

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES, RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y EL COLOR DEL ALMIDÓN DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum ssp. andigenum*).

Presentado por

Br. LEGUÍA HURTADO, Rosa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por

Br. LEGUÍA HURTADO, Rosa

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES, RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN Y EL COLOR DEL ALMIDÓN DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA (*Solanun tuberosum ssp. Andigenum*).

ASESOR:

Ing. MSc. CHOQUE QUISPE, David

CO-ASESOR:

Ing. RAMOS PACHECO, Betsy Suri

ANDAHUAYLAS – APURIMAC -PERÚ

2017

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicado a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas necesarias para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi madre VICENTANA que siempre me acompaña y me da las fuerzas necesarias para seguir adelante, a mis hermanos por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para para llevar a cabo esta investigación.

Rosa L.

EPÍGRAFE

“El éxito es un viaje, no un destino”.

H. TOMO COLLARD

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar agradezco a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), de la Universidad Nacional José María Arguedas y a cada uno de los docentes que formaron parte de mi formación profesional.
- A mis padres por su apoyo incondicional; así mismo a mis hermanos Robert, Alejandro, Marcela, Gladys y Lidia, a mi primo Nasario, por su apoyo, cariño y por estar siempre ahí en los momentos más difíciles.
- A mis amigas y amigos, en especial a Elder, Cristian, Saida, Flor, Estefhani y Michael, gracias por su amistad en los momentos difíciles, y por darme ánimos para seguir adelante.
- A los miembros del jurado evaluador, quienes me brindaron su apoyo incondicional para llevar a cabo este trabajo de investigación, Ing. Fredy Taipe Pardo, MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanez y Mg. Abel Manuel Serna Herrera así como también a mi asesor MSc. David Choque Quispe y Co- Asesor Ing. Betsy Suri Ramos Pacheco, por el apoyo, orientación y sugerencias durante la ejecución de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
EPÍGRAFE	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	2
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1. La papa nativa.....	5
2.2.2. Clasificación botánica de la papa	6
2.2.3. Variedad de papas nativas en Andahuaylas - Apurímac.....	6
2.3. ALMIDÓN	7
2.3.1. Propiedades funcionales del almidón.....	8
2.3.1.1. Gelatinización.....	9
2.3.1.2. Poder de hinchamiento.....	11
2.3.1.3. Solubilidad en agua.....	12
2.3.1.4. Absorción de agua	12
2.3.1.5. Claridad de la pasta	12
2.3.1.6. Temperatura de gelatinización	13
2.3.2. Usos del almidón	13
2.4. EL COLOR	14
2.5. MARCO CONCEPTUAL	17
2.5.1. Almidón.....	17
2.5.1.1. Propiedades funcionales del almidón.	17
2.5.1.2. Gelatinización.....	18
2.5.1.3. Temperatura de gelatinización.....	18
2.5.1.4. Poder de hinchamiento.....	18
2.5.1.5. Solubilidad en agua.....	18

2.5.2.	Absorción de agua.	18
2.5.3.	Claridad de la pasta.	18
2.5.4.	Temperatura de gelatinización	19
2.5.5.	Color	19
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA		20
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	20
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	20
3.2.1.	Población	20
3.2.2.	Muestra	20
3.2.3.	Unidad de análisis	20
3.3.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	21
3.4.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	22
3.5.	MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	23
3.6.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	25
3.7.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	28
3.7.2.1.	Claridad de pastas	28
3.7.2.2.	Temperatura de gelatinización	29
3.7.2.3.	Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento	29
3.7.2.4.	Densidad aparente (DA).....	30
3.7.3.1.	Color de la pulpa papa nativa almidón.....	30
3.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL	31
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES		33
4.1.	RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN.....	33
4.2.	PROPIEDADES FUNCIONALES	35
4.2.1.	Índice de absorción de agua.....	35
4.2.2.	Índice de solubilidad en agua – ISA	36
4.2.3.	Poder de hinchamiento.....	38
4.2.4.	Claridad de pasta	40
4.2.5.	Temperatura de gelatinización	42
4.2.6.	Densidad aparente	44
4.3.	COLOR DEL ALMIDÓN	45
CONCLUSIONES.....		51
RECOMENDACIONES		52
SUGERENCIAS.....		53

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	62
PANEL FOTOGRÁFICO.....	77
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Equipos e instrumentos.....	23
Tabla 2: Materiales de vidrio y acero.....	24
Tabla 3: Materiales de plástico	25
Tabla 4: Diseño experimental del tipo DCA.....	32
Tabla 5: Rendimiento de extracción de almidón por variedades	33
Tabla 6: ANOVA para el rendimiento de extracción de almidón.....	33
Tabla 7: Índice de absorción de agua del almidón por variedades	35
Tabla 8: ANOVA para el índice de absorción de agua	36
Tabla 9: Índice de solubilidad en agua del almidón por variedades	37
Tabla 10: ANOVA para el índice de solubilidad en agua.....	37
Tabla 11: Poder de hinchamiento del almidón por variedades	39
Tabla 12: ANOVA para el poder de hinchamiento	39
Tabla 13: Claridad de pasta del almidón por variedades.....	40
Tabla 14: ANOVA para la claridad de pasta.....	41
Tabla 15: Temperatura de gelatinización del almidón por variedades.....	43
Tabla 16: ANOVA para la temperatura de gelatinización	43
Tabla 17: Densidad aparente del almidón por variedades	44
Tabla 18: ANOVA para la densidad aparente	45
Tabla 19: Variación del color L*a*b* del tubérculo y almidón de las cuatro variedades	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Gelatinización del almidón.....	9
Figura 2: Modificación del almidón sometido a hidrocalentamiento	11
Figura 3: Representación en el plano horizontal de color $L^* a^* b^*$	15
Figura 4: Representación tridimensional del espacio de color $L^* a^* b^*$	15
Figura 5: Diferencia del color en el espacio $L^* a^* b^*$	16
Figura 6: Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón de papa nativa.	26
Figura 7: Diagrama de medias para el rendimiento de extracción	34
Figura 8: Diagrama de medias para el índice de absorción de agua	36
Figura 9: Diagrama de medias para el índice solubilidad en agua	38
Figura 10: Diagrama de medias para el poder de hinchamiento.....	40
Figura 11: Diagrama de medias para la claridad de pasta.....	42
Figura 12: Diagrama de medias para la Temperatura de gelatinización	44
Figura 13: Diagrama de medias para la densidad aparente	45
Figura 14: El color de los tubérculos y almidón de las cuatro variedades de papa nativa	47
Figura 15: Diagrama de medias para L^* de tubérculos y almidón.....	48
Figura 16: Diagrama de medias para a^* de tubérculos y almidón.....	49
Figura 17: Diagrama de medias para b^* de tubérculos y almidón.....	50

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

<i>a*</i>	: Cromaticidad rojo-verde.
<i>b*</i>	: Cromaticidad amarillo-azul
CIE	: Internacional Comisión on Illumination
CP	: Claridad de pasta
CC.PP	: Centro poblado
CIP	: Centro Internacional de la Papa
° C	: Grados Celsius.
DCA	: Diseño Completamente al Azar
DA	: Densidad aparente
G	: Gramos.
GI	: grados de libertad
H	: Horas.
Ha	: Hipótesis alterna.
Ho	: Hipótesis nula.
IAA	: índice de absorción de agua
ISA	: índice de solubilidad en agua
IC*	: Índice de color
<i>L*</i>	: Luminosidad
m.s.n.m.	: Metros sobre el nivel del mar.
nm	: Nanómetro
PH	: Poder de hinchamiento
P-valué	: Probabilidad evaluada.
%<i>REA</i>	: Porcentaje de rendimiento de extracción de almidón
<i>R_s</i>	: Coeficiente de correlación de Pearson
S	: Desviación estándar.
Tg	: Temperatura de gelatinización

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar el rendimiento de extracción, las propiedades funcionales y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa, (*Solanun tuberosum ssp. Andigenum*), donde se consideró tubérculos de las variedades de Puma maqui, Cuchi pelo, Yana palta y Qayma marcela. Se determinaron el rendimiento de extracción; propiedades funcionales como temperatura de gelatinización, claridad de pastas, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y el color en el espacio L* a* b*. El análisis estadístico se realizó a través de una ANOVA (diferencia significativa a 5%) y el test de Tukey. Los almidones de las cuatro variedades de papa nativa presentaron valores del porcentaje de rendimiento de extracción de 11.36 ± 0.18 a $13.55 \pm 0.30\%$. Las propiedades funcionales de temperatura de gelatinización tuvo rangos de entre 63.4 ± 0.2 a 59.9 ± 0.3 °C; la claridad de pastas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 82.35 ± 0.6 a 37.59 ± 0.5 %T; índice de absorción de agua 12.60 ± 0.05 a 6.64 ± 0.11 g gel/g muestra; un índice de solubilidad en agua 12.60 ± 0.042 a 8.60 ± 0.036 g soluble/g muestra; un poder de hinchamiento 15.80 ± 0.051 a 6.97 ± 0.014 g sedimento/g muestra y la densidad aparente presentó valores entre 0.777 ± 0.004 a 0.409 ± 0.003 g/mL. En cuanto al color la pulpa obtuvo valores de luminosidad (L*) de 76.46 ± 1.00 a 39.74 ± 0.80 que presenta tendencia a grises claros; el componente cromático a* obtuvo valores de 13.74 ± 0.51 a -3.50 ± 0.11 en la pulpa presentando tendencia a verde; el componente cromático b* obtuvo valores de 22.38 ± 0.54 a -4.37 ± 0.43 en la pulpa, este disminuye su color cuando se transforma en almidón, es decir que la fuerza del color amarillo va disminuyendo. Los almidones obtuvieron valores de luminosidad L* de 95.60 ± 0.15 a 94.45 ± 0.08 y tienen tendencia a blanco; el componente cromático a* presentó valores de -1.33 ± 0.01 a -1.25 ± 0.01 y tienen tendencia a rojo; el componente cromático b* para el almidón presentó valores de 2.52 ± 0.01 a 1.34 ± 0.01 . Se concluye que los valores de las propiedades funcionales se encuentran dentro de lo establecido para este tipo de material y el color es el característico de los almidones.

Palabras claves: papa nativa, almidón, propiedades funcionales, color, rendimiento de extracción.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the extraction yield, the unctonal properties and starch color of four native potato varieties (*Solanun tuberosum* ssp. *Andigenum*), where tubers of the varieties of Puma maqui, Cuchi pelo, Yana palta and Qayma marcela were considered. The extraction yield was determined; functional properties such as gelatinization temperature, clarity of pastes, water absorption index, solubility index in water, swelling power and color in space $L^* a^* b^*$. The statistical analysis was performed through an ANOVA (significant difference at 5%) and the Tukey test. The starches of the four varieties of native potato showed values of the percentage of extraction yield of 11.36 ± 0.18 to $13.55 \pm 0.30\%$. The functional properties of gelatinization temperature ranged from 63.4 ± 0.2 to 59.9 ± 0.3 ° C; the clarity of pastes obtained values of percentage of transmittance from 82.35 ± 0.6 to $37.59 \pm 0.5\%$ T; water absorption index 12.60 ± 0.05 to 6.64 ± 0.11 g gel / g sample; a solubility index in water 12.60 ± 0.042 to 8.60 ± 0.036 g soluble / g sample; a swelling power 15.80 ± 0.051 to 6.97 ± 0.014 g sediment / g sample and the apparent density presented values between 0.777 ± 0.004 to 0.409 ± 0.003 g / mL. Regarding the color, the pulp obtained brightness values (L^*) of 76.46 ± 1.00 to 39.74 ± 0.80 that presents a tendency to light grays; the chromatic component a^* obtained values of 13.74 ± 0.51 to -3.50 ± 0.11 in the pulp presenting tendency to green; the chromatic component b^* obtained values of 22.38 ± 0.54 to -4.37 ± 0.43 in the pulp, this decreases its color when transformed into starch, that is to say that the strength of the yellow color decreases. The starches obtained luminosity values L^* from 95.60 ± 0.15 to 94.45 ± 0.08 and have a tendency to white; the chromatic component a^* presented values of -1.33 ± 0.01 to -1.25 ± 0.01 and have a tendency to red; the chromatic component b^* for the starch presented values of 2.52 ± 0.01 to 1.34 ± 0.01 . It is concluded that the values of the functional properties are within the established for this type of material and the color is the characteristic of the starches.

Keywords: native potato, starch, functional, color, extraction yield.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Las papas nativas constituyen una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron y cultivaron por su agradable sabor, caracterizado por desarrollarse en ambientes con frecuentes heladas y sequías. En el Perú se encuentran alrededor de 3000 variedades de papa nativa, la mayoría son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos brindan a la papa una naturalidad especial, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes y casi sin aplicación de algunas pesticidas.

