	38.277			

Cuadro 5.9. Prueba de comparación múltiple de Duncan para contenido de Carbohidratos en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA, por el tipo de procesado

Procesado	n	Media	Duncan (P<0.05)
TOSTADO	2	8.53±5.78	a
MUESTRA	2	6.57±1.29	a
LAMINADO	2	3.41±1.45	a
EBULLICIÓN	2	1.86±1.07	b

ANEXO VI

Resultados de las propiedades físicas de las harinas procesadas de la dos variedades de Cañihua

Cuadro 6.1. ANVA, Análisis del Índice de Absorción de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.045	0.045	1.039	n.s.
Procesado	2	2.682	1.341	30.962	**
T. Partícula	2	0.036	0.018	0.410	n.s.
Error	12	0.520	0.043		
Total (Corr.)	17	3.282			

Cuadro 6.2. Prueba de comparación múltiple de Duncan para el análisis del Índice de Solubilidad de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA, por el tipo de procesado

Procesado	N	Media	Duncan (P<0.05)
LAMINADO	6	1.21±0.50	a
EBULLICIÓN	6	1.04±0.14	b
TOSTADO	6	0.57±0.39	b

Cuadro 6.3. ANVA, Análisis del Índice de Absorción de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	1.561	1.561	0.857	n.s.
Procesado	2	192.363	96.182	52.817	**
T. Partícula	2	67.151	33.575	18.438	**
Error	12	21.852	1.821		
Total (Corr.)	17	282,926			

Cuadro 6.4. Prueba de comparación múltiple de Duncan para el análisis del Índice de Absorción de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA, por el tipo de procesado

Procesado	N	Media	Duncan (P<0.05)
TOSTADO	6	10.03±5.87	a
EBULLICIÓN	6	6.88±5.22	b
LAMINADO	6	5.87±2.73	c

Cuadro 6.5. Prueba de comparación múltiple de Duncan para el análisis del Índice de Absorción de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA, por el Tamaño de Partícula

T. Partícula	N	Media	Duncan (P<0.05)
0.150	6	6.57±5.62	a
0.106	6	5.62±3.021	b
0.090	6	2.40±1.14	b

Cuadro 6.6. ANVA, Análisis del Poder de Hinchamiento en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua : Cupi e Illpa INIA

Origen	GL	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón F	Sig.
Variedades	1	0.047	0.047	0.795	n.s.
Procesado	2	1.703	0.852	14.403	**
T. Partícula	2	0.174	0.087	1.471	n.s.
Error	12	0.710	0.059		
Total (Corr.)	17	2.634			

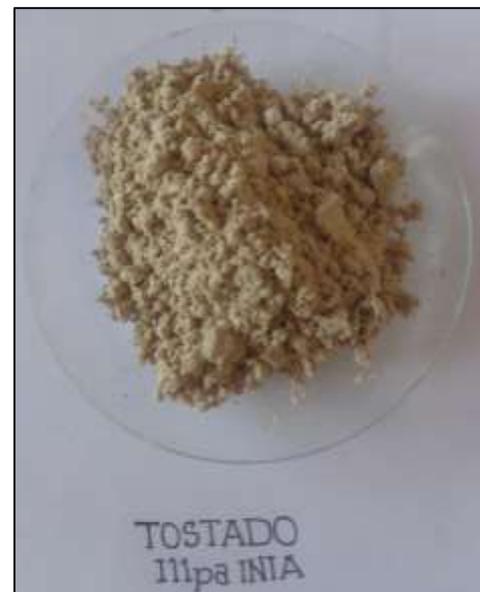
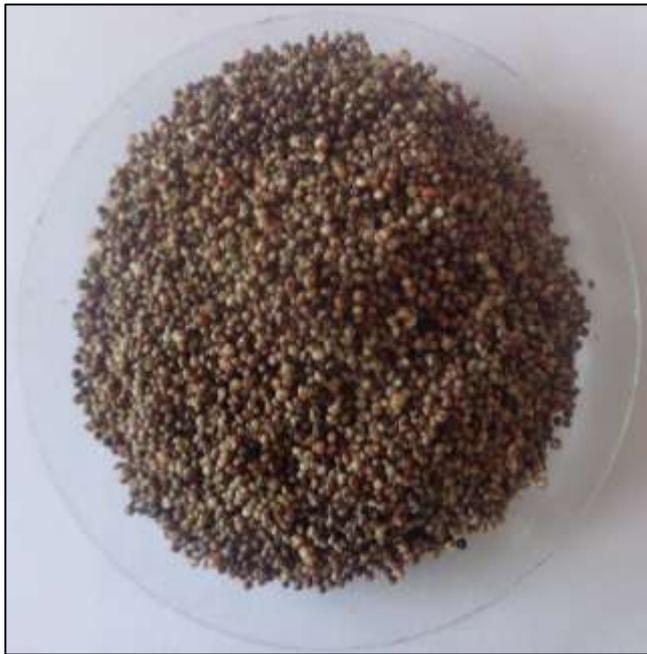
Cuadro 6.7. Prueba de comparación múltiple de Duncan para el análisis del Índice de Absorción de Agua en las harinas procesadas de las dos variedades de Cañihua: Cupi e Illpa INIA, por el número de malla