Utilizando algunas tecnologías, es posible aprovechar este recurso agrícola (papa nativa), obteniendo almidón que sirve como materia prima para la elaboración de diversos productos alimenticios. Debido a sus altas cantidades de almidón, superiores al 80 %, la papa nativa puede ser utilizada para remplazar materias primas convencionales como maíz y yuca en la industria alimentaria.

El uso de almidones en los alimentos aumento con el surgimiento de la industria de alimentos procesados y la disponibilidad del almidón. El almidón por sus características nutricionales y sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, es el carbohidrato más importante, además de su relevancia en la comercialización. Utilizando almidones de especies nativas no exploradas y de fácil crecimiento en ambientes con presencia de fuertes heladas como la papa nativa, aumentaría el margen de beneficios a quienes lo producen y lo transforman; de esta manera se incentiva la investigación y producción de la papa nativa, generando estabilización de los precios en el mercado nacional tanto de los almidones como los subproductos de estos materias. Sin embargo en nuestra provincia ha dado mayor énfasis a la investigación con relación a las propiedades genéticas y agronómicas de las papas nativas; pero poco se ha estudiado sobre la extracción del almidón, que es una actividad agroindustrial en el ámbito nacional e internacional.

Por tal razón el objetivo de esta investigación fue la obtención del almidón (% de rendimiento de extracción), determinación de las propiedades funcionales y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (***Solanun tuberosum ssp. Andigenum***).

1.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

- Determinar el rendimiento de extracción, las propiedades funcionales y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (***Solanun tuberosum ssp. Andigenum***).

Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de extracción del almidón de cuatro variedades de papa nativa (***Solanun tuberosum ssp. Andigenum***).
- Determinar las propiedades funcionales: poder de hinchamiento, índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización, claridad de pasta y densidad aparente del almidón de cuatro variedades de papa nativa (***Solanun tuberosum ssp. Andigenum***).
- Evaluar el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (***Solanun tuberosum ssp. Andigenum***).

CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Díaz, (2015). **En su investigación “Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de *solanum tuberosum* ssp. *Andigenum* (papa nativa)”**. Dentro de las propiedades funcionales evaluó la temperatura de gelatinización, claridad de pastas, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y la estabilidad en congelación/descongelación por el porcentaje de sinéresis. Los valores obtenidos de la temperatura de gelatinización tuvo rangos de 63.9-70.0 °C; la claridad de pastas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 59.9-80.2 %; una viscosidad de 9960-12266.7 cP; índice de absorción de agua 6.332-10.278 g gel/g muestra; índice de solubilidad en agua 2.03-2.85 g soluble/g muestra; poder de hinchamiento 6.380-10.253 %.
- Loyola et al., (2010). **En su investigación “Evaluación del contenido de almidón en papas (*solanum tuberosum*), producidas en forma orgánica y convencional en la provincia de Curicó, región del Maule”**. Donde evaluó el contenido de almidón en papas producidas en forma orgánica y convencional en la provincia de Curicó, región del Maule, Chile; concluye que el contenido de almidón obtenido en los tubérculos sometidos a ambos tratamientos no mostró diferencias estadísticamente significativas en ambos cultivos ($p < 0,05$). En general, el cultivo convencional de papas obtuvo un contenido superior de almidón en los tubérculos, en relación a lo ocurrido al orgánico.
- Hernández et al., (2008). **En su trabajo de investigación “Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México”** quienes estudiaron la caracterización fisicoquímica de los almidones, las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de tubérculos como: makal, camote, yuca y sagú. Las temperaturas de gelatinización fueron de 78,4, 61,3, 65,2 y 74,9 °C, respectivamente. El almidón de yuca fue el que presentó mayor poder de hinchamiento y solubilidad. La viscosidad máxima fue para el almidón de yuca. El almidón de

camote presentó la mayor claridad de gel (51,8%) y el de makal, la menor (10,9%). El almidón de yuca fue el más elástico (36,2%).

- Zarate et al., (2013). **En su investigación “extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla desarrollada en la Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia”**, evaluaron almidones nativos de clones promisorios de papa criolla para determinar su uso potencial en la industria de alimentos de acuerdo a sus características fisicoquímicas y funcionales. Los tubérculos de 17 clones promisorios cosechados en dos Municipios del Departamento de Cundinamarca (Colombia), presentaron formas redondas a comprimidas, con color de piel amarilla a negruzca y color de pulpa crema a amarillo, con rangos de contenido de humedad de 72,45-80,83%, almidón de 8,67-22,72% y determino las propiedades funcionales como temperatura de gelatinización de 62-74°C.
- Torres *et al.*, (2013). **En su investigación, “propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de pituca desarrollada en la ciudad de Cartagena- Bolívar, Colombia”**, quienes evaluaron las propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga variedades blanca y morada. Encontraron que el índice de absorción de agua de los almidones de malanga blanca y morada fue ($1,79 \pm 0.1$ y $1,88 \pm 0.02$) respectivamente, el índice de solubilidad presentó diferencia significativa para los almidones de malanga blanca y morada ($12,8 \pm 0,3$ y $23,07 \pm 0.21$), respectivamente. La temperatura de gelatinización fue 55 ± 2 y 54 ± 2 respectivamente, concluyendo que debido a sus bajas temperaturas de gelatinización, pueden emplearse para elaborar productos como postres.
- Von *et al.*, (2005). **En su investigación, “evaluación de la textura y color del almidón y harinas en preparaciones sin gluten”**, desarrollado en el departamento de Nutrição, Facultad de Saúde en la Universidad de Sao Paulo Brasil. Quienes evaluaron y caracterizar harinas y almidones exentos de gluten, en cuanto a la textura y el color. Para evaluar el color se utilizó un colorímetro de triestímulos. Los valores de croma indican que los tonos más intensos son los de fubá y crema de arroz. Al conocer las características de las harinas y almidones libres de gluten es posible obtener resultados satisfactorios en la elaboración de dietas especiales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. La papa nativa

Las papas nativas deben ser consideradas como un cultivo diferente al de las papas mejoradas. Las papas nativas tienen mejor calidad culinaria y alto porcentaje de materia seca. Generalmente se cultivan sobre los 3 000 metros sobre el nivel del mar, sus requerimientos de suelos son muy específicos, y son más susceptibles a enfermedades como: roña, carbón, verruga, rancha e insectos como la polilla y el gorgojo (Yupanqui, 2001).

El Centro Internacional de la Papa, mantiene en custodia 4732 variedades, de las cuales 2700 corresponden al Perú. Esta rica biodiversidad constituye desde hace cuarenta años la fuente primordial para la generación de nuevas variedades resistentes a enfermedades severas y actualmente estas variedades nativas son la base para la generación de variedades con concentraciones altas de vitamina C, de micronutrientes esenciales (hierro y zinc) y de antioxidantes como (compuestos fenólicos y otros). Este material es importante base para responder a la inseguridad alimentaria, el déficit nutricional presente en los países en desarrollo y contribuir a la prevención de ciertas enfermedades crónicas (Fonseca *et al.*, 2014).

En las regiones de Apurímac y Huancavelica, ubicados en los Andes del Perú la agricultura es la principal actividad y según las estadísticas agrícolas recientes (CENAGRO, 2012), la papa es el cultivo de mayor superficie en ambas regiones. En Apurímac se siembra 20,000 has. En Huancavelica 26,000 has., siguiendo en orden de importancia, el maíz y los cereales.

La importancia del cultivo de la papa nativa, radica en la existencia de una cultura andina milenaria, en la sierra peruana existen diversos grupos de pequeños productores que han permitido mantener una rica biodiversidad, así como también un sistema de cultivo sostenible y de acuerdo a su realidad territorial peculiar (Fonseca *et al.*, 2014).

La biodiversidad de estas especies presenta un desarrollo desigual con marcadas diferencias regionales. Algunas son conocidas en el ámbito nacional y su consumo es difundido. Otras tienen sólo presencia regional, la mayor parte son desconocidas y corren riesgo de erosión.

Sin embargo la mayoría de las variedades son desconocidas, aunque no es posible evidenciar su erosión, pero si constatar el estancamiento de la producción y un peligro latente de desaparición, incluso se cree que algunas como la (***Solanum hygrothermicum***), se han perdido. Se señalan como causas factores adversos al medio ambiente, recursos tecnológicos insuficientes y la precariedad económica y social de sus cultivadores (CIP - COTESU, 1993).

2.2.2. Clasificación botánica de la papa

La papa presenta la siguiente clasificación taxonómica (Quilca y burga, 2007).

Familia: Solanaceae.

Género: Solanum.

Sub género: Potatoe.

Sección: Petota.

Serie: Tuberosa.

Especies: phureja, andigenum.

Nombre común: papa, patata.

2.2.3. Variedad de papas nativas en Andahuaylas - Apurímac

- ✓ **Amachi: (*Solanum tuberosum* ssp. Andigena)**, presenta elevada concentración de antocianinas y compuestos fenólicos totales, lo que garantiza una muy buena capacidad antioxidante y buen contenido de hierro.
- ✓ **Azul sunqu: (*Solanum tuberosum* subesp. Andigena)**: alta concentración de compuestos fenólicos totales, que asegura una actividad antioxidante interesante y con potencial de contribución a la salud.
- ✓ **Caspar: (*Solanum tuberosum* subesp. Andigena)** alto contenido de vitamina C, con buen poder de retención al ser sancochada. Buena actividad antioxidante.
- ✓ **Gaspar: (*Solanum cahucha*)**, buen contenido de vitamina C, con buen poder de retención al ser sancochada.
- ✓ **Kuchiaka: (*Solanum stenotomum*)**, alta concentración de compuestos fenólicos totales que garantiza una buena capacidad antioxidante.
- ✓ **Leona: (*Solanum tuberosum* subesp. Andigena)**, buen contenido de hierro y de vitamina C, con alto poder de retención al ser sancochada. Alto contenido de compuestos fenólicos totales, que garantiza una buena capacidad antioxidante.

- ✓ **Muru millcu: (*Solanum tuberosum* subesp. *Andigena*)**, buen contenido de vitamina C. buena concentración de compuestos fenólicos totales y alta capacidad antioxidante.
- ✓ **Pichi Cullma: (*Solanum stenotomum*)**, buen contenido de vitamina C y alto poder de retención al ser sancochada. Buena concentración de compuestos fenólicos totales, garantizando una alta capacidad antioxidante.
- ✓ **Puka simi: (*Solanum tuberosum* subesp. *Andigena*)**, buen contenido de hierro y de compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.
- ✓ **Qequrani: (*Solanum stenotomum*)**, buen contenido de hierro y de compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.
- ✓ **Qulli Sullu: (*Solanum stenotomum*)**, alto contenido de vitamina C y buen poder de retención después de la cocción. Alto contenido de hierro y una alta capacidad antioxidante.
- ✓ **Winqu o Wencos: (*Solanum stenotomum*)**, buen contenido de compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.
- ✓ **Yana puma makin: (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigena*)**, buen contenido de hierro, compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.
- ✓ **Yawar wayku: (*Solanum stenotomum*)**, buen contenido de compuestos fenólicos totales y muy buena capacidad antioxidante, (Fonseca *et al.*, 2014).

2.3. ALMIDÓN

El almidón es un biopolímero formado por residuos de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos y constituye el producto final de la fijación fotosintética del dióxido de carbono atmosférico, es el principal polisacárido de reserva sintetizado por las plantas superiores (Beynum y Roels, 1985). Es un componente importante de un gran número de productos agrícolas como los cereales (maíz, trigo, arroz, cebada) en los cuales el contenido de almidón es de 30 - 80%, leguminosas (frijoles, chícharos, haba) con 25 - 50%, tubérculos (papa, yuca) con 60 - 90%, y algunos frutos en estado fisiológico maduro (mango, plátano) los cuales pueden contener hasta un 70 % en base seca de este carbohidrato (Núñez *et al.*, 2004).

Se encuentra en forma de gránulos insolubles en las semillas o granos, tubérculos, raíces y tallos de las plantas de las cuales constituye su principal forma de reserva energética que es utilizada durante los periodos de dormancia, germinación y crecimiento de las plantas (Wang *et al.*, 2007).

Debido a las propiedades fisicoquímicas y funcionales que presenta el almidón se utiliza en diferentes industrias como la de alimentos, farmacéutica, textil y petrolera. Sin embargo las propiedades fisicoquímicas que presentan los almidones están gobernadas por el contenido de sus dos polisacáridos constituyentes: amilosa y amilopectina, así como la organización de estos dos polímeros en el interior del gránulo. Una propiedad del almidón en relación a su funcionalidad en los alimentos es la habilidad para absorber agua durante su calentamiento lo cual resulta en la gelatinización y pérdida de la organización granular (Blazek y Copeland, 2007).

2.3.1. Propiedades funcionales del almidón

El almidón proveniente de una misma fuente botánica es una mezcla integrada por gránulos de distinto tamaño, los cuales difieren tanto en su composición química como en sus propiedades endotérmicas que finalmente repercuten en las características particulares de cada tipo de almidón. Los gránulos pequeños presentan un mayor contenido de amilosa en comparación con los gránulos de mayor tamaño (Pomeranz, 1991).

Los almidones nativos presentan propiedades funcionales que pueden ser deseables para ciertas aplicaciones (Duxbury, 1989). La gelatinización, retrogradación, birrefringencia, difracción de rayos X, solubilidad, claridad, viscosidad, capacidad de retención de agua y poder hinchamiento, son fenómenos que pueden ayudar a explicar la estabilidad del biopolímero y por tanto sugerir su aplicación adecuada, las cuales son importantes para la industria de los alimentos (Torre *et al.*, 2008) .

Cuando el almidón se somete a tratamientos hidrotérmicos, sufre cambios fisicoquímicos y estructurales, que provocan cambios en la organización de las moléculas de amilosa y la amilopectina, debido a que son calentados a temperaturas cercanas a la gelatinización, en la cual los enlaces de puente de hidrogeno que hay entre la región cristalina de los gránulos son destruidos, posteriormente se lleva a cabo la introducción de agua e hidratación de los segmentos de las moléculas de amilopectina esto es el resultado del hinchamiento y solubilidad de sus componentes (Whistler y Bemiller, 1997). La desorganización estructural de los almidones se explica mediante los estudios de gelatinización y retrogradación.

El almidón presenta una alta estabilidad y organización debido a las múltiples interacciones que existen entre la amilosa y la amilopectina, esto ocasiona que sea insoluble en agua fría, sin embargo, cuando se calienta en exceso el agua mayor a 70 % ocurre una pérdida de cristalinidad, originando que la forma semicristalina cambie a una forma eventualmente amorfa. (Tester y Debon, 2000).

2.3.1.1. Gelatinización

La gelatinización del almidón es un proceso que se da en presencia de agua en el cual, se pasa de un estado ordenado (estructura cristalina) a un estado desordenado en el que se absorbe calor (Figura 01); es decir, la gelatinización transforma a los gránulos insolubles del almidón en una solución de sus moléculas constituyentes (amilosa y amilopectina) en forma individual (Badui, 2001).

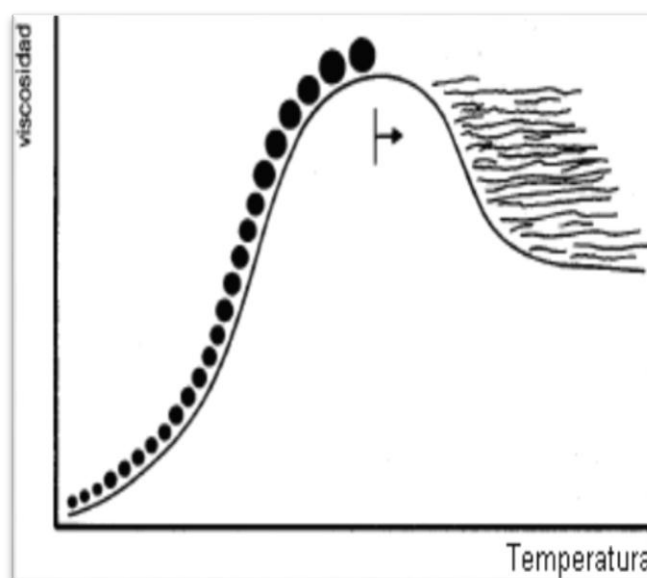


Figura 1: Gelatinización del almidón

Fuente: Badui (2001).

La gelatinización total del gránulo del almidón tal como se muestra en la Figura 02, se produce dentro de un intervalo amplio de temperatura. Según (Biliaderis, 1991) son tres los procesos que constituyen a este fenómeno. Estos procesos son fenómenos fuera del equilibrio que a su vez resultan en los fenómenos meta estables de gelatinización, gelación y retrogradación del almidón, estos fenómenos son:

- a. **Difusión del agua dentro del gránulo de almidón:** cuándo empieza a absorber agua, los puentes de hidrógeno de la región amorfa se rompen permitiendo que el agua se asocie con los grupos hidroxilos libres.

- b. **Fusión de la región amorfa:** se caracteriza por una transición hélice-enrollamiento al azar que es facilitada por la hidratación, las cadenas de amilosa se difunden en medio acuoso y tienen una mayor movilización molecular dentro del gránulo, en este punto el hinchamiento es reversible y las propiedades ópticas del gránulo no se pierden (Tester y Debon,2000).

- c. **Desintegración de las zonas cristalinas:** cuando el calentamiento es continuo en este punto, el hinchamiento llega a ser irreversible debido a la disociación de las dobles hélices propias de la región cristalina (amilopectina) hasta que finalmente pierde su estructura (Lai y Kokini, 1991).

Así la temperatura a la cual ocurre este proceso se le conoce como temperatura de gelatinización, cuando la cantidad de agua es limitada, no ocurre una gelatinización completa en el intervalo usual de temperatura, sin embargo conforme la temperatura se incrementa las regiones cristalinas se funden (Tester y Debon, 2000).

Este hinchamiento de los gránulos de almidón es reversible hasta una cierta temperatura conocida como temperatura de gelatinización, la cual es característica de cada tipo de almidón y corresponde a la temperatura a la cual se alcanza el máximo viscosidad (Debet y Gidley, 2006).

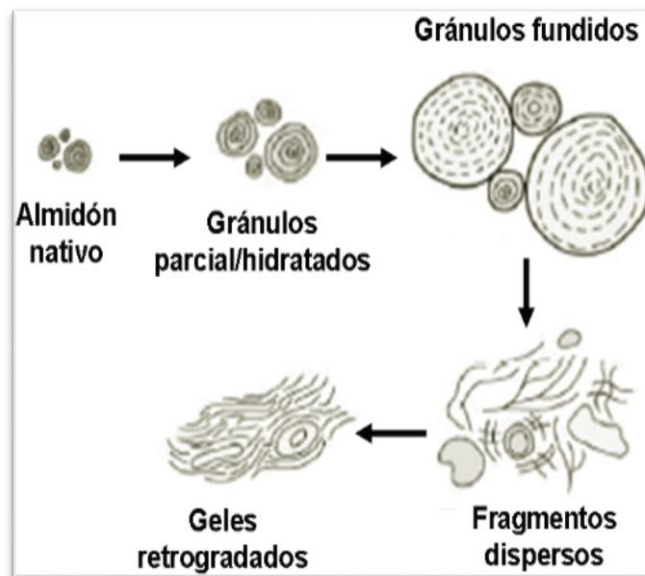


Figura 2: Modificación del almidón sometido a hidrocaldentamiento

Fuente: Rooney & Huang, (2001).

2.3.1.2. Poder de hinchamiento

El poder o capacidad de hinchamiento se manifiesta debido a las fuerzas de enlaces presentes en el interior del gránulo por lo tanto, gránulos de almidón altamente asociados con una estructura micelar extensa y frecuentemente enlazada, generalmente muestran una gran resistencia al hinchamiento (Tester y Morrison, 1990). Aunado a esto la presencia de lípidos puede inhibir el hinchamiento de los gránulos, debido a la formación de complejos insolubles con la fracción de amilosa (Yoshimoto *et al.*, 2000).

Por otra parte, al presentar un aumento de temperatura el gránulo de almidón tiende a hincharse, además libera al exterior la amilosa que se encontraba dentro del gránulo formando una red tridimensional. Es por ello que el hinchamiento del almidón depende de su contenido de amilopectina, mientras que la amilosa actúa como un disolvente inhibitor del hinchamiento. El poder de hinchamiento se presenta cuando los gránulos de almidón se sumergen en agua y esta presenta un hinchamiento que además con un aumento de la temperatura se incrementa el volumen y por tal motivo se presenta una pérdida de cristalinidad, por su parte la amilosa puede ser lixiviada formando así un gel. Cuanto más alto es el contenido de amilosa más bajo es el poder de hinchamiento y menor es la fuerza del gel (Sánchez, 2007).

2.3.1.3. Solubilidad en agua

La solubilidad en agua está influenciada por la relación amilosa - amilopectina y por las características de éstas, peso molecular, grado de ramificación, longitud de las ramificaciones y conformación de moléculas complejas de lípidos (Zhang *et al.*, 2005). Además las proteínas dentro de los gránulos de almidón juega un papel muy importante en el control del poder de hinchamiento de los mismos (Karlsson *et al.*, 2007).

El almidón es un polímero poco soluble debido a que la amilosa y amilopectina se unen por puentes de hidrógeno, formando una estructura compleja, altamente organizada, que presenta una gran estabilidad a las múltiples interacciones que existen con sus dos polímeros constituyentes, es decir su solubilidad depende de la cantidad de estos polímeros en el medio (Kaur *et al.*, 2007).

Las ramificaciones laterales (amilopectina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución. Esto desde luego incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Hwang y Kokini, 1992).

2.3.1.4. Absorción de agua

El índice de absorción de agua es un parámetro que da idea de la absorción de agua de una harina y es un indicador de rendimiento de masa fresca y de la consistencia apropiada para la preparación de masas (Molina *et al.*, 1977).

La cantidad de agua absorbida por el almidón dependerá del contenido de humedad, del medio que lo rodea el almidón absorbe agua hasta alcanzar el equilibrio con el medio circundante (proceso reversible), por tanto la absorción de agua provoca que el granulo presente un hinchamiento incrementando el tamaño hasta un 10% (Singh y Singh, 2003).

2.3.1.5. Claridad de la pasta

La importancia de esta cualidad radica ya sea en la claridad, transparencia u opacidad de los geles y pastas formadas. Se mide por la capacidad para transmitir la luz (porcentaje de transmitancia %T) cuando son sometidos al paso de un haz

radiante. Para algunos productos resulta de vital importancia dicha característica, por ejemplo la opacidad resulta deseable cuando se requiere destacar el color brillante de algunos productos (Ríos, 2014). El valor de la claridad en pastas de almidón varía entre 12.5 - 95 % en cuanto a la pasta del almidón de papa se considera como clara o transparente (Romero y Holguin, 2009). La claridad de las pastas son causa de las cadenas poliméricas del almidón gelatinizado que se asocian entre si y tienden a formar una estructura más ordenada la cual produce turbidez y reduce la transmitancia de la luz a través de la dispersión del almidón (Lovedeep *et al.*, 2002).

El fósforo presente en el almidón proporciona un efecto significativo en el alimento que lo contiene ya que ocasiona una mayor estabilidad así como un incremento en la claridad de las pastas (Tester *et al.*, 2004).

2.3.1.6. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, forma y el tamaño del granulo del almidón, por lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente (Sánchez, 2007). El contenido de amilosa influye en la temperatura de gelatinización, es decir es inversamente proporcional a esta, ya que a mayor contenido de amilosa menor temperatura de gelatinización y viceversa, (Lindeboom *et al.*, 2004).

Las temperaturas de gelatinización se encuentran en un rango de 60 a 85 °C, dependiendo de varios factores, incluyendo de la fuente de almidón, las cantidades relativas de amilosa y amilopectina y la cantidad de humedad disponible para la hidratación, (Tester *et al.*, 2004).

Según (Zhang *et al.*, 2005). La gelatinización del almidón se refiere al colapso del orden en el interior de los gránulos cuando estos son sometidos a calor en presencia de agua ocasionando cambios irreversibles entre los que se encuentra, pérdida de su orden cristalino, aumento en el tamaño de los gránulos, birrefringencia y la solubilización del almidón (Torre *et al.*, 2008).

2.3.2. Usos del almidón

Casi todas las industrias han encontrado algún uso para el almidón. En la industria de alimentos el almidón ha sido utilizado para impartir propiedades funcionales a los alimentos tales como: agente espesante, encapsulante y relleno. El almidón es

utilizado en sopas enlatadas, postres, helados, carnes procesadas, salsas, productos horneados, entre otros. Los usos del almidón en las industrias no alimentarias son tan diversos como en la industria alimentaria, los principales usos incluyen las industrias textil, farmacéutica, cosmética, papelera, etc. (Fuglie y Oates, 2001).

2.4. EL COLOR

El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor. Varios pigmentos presentes en los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalaínas y vitaminas. Han revelado en varios estudios que su consumo diario promueve la salud de los seres humanos mediante la reducción de los niveles de colesterol, esclerosis coronaria, factores de riesgo cardiovascular, entre otros efectos beneficiosos (Santana *et al.*, 2013).

El color se describe en términos de valor, que es la claridad u oscuridad de un color, o la cantidad relativa de blanco o negro de un tono. Si el blanco es agregado como incremento a cualquiera de los colores, obtendremos valores más claros del tono llamados tintes. El incremento de gris en un tono da por resultado valores más oscuros de tono conocidos como matices (Blume, 1994).