Procesado	N	Media	Duncan (P<0.05)
LAMINADO	6	1.05±0.43	a
EBULLICIÓN	6	0.99±0.31	b
TOSTADO	6	0.30±0.25	b

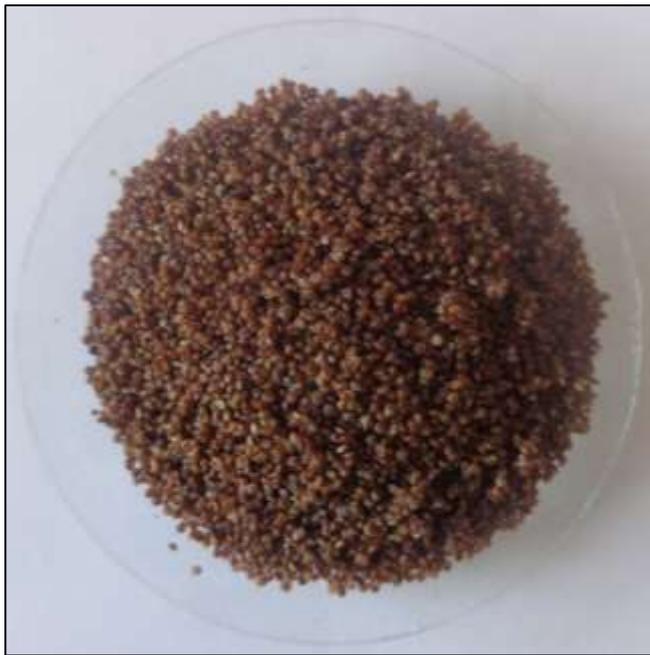
ANEXO VII

Harinas procesadas de Cañihua

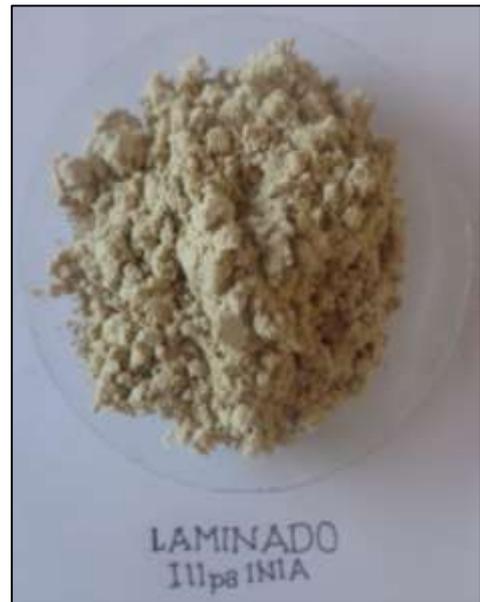
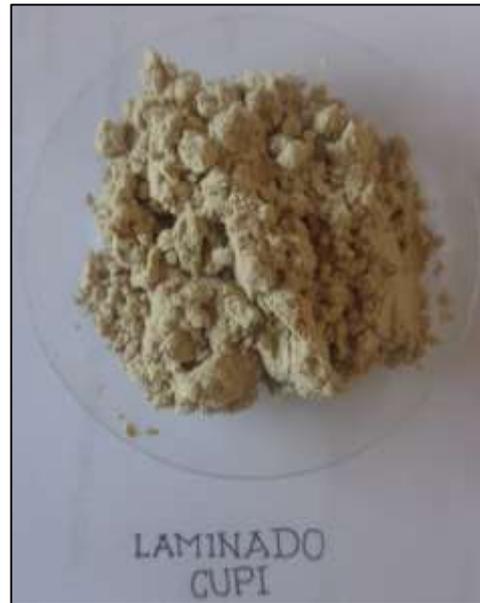
TOSTADO



EBULLICIÓN



LAMINADO



ANEXO VIII**Panel fotográfico**

Estufa: secado de granos, almidones y harinas



Equipo tamizador : Almidones y harinas procesadas



Tostado de Cañihua



Ebullición de Cañihua