El método más utilizado en la industria de alimentos para medición de color es el de colorimetría de triestímulos. El colorímetro de triestímulos consiste en luz blanca proveniente de una fuente - patrón de la CIE (Internacional Comisión on Illumination), que incide sobre la muestra bajo un ángulo de 0° y es reflejada a un ángulo de 45° (reflexión difusa), o viceversa. La luz reflejada pasa a través de filtros, siendo medida por una fotocélula (Ferreira, 1981).

El espacio de color $L^* a^* b^*$ (también referido como CIELab) es uno de los espacios de color más usados para medir la composición cromática de un objeto y es ampliamente utilizado en todos los campos. Es un espacio de color definido por la CIE en 1976 con el fin de reducir uno de los principales problemas del espacio original en color Yxy . En este espacio de color, L^* indica la luminosidad, a^* y b^* las coordenadas de color, la Figura 03 indica la direcciones de color: $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección verde, $+b^*$ es el dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección azul.

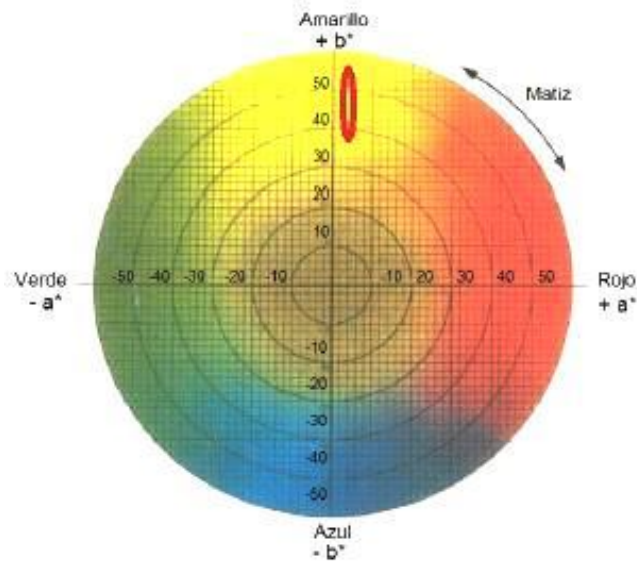


Figura 3: Representación en el plano horizontal de color $L^* a^* b^*$

Fuente: Ferreira, (1981).

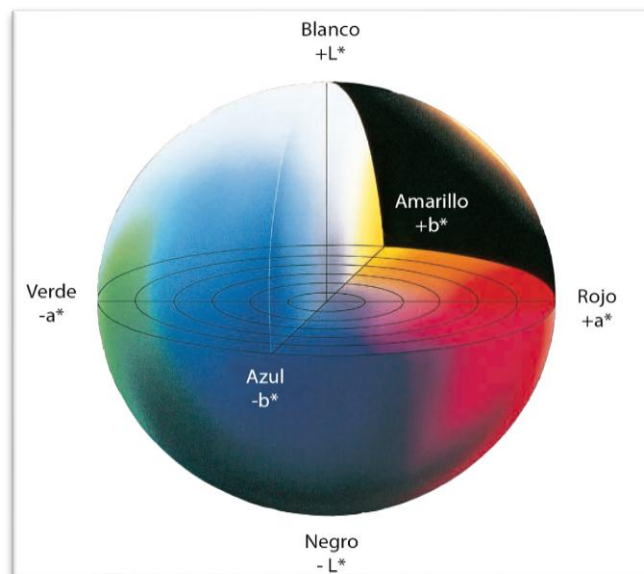


Figura 4: Representación tridimensional del espacio de color $L^* a^* b^*$

Fuente: Ferreira, (1981).

En el espacio $L^* a^* b^*$, la diferencia del color puede ser expresada en un valor numérico ΔE^*_{ab} , el cual indica la magnitud entre dos colores, pero no indica la saturación, el tono y la luminosidad; el ΔE^*_{ab} está definido por la ecuación 01, en la Figura 05, explica mejor este concepto; para analizar la diferencia total en la

luminosidad, la saturación y el tono entre dos colores, es útil calcular la medida del tono entre el color de referencia y el observado usando la ecuación 02.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Ec. (01)}$$

Donde ΔL^* , Δa^* , Δb^* : es la diferencia entre L^* a^* b^* de la referencia y L^* a^* b^* de comparación.

$$\Delta H_{ab}^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \quad \text{Ec. (02)}$$

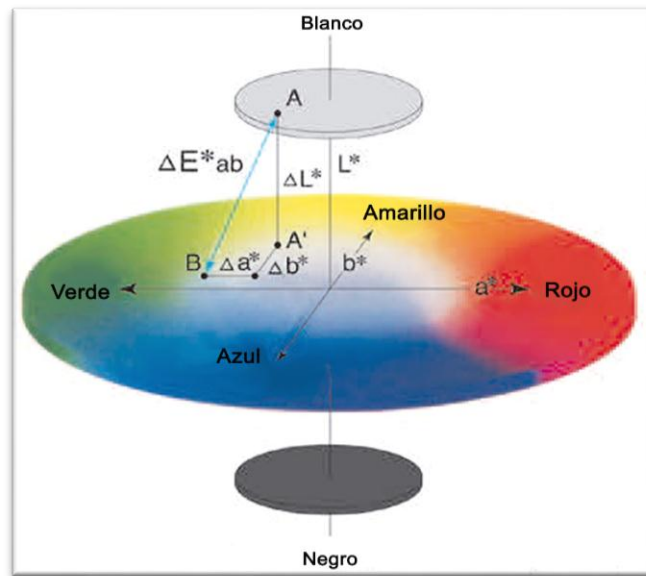


Figura 5: Diferencia del color en el espacio L^* a^* b^* .

Fuente: (Ferreira, 1981).

La diferencia en el ángulo de tono $^{\circ}h_{ab}$ entre el color observado y el de referencia puede ser correlacionado con diferencias visuales del tono percibido. La diferencia de saturación $\Delta^{\circ}C_{ab}^*$ ($[C^* ab]_{observado} - [C^* ab]_{referencia}$) puede ser relacionado con diferencias de saturación percibido visualmente. La medida de color C^* y del ángulo de tono h se definen por las ecuaciones 03 y 04.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Ec. (03)}$$

$$h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right), (\text{grados}) \quad \text{Ec. (04)}$$

La diferencia de tono es positiva si el ángulo h del observado es mayor al de referencia y es negativa si el ángulo h del observado es menor a la referencia (Kónica, 2007).

Índice de color (IC*): El color puede ser evaluado mediante la determinación del índice de color IC* obtenido por la ecuación 05 donde L*, a* y b* son los parámetros del sistema color CIELAB (Valero, 2011).

$$IC * = \frac{b \cdot 1000}{L \cdot a} \quad Ec. (05)$$

El IC* por sus características de variación puede utilizarse como variable de control de la calidad organoléptica de alimentos:

- ✓ Si IC* es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde el azul-violeta al verde profundo.
- ✓ Si IC* es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- ✓ Si IC* está entre (-2 a +2), representa el amarillo verdoso.
- ✓ Si IC* es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido.
- ✓ Si IC* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo. al naranja intenso.

2.5. MARCO CONCEPTUAL

2.5.1. Almidón.

El almidón es un biopolímero formado por residuos de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos y constituye el producto final de la fijación fotosintética del dióxido de carbono atmosférico, es el principal polisacárido de reserva sintetizado por las plantas superiores (Beynum y Roels, 1985).

2.5.1.1. Propiedades funcionales del almidón.

Las propiedades funcionales dependen directamente de la relación entre amilosa y la amilopectina, la cual, puede depender de la variedad, la especie, composición de la papa, el suelo, la edad de la planta y de más factores (Aristizabal y Sánchez, 2007).

2.5.1.2. Gelatinización.

La gelatinización del almidón es un proceso que se da en presencia de agua en el cual, se pasa de un estado ordenado (estructura cristalina) a un estado desordenado en el que se absorbe calor.

2.5.1.3. Temperatura de gelatinización.

Los gránulos del puré son insolubles en agua fría; cuando se calientan en solución a temperaturas altas alcanzan una temperatura específica en la cual se inicia el hinchamiento de los gránulos. Esta temperatura es llamada temperatura de gelatinización (Grace, 1977).

2.5.1.4. Poder de hinchamiento.

El poder de hinchamiento se presenta cuando los gránulos de almidón se sumergen en agua, presentado un hinchamiento que además con un aumento de la temperatura, se incrementa el volumen y por tal motivo se presenta una pérdida de cristalinidad (Sánchez, 2007).

2.5.1.5. Solubilidad en agua.

La solubilidad en agua está influenciada por la relación amilosa - amilopectina y por las características de éstas en cuanto peso molecular, grado de ramificación, longitud de las ramificaciones, y conformación de moléculas complejas de lípidos (Zhang *et al.*, 2005).

2.5.2. Absorción de agua.

El índice de absorción de agua es un parámetro que da idea de la absorción de agua de una harina y es un indicador de rendimiento de masa fresca y de la consistencia apropiada para la preparación de masas (Molina *et al.*, 1977),

2.5.3. Claridad de la pasta.

La claridad, transparencia u opacidad de los geles y pastas formadas, es la capacidad para transmitir la luz (porcentaje de transmitancia %T) cuando son sometidos al paso de un haz radiante (Ríos, 2014).

2.5.4. Temperatura de gelatinización

La temperatura gelatinización del almidón se refiere al colapso del orden en el interior de los gránulos cuando estos son sometidos a calor en presencia de agua, ocasionando cambios irreversibles, entre los que se encuentra según (Torre *et al.* 2008).

2.5.5. Color

El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor (Santana *et al.*, 2013).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Las pruebas experimentales del rendimiento de extracción, evaluación de las propiedades funcionales (temperatura de gelatinización, claridad de pastas, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, densidad aparente) y el color del almidón se realizaron en los laboratorios de Química y Biotecnología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, ubicado en el barrio Santa Rosa, Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera – Provincia de Andahuaylas – Región Apurímac.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Se utilizaron cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum ssp. Andigenum*) que son “Cuchi pelo, Qayma marsela, Puma maqui y Yana palta” que fueron recolectados del CC. PP de Motoy del distrito de Uripa, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, teniendo en cuenta que estas variedades son las que tienen mayor producción y una mejor apariencia.

3.2.2. Muestra

Se utilizó 5 kg de papa nativa por variedad, debido a que para la determinación del porcentaje de rendimiento de extracción se necesita una cantidad significativa de papas nativas, es decir el contenido del almidón en papas nativas es diferente de cada variedad, para lo cual las papas nativas fueron seleccionados sin presencia de cortes, golpes magulladuras, etc.

3.2.3. Unidad de análisis

Estará referida al almidón extraído de cada variedad de papa nativa, a las cuales se evaluó rendimiento de extracción, las propiedades funcionales (índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento, claridad de pasta, temperatura de gelatinización), densidad aparente y el color del almidón.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. Investigación aplicada

Debido a que se evaluó el rendimiento de extracción, el comportamiento de las propiedades funcionales, densidad aparente y color del almidón de papa nativa, aplicando conceptos teóricos y científicos pertinentes al tema y a la ingeniería agroindustrial.

3.3.2. Según el objeto de estudio

Explicativa

Debido a que se explicará los resultados encontrados del rendimiento de extracción, comportamiento de las propiedades funcionales, densidad aparente y color del almidón de papa nativa, en comparación a los antecedentes y conceptos tecnológicos y científicos ya existentes.

3.3.3. Según el tipo de datos empleados

Cuantitativa

Debido a que se midió y se determinó datos numéricos del rendimiento de extracción, comportamiento de las propiedades funcionales, densidad aparente y color del almidón de papa nativa, a través de la utilización de instrumentos y/o equipos, y así poder contrastar la hipótesis a través de pruebas estadísticas.

3.3.4. Según la manipulación de variables

Experimental

Debido a que se manipularon las variables de estudio como: Variedad de papa nativa; el cual se denominará factor o fuente de variabilidad. Asimismo se considera experimental debido a que se aleatorizó los experimentos o tratamientos a fin de obtener muestras representativas, esto se representó a través de una matriz de diseño experimental.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. Variable independiente o de entrada

- Cuatro variedades de papa nativa

3.4.2. Variable dependiente o de salida

- **Variable 01:** Rendimiento de extracción de almidón
Indicador : %Rendimiento
- **Variable 02:** Propiedades funcionales
Indicadores : poder de hinchamiento, índice de solubilidad, índice de absorción de agua, densidad aparente, temperatura de gelatinización y claridad de pasta.
- **Variable 03:** Color del almidón
Indicador : Luminosidad L*, espectro a*, espectro b*

3.5. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

Tabla 1: Equipos e instrumentos

Cantidad	Equipos /Instrumentos	Marca
01	Colorímetro	Konica Minolta
01	Centrífuga	LW-Scientifique
01	Espectrofotómetro UV-Visible	Genesis
01	Estufa de secado	Memmert
01	Termómetro Digital	-----
01	Balanza analítica	-----
01	Licuada domestica	-----
01	Cámara	Canon
01	Baño María	-----

Tabla 2: Materiales de vidrio y acero

Cantidad	Materiales de vidrio	Marca
01	Desecador	Fortuna
03	Pipetas de 10 mL	Fortuna
1	Probeta de 50 mL	Kyntel
1	Probeta de 25 mL	Kyntel
1	Probeta de 100 ml	Kyntel
12	Placas petri	Fortuna
12	Placas Petri pequeña	Fortuna
1	Varillas de vidrio	-----
2	Vasos de precipitado 250 mL	Fortuna
6	Vasos de precipitado de 100 mL	Fortuna
12	Vasos de precipitado de 50 mL	Fortuna
2	Embudo de vidrio	Fortuna
1	Mortero de porcelana	-----
4	Cuchillos de acero	Facusa
3	Espátula	Rostfre
15	Tubos de ensayo con tapa rosca	-----

Tabla 3: Materiales de plástico

Cantidad	Materiales	Marca
02	Baldes	Rey
02	Pisceta	-----
02	Tamiz de 250 um	-----
02	Gradilla para tubos de ensayo	-----
02	Papel tissu	Elite
01	Pro-pipetas	-----
01	Recipiente de plástico	Rey

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.6.1. Preparación y acondicionamiento de la materia prima

La materia prima (papa nativa), se seleccionó considerando los siguientes criterios: sin presencia de cortes, golpes o magulladuras, sin presencia de zonas putrefactas; tomadas en cuenta estas consideraciones, la materia prima fue llevada a un ambiente refrigerado a 10 °C, a fin de evitar estrés térmico.

3.6.2. Rendimiento de extracción del almidón

Se usó la metodología de extracción de almidón por decantación descrita por (Singh *et al.* 2008). Con algunas modificaciones basadas en (Melian, 2010).

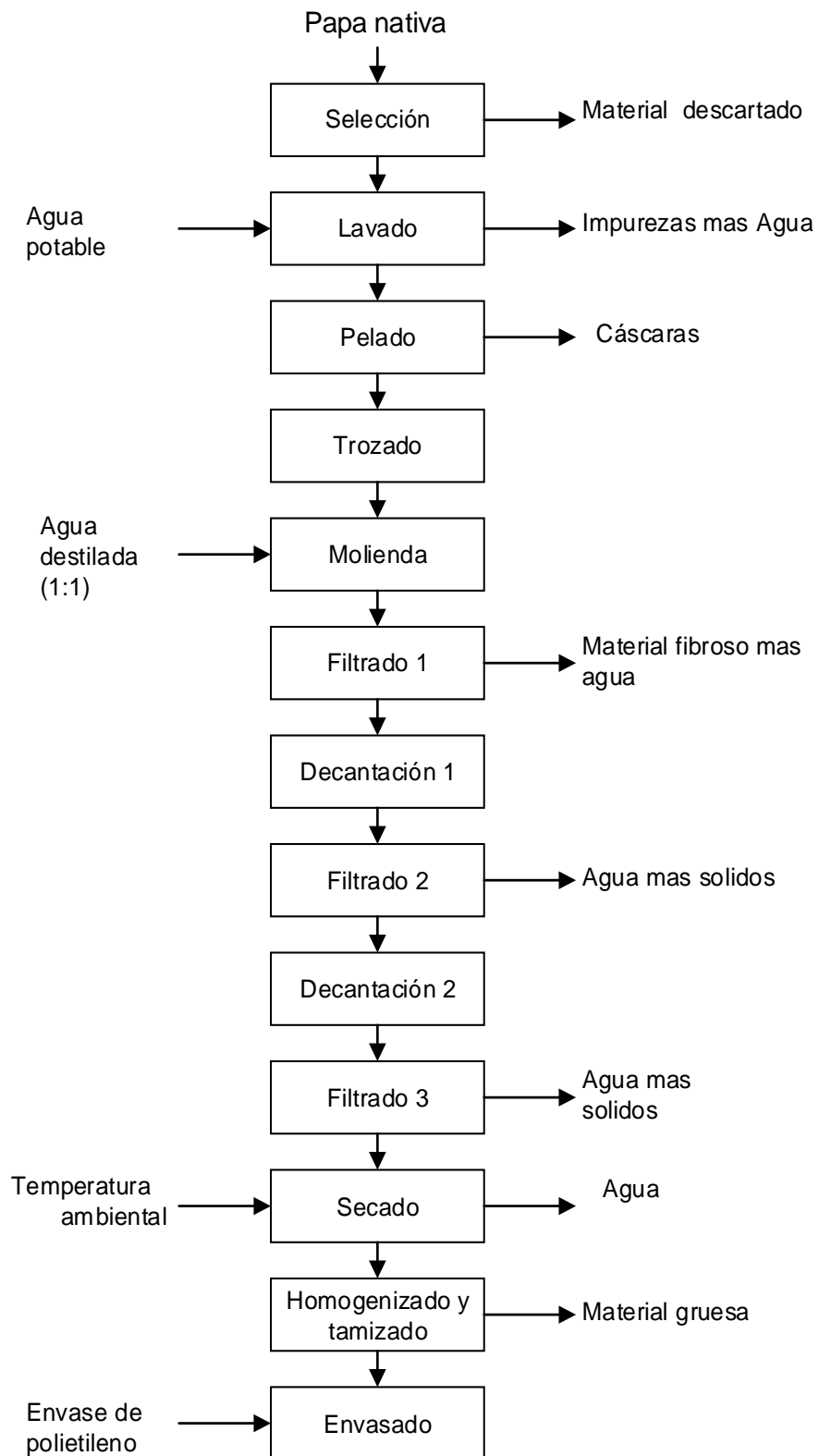


Figura 6: Diagrama de bloques del proceso de extracción de almidón de papa nativa.

Fuente: (Singh *et al.*, 2008) y (Melian ,2010).

- **Selección:** Se inició con la selección manual de las papas nativas, separando todas las papas defectuosas (podridas, dañadas por polillas o picadas) y así se obtuvo las papas nativas seleccionadas.
- **Lavado.** Las papas nativas fueron lavadas y cepilladas, exhaustivamente, para retirar la tierra o cualquier otra sustancia no deseada de la superficie de la papa.
- **Pelado:** Se retiró la cáscara de los tubérculos con un cuchillo, evitando retirar la pulpa del tubérculo.
- **Trozado.** Después del pelado las papas se cortaron en cubos pequeños (4 cm de arista).
- **Molienda.** En una licuadora industrial se colocaron las papas cortadas previo pesado y se agregó agua destilada en la relación 1:1.
- **Filtrado1.** La mezcla obtenida de la molienda se pasó por la muselina y se adicionó agua para arrastrar la mayor cantidad del almidón retenido en la muselina. Luego se pesó el material (fibra) retenido en la muselina.
- **Decantación 1.** La muestra se dejó decantar en un recipiente durante 4 horas, a temperatura ambiente, hasta obtener una capa firme de almidón en el fondo del recipiente.
- **Filtrado 2:** Se separó el líquido de la solución que contenía, el agua del almidón por decantación.
- **Decantación 2:** Al almidón depositado en el fondo del recipiente se le agregó agua destilada en la relación 2:1. Se dejó reposar durante 2 h, obteniendo al final de esta operación un sobrenadante claro que fue descartado.
- **Filtrado 3:** El residuo obtenido se lavó varias veces con agua destilada para retirar todo el almidón, hasta que el efluente sea cristalino, obteniéndose una pasta blanca con aproximadamente 70 % de humedad.
- **Secado.** El almidón resultante se distribuyó homogéneamente sobre bandejas dispuestas al sol para su secado respectivo.
- **Homogenizado y tamizado:** una vez seco el almidón, se procedió a homogenizarlo mediante un mortero y pilón para tener un tamaño uniforme de las partículas del almidón y se tamizó en un tamiz de 250 μm para descartar algunas impurezas y facilitar su uso.
- **Envasado:** El almidón seco molido se envasó en recipientes de polietileno.

3.7. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.7.1. Rendimiento de extracción

El porcentaje de rendimiento de extracción de almidón - %*REA* se determinó mediante la relación mostrada a través de la ecuación 06 (Ji *et al.*, 2004).

Procedimiento

- Se pesó 5 kg de papa nativa en una balanza de cada variedad antes de triturarlo.
- Se pesó la fibra descartado para el cálculo del rendimiento
- Se pesó el almidón extraído seco; luego se realizó el balance de masas para determinar el rendimiento de extracción.

$$\%REA = \frac{W_{ae}}{W_p} * 100 \quad Ec.(06)$$

Dónde:

W_{ae} : Peso del almidón extraído

W_p : Peso inicial de la papa

3.7.2. Evaluación de las propiedades funcionales del almidón

3.7.2.1. Claridad de pastas

Técnica usada fue de (Craig *et al.*, 1989); las determinaciones se realizaron espectrofotométricamente con el porcentaje de transmitancia.

Procedimiento:

- Se pesó 0.1 g de almidón de cada variedad en tubos de ensayo limpio y seco.
- Luego se agregó agua destilada hasta completar un volumen de 10 mL.
- Seguidamente se colocaron los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, luego la suspensión se agito cada cinco minutos.
- Se dejó enfriar los tubos a temperatura ambiente.

- Finalmente se ubicó la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y se procedió al leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

3.7.2.2. Temperatura de gelatinización

El método que se utilizó fue de (Grace, 1977).

Procedimiento:

- Se pesó 10 g de almidón seco, el cual se disolvió con agua destilada y se completó a 100 mL de volumen.
- Se tomó 50 mL de la suspensión en un vaso precipitado de 100 mL.
- Luego se introdujo el vaso precipitado con la muestra en el agua a 83°C (baño maría).
- Se agitó con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos, por último se procedió a la lectura de la temperatura de gelatinización.

3.7.2.3. Índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

El método que se siguió para la determinación de índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento, fue de Anderson *et al.* (1969) con algunas modificaciones. Se pesaron 2,5 g de almidón en tubos de ensayo en una balanza analítica, seguidamente se adicionó 40 mL de agua destilada. Posteriormente los tubos se colocaron en un baño maría a una temperatura de 60 °C por 30 min agitando cada 10 min.

Se tomó un alícuota de 10 mL de la suspensión formada y se centrifuga a 3000 rpm por 30 min. El sobrenadante se decantó y se secó a 70 °C durante 24 h, y el gel retenido en los tubos se pesó.

El IAA, ISA y PH, se determinó de acuerdo con las ecuaciones.

$$\text{Peso de muestra (g)} = \frac{\text{Peso seco muestra}}{[\text{Peso seco muestra} + \text{agua}]} * \text{alícuota} \quad \text{Ec. 07}$$

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad \text{Ec. 08}$$

$$ISA(\%) = \frac{\text{Peso sobrenadante (g)} - \text{Peso seco Sobrenadante (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} * 100 \quad \text{Ec. 09}$$

$$PH = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}} \quad \text{Ec. 10}$$

3.7.2.4. Densidad aparente (DA).

La técnica usada para la determinación de la densidad aparente fue de (Smith, 1967).

Procedimiento:

- Pesar la probeta graduada vacía
- Luego adicionar con una espátula 25 y 10 g de muestra de almidón a la probeta de 25 ml por medio de un embudo.
- Leer el volumen que ocupa el almidón

$$DA = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidon suelto}) - \text{peso probeta vacía (g)}]}{25\text{mL}} \quad \text{Ec. 06}$$

3.7.3. Determinación del color

3.7.3.1. Color de la pulpa papa nativa almidón

Se utilizó la metodología propuesta por Von *et al.* (2005) que fue modificado para esta investigación.

Procedimiento:

- Se tomó tres papas de cada variedad al azar
- Se hizo un corte transversal a cada una de las papas inmediatamente se hizo la lectura en el espacio L* a* b*
- Y se tomó la lectura correspondiente

Color del almidón

Procedimiento:

- El almidón de papa nativa se colocaron las muestras en una placa de Petri de 7 cm de diámetro.
- Luego la placa con la muestra se acondiciona al colorímetro
- Finalmente se toma la lectura directamente en el colorímetro
- Esta lectura se hizo por triplicado para cada variedad

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.8.1. Tipo de diseño experimental

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un DCA (diseño completamente al azar), que es el más fácil de interpretar en comparación de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que solo consideran dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Se trabajó con cuatro variedades de papa nativa (variable dependiente), de las cuales se les extrajo el almidón, a los cuales se les determinó rendimiento de extracción, propiedades funcionales y el color del almidón (variable independiente).

El modelo estadístico para este diseño está dado por la Ecuación 12.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ec. 12}$$

Dónde:

Y_{ij} , es valor del rendimiento de extracción, propiedades funcionales y el color del almidón de papa nativa en sus cuatro variedades.

μ , es la media de la variable de salida (rendimiento de extracción, propiedades funcionales y el color del almidón)

τ_i , Replica de los tratamientos.

ε_{ij} , Error aleatorio que se da en las réplicas.

Las fuentes de variabilidad para la evaluación del modelo propuesto en la ecuación 12 son: las variedades de papa (tratamientos) y el error aleatorio.

Tabla 4: Diseño experimental del tipo DCA

Orden	Variable de entrada			
	Tratamientos	Rendimiento	Prop. funcionales	Color (L* a* b*)
1	Puma maqui			
2	Cuchi pelo			
3	Yana palta			
4	Qayma marcela			

3.8.2. Prueba de diferencia significativa

Para evaluar la diferencia significativa entre tratamientos se aplicó un Análisis de varianza de un solo factor – ANOVA, cuyas hipótesis estadísticas a probar son:

Hipótesis nula, H_0 : Las medias del rendimiento de extracción, propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa no muestran diferencia significativa.

$$\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = \bar{x}_3 = \bar{x}_4$$

Hipótesis alterna, H_a : Las medias del rendimiento de extracción, propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa muestran diferencia significativa.

$$\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2 \neq \bar{x}_3 \neq \bar{x}_4$$

3.8.3. Prueba de comparación múltiple

Al rechazo de la H_0 del ANOVA, se aplicará el test de comparación múltiple Tukey a fin de conocer e identificar cuál de los tratamientos o variedades de papa nativa muestra diferencia significativa. El test Tukey se aplicará para probar la Hipótesis nula siguiente:

H_0 , la media del rendimiento de extracción y las propiedades funcionales del almidón extraído de al menos una variedad de papa no muestra diferencia significativa.

Para el caso del color de papa nativa se aplicó el test de Tukey debido a que se comparó la variación del color del almidón con la papa nativa fresca, cuya Hipótesis nula será:

H_0 , la media del color del almidón extraído no muestran diferencia significativa con el color de la papa nativa fresca.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

En la Tabla (5) se muestra el rendimiento de extracción del almidón de las cuatro variedades de papa nativa en estudio, de ella se desprende que la variedad Cuchi pelo es la que presenta mayor valor de rendimiento de extracción con 13.55 ± 0.30 %, mientras que la variedad Puma maqui alcanza un valor de rendimiento de 11.36 ± 0.18 %.

Tabla 5: Rendimiento de extracción de almidón por variedades

Variedad	Rendimiento (%)			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Puma maqui	11.36	\pm	0.18	1.58	a
Cuchi pelo	13.55	\pm	0.30	2.21	b
Yana palta	12.34	\pm	0.22	1.78	c
Qayma marcela	12.19	\pm	0.14	1.18	c

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 01.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 02

Así al aplicar el ANOVA Tabla (6) se aprecia que existe diferencia significativa en cuanto al rendimiento de extracción (p -value < 0.05), no obstante al realizar la comparación múltiple a través del test Tukey se aprecia que las variedades Yana palta y Qayma marcela muestran rendimientos similares (Letras iguales) como se indica en la Tabla 2, este mismo hecho se puede apreciar en la Figura (7).

Tabla 6: ANOVA para el rendimiento de extracción de almidón

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7.29	3	2.43	51.04	0.00
Intra grupos	0.38	8	0.05		
Total (Corr.)	7.67	11			

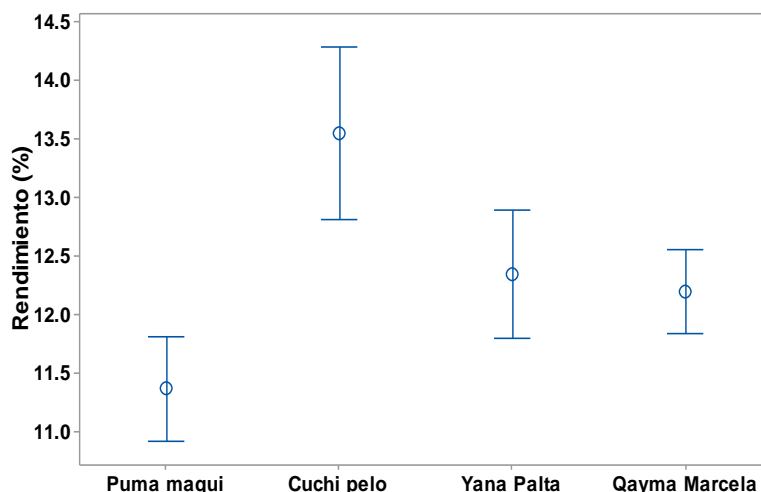


Figura 7: *Diagrama de medias para el rendimiento de extracción*

En la Figura (7) se aprecia que el diagrama de medias muestra una diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos del rendimiento de extracción para las variedades Yana palta y Qayma marsela se traslapan respectivamente.

Los resultados encontrados están dentro de los parámetros encontrados por (Loyola et al., 2010). Quienes presentaron valores del rendimiento 13.58 y 14.46% para aquellos tubérculos cultivadas convencional y orgánicamente. Asimismo (Cáceres, 1991), menciona que los rangos normales de la extracción del almidón varían entre 15,56 % y 17,76 %, contenidos menores no la harían recomendable para la extracción de almidón.

Según (Zárate, 2013). El rendimiento de extracción del almidón depende de la materia seca y del contenido de almidón del tubérculo, está condicionado a la madurez del tubérculo en el momento de la extracción, puesto que el almidón inicia el proceso de hidrólisis después del cosechado del tubérculo, sin embargo (Arcila, 2002), menciona que el contenido se reduce gradualmente a medida que el fruto madura y es importante extraer el almidón una vez se cosecha la papa, por otra parte se puede relacionar directamente con la pérdida de turgencia de los tubérculos debido a condiciones de almacenamiento no controladas en el laboratorio, así mismo (Alonso,1996), menciona que en un ambiente seco las pérdidas por evaporación son grandes y los tubérculos se ablandan, por ello aumenta el contenido de sólidos y es de esperar que se obtengan valores altos de peso específico y porcentaje de materia seca.

4.2. PROPIEDADES FUNCIONALES

4.2.1. Índice de absorción de agua

El resultado del índice de absorción del agua se muestran en la Tabla (7), en ella se aprecia que la papa nativa de la variedad Yana palta presenta mayor valor de índice de absorción de agua de 12.02 ± 0.05 g gel/g de muestra, mientras que la variedad Cuchi pelo 6.64 ± 0.11 g gel/g de muestra, además de presentar mayor variabilidad, las réplicas de los experimentos realizados fueron valores relativamente diferentes uno de otros.

Tabla 7: Índice de absorción de agua del almidón por variedades

Variedad	IAA (g gel/g)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Puma maqui	7.31	\pm 0.04	0.55	0.55	a
Cuchi pelo	6.64	\pm 0.11	1.66	1.66	b
Yana palta	12.02	\pm 0.05	0.37	0.37	c
Qayma marcela	7.02	\pm 0.08	0.11	0.11	d

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 03.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 04

Los valores determinados del índice de absorción de agua se encuentra por encima de los valores reportados por (Díaz ,2015), quien encontró valores de 6.332-10.278 (g gel/g muestra), en cuatro variedades de papa nativa. También (Rodríguez *et al.*, 2012), encontró valores similares del índice de absorción de agua del almidón de papa 12.03 ± 0.19 (g de gel/g de muestra).

Para (Alvis *et al.*, 2008), el índice de absorción de agua debe estar en torno a 5,83 (g gel/g muestra), lo cual indica que todos los almidones obtenidos están por fuera de este parámetro y esta variable puede estar influenciada por las moléculas para formar un gel. Así mismo (Torres *et al.*, 2013) quienes reportaron valores de índice de absorción de agua de $1,79 \pm 0.1$ y $1,88 \pm 0.02$ (g gel/g muestra) de pituca blanca y morada respectivamente. Según (Beymun & Roels, 1985), las diferencias del índice de absorción de agua se manifiestan principalmente al contenido de lípidos en el almidón así como al tamaño de moléculas, la fuente biológica y la forma del granulo del almidón.

Según (Lindeboom *et al.*, 2004), menciona que este hecho se debe a que el almidón de papa se solubiliza y se gelatiniza, ocupando todo o parte del citoplasma celular, causando más hinchamiento y separación celular.

Tabla 8: ANOVA para el índice de absorción de agua

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	p-value
Entre grupos	57.60	3	19.20	4853.99	0.000
Intra grupos	0.03	8	0.00		
Total (Corr.)	57.63	11			

Al realizar el análisis de varianza en la Tabla (8), se concluye que existen una diferencia significativa en el índice de absorción de agua para las cuatro variedades del almidón papas nativas estudiadas, es decir ($p\text{-value} < 0.05$) de esta manera al realizar el análisis de comparación múltiple a través del test Tukey se aprecia que el índice de absorción del agua de las cuatro variedades de papa nativa muestra diferencia significativa (Letras diferentes) en la Tabla (7), este hecho también se puede apreciar en la Figura (8), a través del diagrama de comparación múltiple.

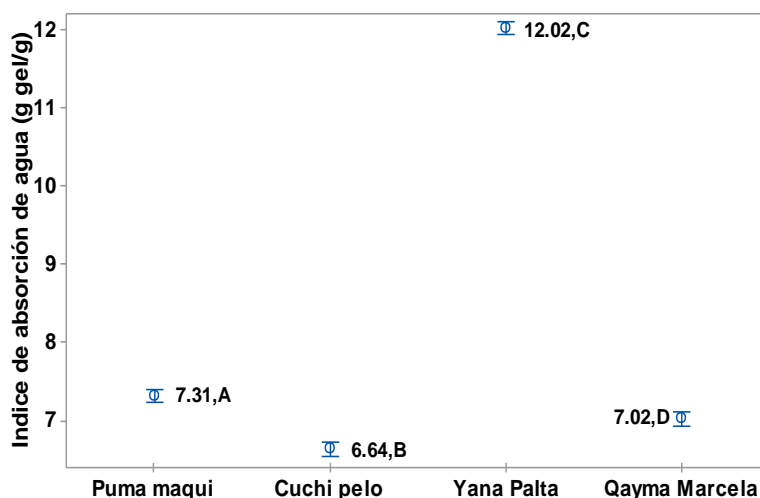


Figura 8: Diagrama de medias para el índice de absorción de agua

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

4.2.2. Índice de solubilidad en agua – ISA

Los resultados del índice de solubilidad en agua, se muestran en la Tabla (9), en ella se aprecia que la variedad Cuchi pelo muestra el valor más alto 12.60 ± 0.04 (g solubles /g muestra), mientras que la variedad Yana palta muestra el valor más bajo 8.60 ± 0.04 (g solubles /g muestra) respectivamente.

Estos valores encontrados están por encima de los parámetros reportados por (Díaz, 2015) quien encontró valores del índice de solubilidad en agua para la papa nativa de las variedades Ccompis, Huamantanga, Putis y Qeccorani que se encuentra alrededor de 2.03 - 2.85 (g solubles/g muestra). También resultan similares a los reportados por (Alvis et al.,2008), quienes encontraron valores de 2.97 (g soluble/ g muestra), así mismo (Garnica *et al.*,2010), quienes reportaron valores de 2.41 - 5.29 (g soluble/ g muestra), por otra parte (Torres *et al.*,2013), quienes reportaron valores del índice de solubilidad en agua para almidón de pituca blanca y morada de 12,8±0,3 y 23,07±0.21 (g soluble/ g muestra) respectivamente, aunque de hecho el tratamiento con sustancias alcalinas o ácidas modifica la estructura del almidón, tal como lo muestra (Sánchez,2007), quien reportó valores de índice de solubilidad en agua de 30.6 (g/100 g) para almidones modificados catiónicos tratados con NaOH al 0.11 y 0.15%.

Tabla 9: Índice de solubilidad en agua del almidón por variedades

Variedad	ISA (g solubles/g)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Puma maqui	10.22	\pm	0.10	1.00	a
Cuchi pelo	12.60	\pm	0.04	0.33	b
Yana palta	8.60	\pm	0.04	0.42	c
Qayma marcela	11.87	\pm	0.10	0.86	d

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 06.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 07

Tabla 10: ANOVA para el índice de solubilidad en agua

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	p-value
Entre grupos	28.65	3	9.55	1604.46	0.000
Intra grupos	0.05	8	0.01		
Total (Corr.)	28.70	11			

Así al realizar el análisis de varianza para el índice de solubilidad en agua del almidón Tabla (10), se concluye que existe diferencia significativa ($p\text{-value} < 005$), este hecho es evidente en la Tabla (9), pues al aplicar la evaluación de comparación de medias de Tukey, se aprecia que son diferentes (letras diferentes), esto también se evidencia en la Figura 9.

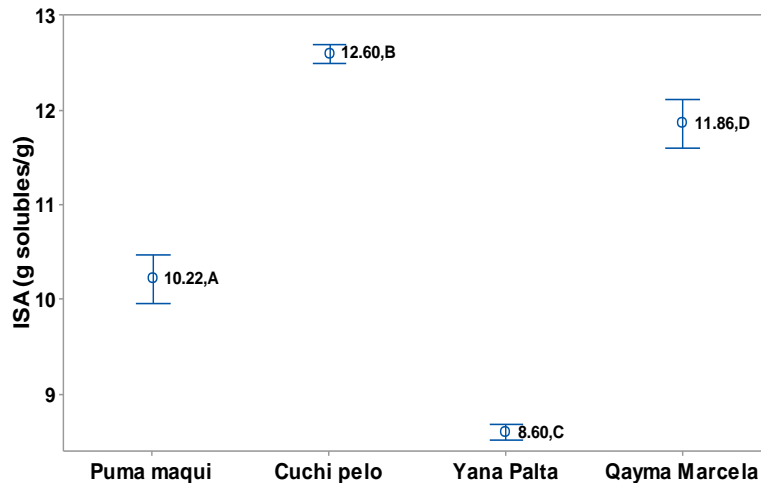


Figura 9: Diagrama de medias para el índice solubilidad en agua

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

Un almidón con menor contenido de lípidos será más soluble que aquel cuyo contenido es mayor debido a que los lípidos son insolubles en agua fría, tienden a evitar la interacción entre moléculas del almidón con el agua y como consecuencia evita o disminuye la solubilidad del almidón (Yuan et al., 2007).

4.2.3. Poder de hinchamiento

En presencia de agua, los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber agua, cuando se aplica energía, las moléculas de agua rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al granulo causando hinchamiento y romperse y libera la amilosa.

Los valores del poder de hinchamiento se muestran en la Tabla (11), en ella se aprecia que la variedad Yana palta presentó mayor valor de 15.80 ± 0.05 (g sedimento/g muestra), mientras que la variedad de Cuchi pelo presenta menor valor 7.21 ± 0.02 (g sedimento/g muestra). Estos valores se encuentran alrededor del valor reportado por (Díaz, 2015), quien determinó valores del poder de hinchamiento para papa nativa que oscilan entre 6.380 a 10.253 (g sedimento/g muestra), por otro lado (Garnica *et al.* 2010), quienes reportaron valores para almidones de clones de papa nativa de 6.58 a 15.45 (g sedimento/g muestra). Así mismo (Sánchez, 2004) reportó valores que oscilan entre 0,79 y 15,45 (g sedimento/g muestra) para el almidón de yuca.

Tabla 11: Poder de hinchamiento del almidón por variedades

Variedad	PH (g sedimento/g)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Puma maqui	7.31	\pm	0.14	1.96	a
Cuchi pelo	7.21	\pm	0.02	0.31	a
Yana palta	15.80	\pm	0.05	0.33	b
Qayma marcela	6.97	\pm	0.01	0.20	c

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 07.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 08

Según (Yuan *et al.*, 2007), manifiesta que el hecho de los diferentes valores del poder hinchamiento se debe a la estructura e interacción de las moléculas de la amilopectina y amilosa contenidos en el almidón, por otro lado (Liu *et al.*, 2003), añade que se debe al contenido de lípidos y fósforo bajo la forma de fosfatos pues los tubérculos presentan un mayor contenido de grupos fosfatos cargados negativamente, lo cual es un factor determinante en el poder de hinchamiento, ya que le proporciona a la papa la habilidad de enlazarse con un mayor número de moléculas de agua. Así mismo (Fortuna *et al.*, 2000), menciona que la absorción de agua fría provoca que el gránulo presente un hinchamiento, incrementando el tamaño de su diámetro hasta un 10%, también (Singh y Singh, 2003), menciona que cuando se sumerge el almidón al agua caliente se incrementa el volumen llegando el almidón a perder su cristalinidad. En cambio (Russo *et al.*, 2007) menciona que la amilosa puede ser lixiviada notablemente formando así un gel. Asimismo (Kweon *et al.*, 1997), reportó que el grado de hinchamiento, está relacionado directamente con la capacidad del almidón para absorber agua.

Tabla 12: ANOVA para el poder de hinchamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	168.02	3.00	56.01	9417.09	0.00
Intra grupos	0.05	8.00	0.01		
Total (Corr.)	168.06	11.00			

En la Tabla (12), se presenta el ANOVA para el poder de hinchamiento del almidón de papa nativa en ella se aprecia que existe diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$), es decir las variedades de papa nativa presentan diferentes valores de poder de hinchamiento, aunque la variedad Puma maqui y Cuchi pelo no muestran diferencia significativa (letras iguales) al ser evaluados a través del test de Tukey, mostrados en la Tabla (11), este mismo hecho se puede apreciar en la Figura (10).

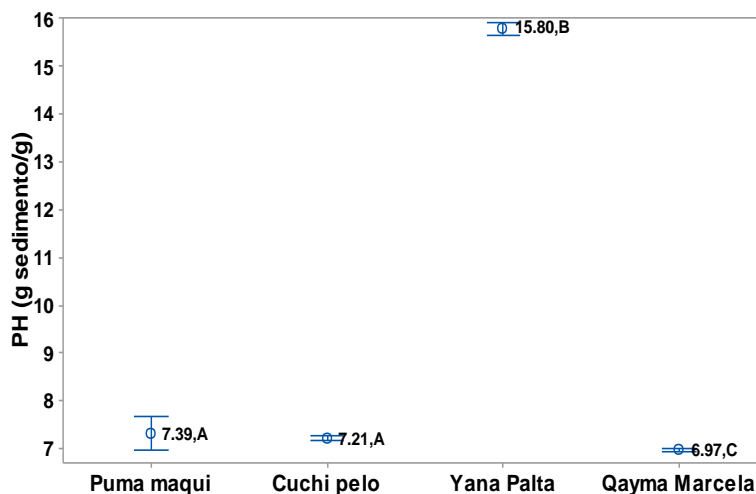


Figura 10: Diagrama de medias para el poder de hinchamiento

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

4.2.4. Claridad de pasta

La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones (Taggart, 2004).

Tabla 13: Claridad de pasta del almidón por variedades

Variedad	CP (% Transmitancia)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	S		
Puma maqui	61.43	\pm	0.7	1.1	a
Cuchi pelo	82.35	\pm	0.6	0.7	b
Yana palta	37.59	\pm	0.5	1.2	c
Qayma marcela	75.98	\pm	0.4	0.6	d

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 90.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 10.

Los resultados de la claridad de pasta de los almidones de las cuatro variedades de papa nativa en estudio, se muestran en la Tabla (13), en ella se aprecia que los almidones de las variedades Cuchi pelo 82.35 ± 0.6 %T, Qayma marcela 75.98 ± 0.4 %T y Puma maqui 61.43 ± 0.7 %T presentan valores mayores a 40 %T, mientras que la variedad Yana palta presenta (37.59 ± 0.5 %T) menor a 40%. Así mismo (Meaño, 2014), reportó valores de la claridad de pasta de 91%T, también (Novelo y Betancur, 2005), mencionan que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por otra parte (Sánchez y Aristizábal, 2007), mencionan que los almidones que presenten valores de transmitancia menores 40 por ciento se consideran como opacas o turbias, mientras que para valores mayores de 40 por ciento se consideran como claras o transparentes.

La transparencia u opacidad presentada por las pastas de almidón influyen directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos en los que se emplean como espesantes (Betancur et al., 2001). Es así que los almidones de las variedades Cuchi pelo, Qayma marcela y Puma maqui, cuyos valores de transmitancia, son mayores y estas son útiles para alimentos como mermeladas, gelatinas, y en confitería de la misma forma para la elaboración de gomitas, en tanto que la de menor valor que es la variedad Yana palta es útil para la elaboración de productos poco transparentes, como la mayonesa, los productos cárnicos, las bebidas concentradas tipo néctar o los productos de panificación.

La elevada transparencia de las pasta de almidón se deben a una parte muy importante del contenido de fósforo, ya que este está presente en el almidón de papa como grupos monoéster de fosfato (Beymun y Roels, 1985). Mientras que (Novelo y Betancur, 2005), mencionan que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por lo que se incrementa su claridad al igual que los que presentan mayor poder de hinchamiento.

Tabla 14: ANOVA para la claridad de pasta

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3,552.19	3.00	1,184.06	3849.88	0.00
Intra grupos	2.46	8.00	0.31		
Total (Corr.)	3,554.65	11.00			

Por otra parte al realizar el ANOVA Tabla (14), se puede evidenciar que la claridad de pasta para las cuatro variedades del almidón de papa nativa presenta diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$), a partir de esta conclusión se consideró el análisis de medias de Tukey, considerándose que ningún par de muestras de almidón presenta igualdad en la claridad de pasta, tal como se evidencia en la Tabla (13) que se muestra en donde se visualiza (letras diferentes).

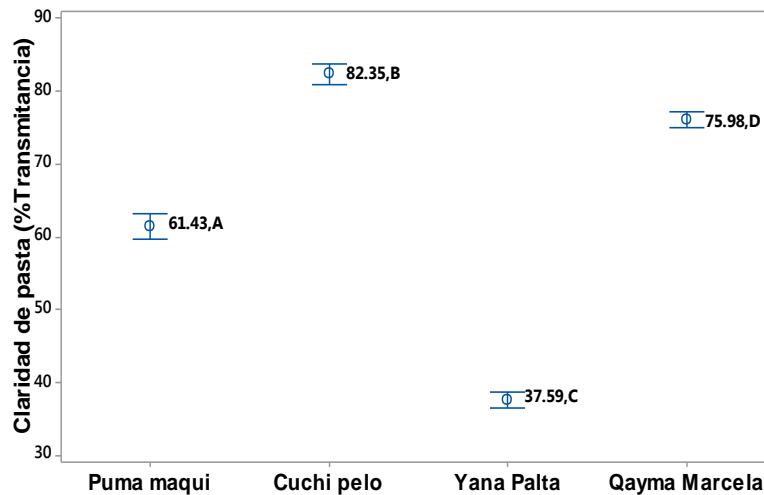


Figura 11: Diagrama de medias para la claridad de pasta

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

Así mismo se aprecia a través del diagrama de medias Figura (11), la existencia de la diferencia significativa entre tratamientos, donde los intervalos de la claridad de pastas se superponen entre sí de las variedades de Qayma marsela y Cuchi pelo.

4.2.5. Temperatura de gelatinización

Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero se hidratan e hinchan en agua caliente dando origen a la formación de pastas viscosas. La temperatura de gelatinización de los almidones se muestra en la Tabla (15), en ella se aprecia que los valores oscilan entre 59.9 a 63.4 °C, siendo mayor de la variedad Puma maqui, así al aplicar el análisis de varianza Tabla (16) se aprecia que existe diferencia significativa para la temperatura de gelatinización ($p\text{-value} < 0.05$), mientras que al aplicar la comparación múltiple de medias de tukey se observa que la temperatura de gelatinización de la variedad Cuchi pelo y Yana palta son estadísticamente iguales (mismas letras), este hecho es evidente también en la Figura 12.

Tabla 15: Temperatura de gelatinización del almidón por variedades

Variedad	TG (°C)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Puma maqui	63.4	\pm 0.2	0.2	0.3	a
Cuchi pelo	61.4	\pm 0.1	0.1	0.2	b
Yana palta	60.9	\pm 0.1	0.1	0.1	b
Qayma marcela	59.9	\pm 0.3	0.3	0.5	c

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 12.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 13.

Los valores encontrados están dentro de los parámetros reportados por (Díaz, 2015) quien encontró valores en el rango de 63.9-70.0 °C, mientras tanto (Villacrés y Espín 1999), reportaron valores de la temperatura de gelatinización del almidón de 62 °C, es así que (Alvis et al., 2008), menciona que la temperatura de gelatinización del almidón de papa oscila entre 66 °C para la variedad Ica Nariño, en tanto (Lindeboom et al., 2004), quienes indicaron que el rango de temperatura de gelatinización del almidón de papa está entre 56 a 67 °C,.

Para (Zarate et al., 2014), la temperatura de gelatinización oscila entre 62-74°C para almidón nativo de los clones promisorios de papa, por otra parte (Hernández et al., 2008), quienes estudiaron los almidones de tubérculos de makal, camote, yuca y sagú donde encontraron valores de 78,4, 61,3, 65,2 y 74,9 °C, respectivamente, finalmente (Torres et al., 2013), quienes encontraron valores para el almidón de pituca blanca y morada la temperatura de gelatinización de 55 \pm 2 y 54 \pm 2 respectivamente.

Tabla 16: ANOVA para la temperatura de gelatinización

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	27.77	3.00	9.26	196.57	0.00
Intra grupos	0.57	12.00	0.05		
Total (Corr.)	28.33	15.00			

La temperatura de gelatinización del almidón de papa según (Waniska y Gómez, 1992), es menor debido a que los grupos éster fosfato presentes en el granulo de almidón de papa tienden a debilitar los enlaces provocando un espesamiento más rápido al calentarse y producir temperatura de gelatinización baja, de otra parte (Landires *et al.*,2013.) menciona que el contenido de amilosa influye inversamente en la temperatura de gelatinización, ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa.

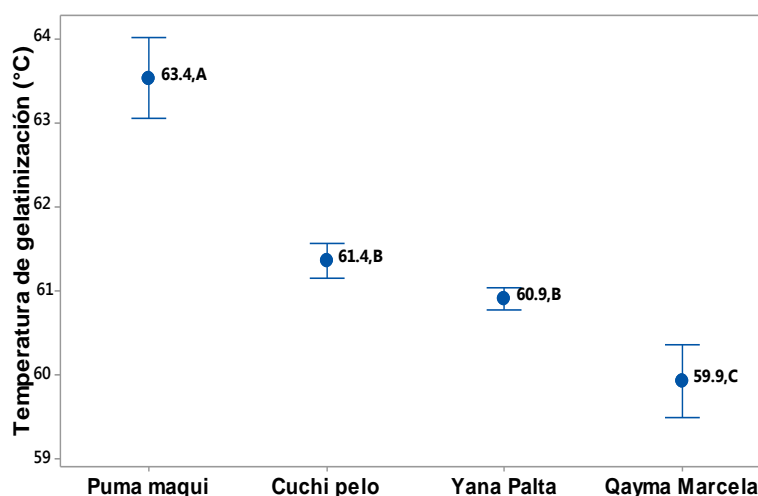


Figura 12: Diagrama de medias para la Temperatura de gelatinización

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

4.2.6. Densidad aparente

La densidad aparente de los almidones se muestra en la Tabla (17), en ella se aprecia que los valores oscilan entre 0.40 a 0.77 g/mL. Según (Rodríguez *et al.*, 2005), quienes reportaron valores de la densidad aparente de la arracacha de 0.59 g/mL.

Tabla 17: Densidad aparente del almidón por variedades

Variedad	DA (g/mL)*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	S		
Puma maqui	0.4093	\pm 0.0038	0.9	0.9	a
Cuchi pelo	0.7771	\pm 0.0042	0.5	0.5	b
Yana palta	0.6156	\pm 0.0033	0.5	0.5	c
Qayma marcela	0.5336	\pm 0.0027	0.5	0.5	d

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 13.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 14.

Al realizar el ANOVA Tabla (18) se aprecia que la densidad aparente de los almidones muestra diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$), es decir los valores son diferentes tal como se puede apreciar en la Tabla (17), cuyos resultados son reportados luego del análisis de medias de Tukey (letras diferentes), este hecho también se puede apreciar en la Figura (13), donde claramente se puede visualizar que la variabilidad es muy baja, es decir los intervalos de variación son cortos.

Tabla 18: ANOVA para la densidad aparente

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.21	3.00	0.07	5677.39	0.00
Intra grupos	0.00	8.00	0.00		
Total (Corr.)	0.21	11.00			

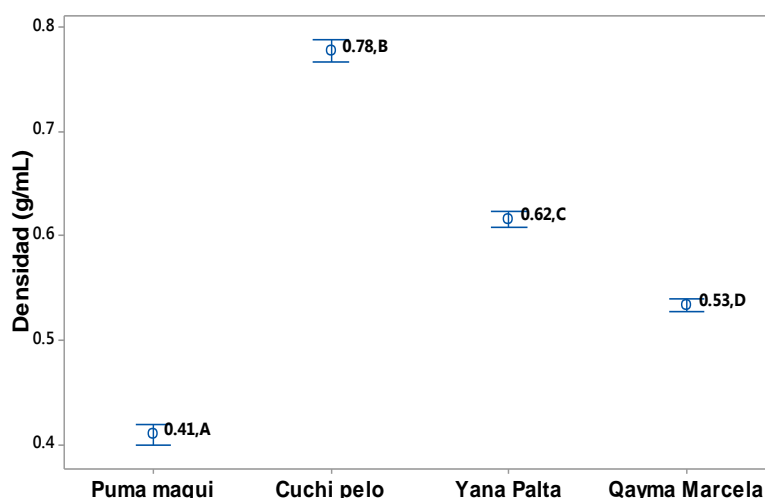


Figura 13: Diagrama de medias para la densidad aparente

*evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

4.3. COLOR DEL ALMIDÓN

En el sistema de colores CIE-Lab, los valores de luminosidad L^* van de cero (negro) a 100 (blanco), a^* indica el ángulo hue (tono) en una escala de verde (-60) a rojo (+60); b^* indica el ángulo hue (tono) en una escala de azul (-60) a amarillo (+60) (Beering, 1999).

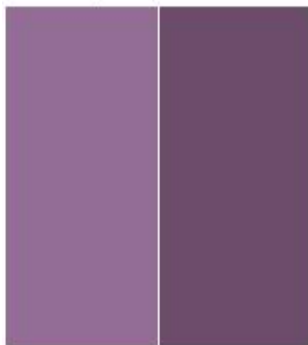
Tabla 19: Variación del color L*a*b* del tubérculo y almidón de las cuatro variedades

Espacio	Puma maqui			Cuchi pelo			Yana palta			Qayma marcela			
	\bar{x}	\pm	s	\bar{x}	\pm	s	\bar{x}	\pm	s	\bar{x}	\pm	s	
Tubérculo	L*	73.76	\pm	0.35	39.74	\pm	0.80	73.05	\pm	0.43	76.46	\pm	1.00
	Dif. Sig	A			B			A			C		
	a*	-2.51	\pm	0.31	13.74	\pm	0.41	-3.50	\pm	0.11	-3.36	\pm	0.03
	Dif. Sig	A			B			C			C		
	b*	22.38	\pm	0.54	-4.36	\pm	0.43	14.17	\pm	0.33	19.90	\pm	0.35
	Dif. Sig	A			B			C			D		
Almidón	L*	94.45	\pm	0.08	94.78	\pm	0.02	95.60	\pm	0.15	95.40	\pm	0.03
	Dif. Sig	A			B			C			C		
	a*	-1.26	\pm	0.01	-1.25	\pm	0.01	-1.33	\pm	0.01	-1.33	\pm	0.01
	Dif. Sig	A			A			B			B		
	b*	2.22	\pm	0.01	2.52	\pm	0.01	1.34	\pm	0.01	1.54	\pm	0.01
	Dif. Sig	A			B			C			D		

*El reporte de las pruebas por triplicado se presenta en el anexo 15 y 16.

**Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa evaluada a través del test de Tukey, para un nivel de significancia del 5%, los cálculos se presentan en el anexo 17.

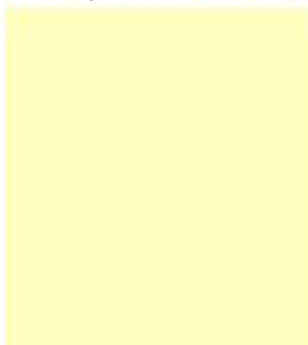
Cuchi pelo – Tubérculo



Almidón



Yana palta – Tubérculo



Almidón



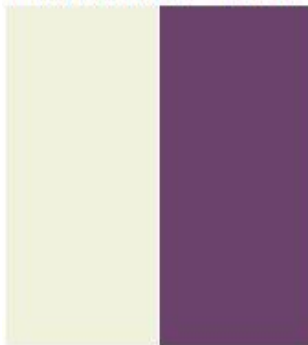
Qayma Marsela – Tubérculo



Almidón



Puma maqui – Tubérculo



Almidón



Figura 14: El color de los tubérculos y almidón de las cuatro variedades de papa nativa

En la Tabla (19), se presenta los resultados de la luminosidad L^* y las coordenadas a^* y b^* , en ella se aprecia que la pulpa de los tubérculos de las variedades Puma maqui, Yana palta y Qayma marcela tienden a grises claros encontrándose en el intervalo 73.05 a 76.46, mientras que la pulpa de la variedad Cuchi pelo presento un valor de 39.74 que tiende a gris oscuro, de acuerdo a ello se considera que existe diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$) para la luminosidad de la pulpa de los tubérculos de papa nativa (Anexo 16), así al realizar la comparación múltiple de medias de tukey se aprecia que las variedades Puma maqui y Yana palta son similares (letras iguales) en la Tabla (19).

En cuanto se refiere a la luminosidad L^* del almidón se aprecia que se encuentra en el intervalo 94.45 a 95.60, es decir tiene una tendencia a blanco, no obstante muestran diferencia significativa, ($p\text{-value} < 0.05$) (Anexo 17), aunque los almidones de las variedades Yana palta y Qayma marsela son estadísticamente similares (Letras iguales) en la Tabla (19), este hecho puede apreciar en la Figura (14); de la misma figura se desprende que existe incremento de la luminosidad L^* , por ejemplo en la variedad Puma maqui la pulpa tiene un valor de 73.76 ± 0.35 mientras que su almidón tiene 94.45 ± 0.08 , así mismo la variedad Cuchi pelo es el que presenta mayor variación de L^* , debido a la tonalidad que tiende más al color lila, tal como se aprecia en la figura (14).

Según (Von et al., 2005), quienes reportados valores de L^* 97.10 ± 0.14 y 95.40 ± 1.10 para el almidón de maíz y papa respectivamente, asimismo (Tarlak et al., 2016), reporta valores de L^* igual a 68.59 ± 1.02 para la pulpa de papa, estos valores se encuentran dentro de los resultados encontrados por dicho autor.

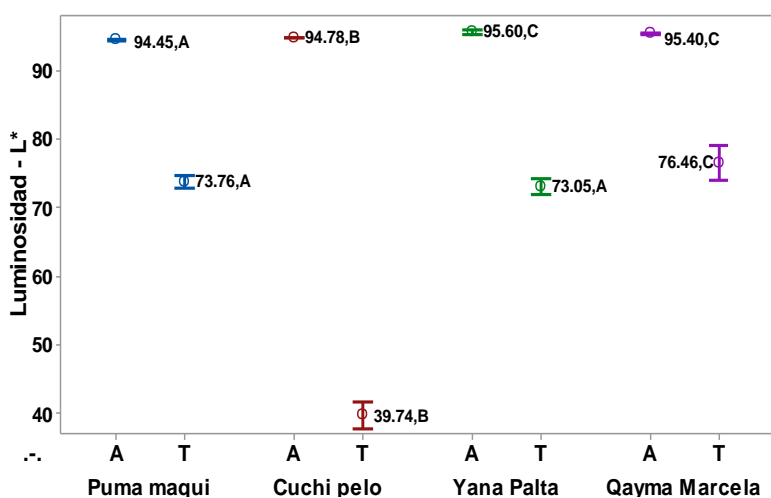


Figura 15: Diagrama de medias para L^* de tubérculos y almidón

Por otra parte en la Tabla (19), se muestra el componente cromático a^* , en ella se aprecia que la pulpa de las variedades Puma maqui, Yana palta y Qayma marcela tiene tendencia a verde, aunque la variedad Cuchi pelo tiene mayor tendencia al rojo es decir 13.74 (valor positivo), mientras que los almidones de las variedades presentan disminución del tono verde con tendencia al rojo, así al realizar el ANOVA (Anexo 18) se concluye que presentan diferencia significativa, (p -value < 0.05), a través del análisis de comparación múltiple se observa que el almidón de la variedad Puma maqui y Cuchi pelo no presentan diferencia significativa en el componente cromático a^* , este hecho se puede apreciar en la figura (16).

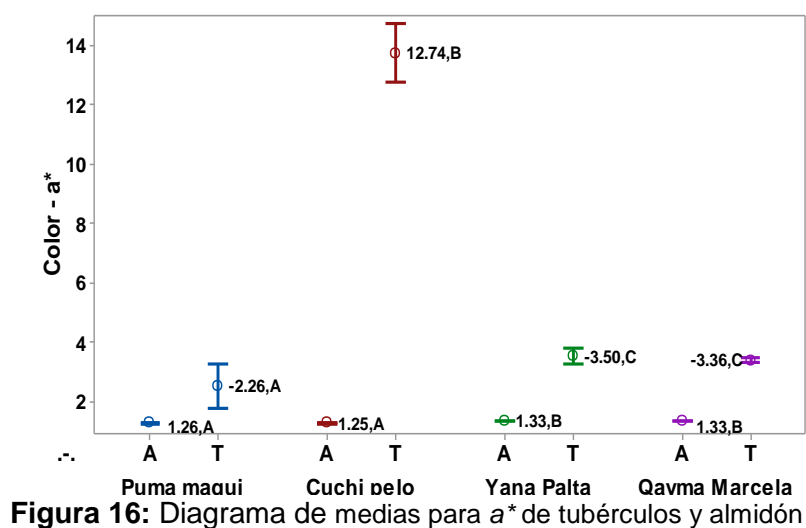


Figura 16: Diagrama de medias para a^* de tubérculos y almidón

*Evaluada para $\alpha = 5\%$, bilateral.

De la misma manera al analizar el componente cromático b^* , se puede apreciar que las variedades disminuyen su valor (Tabla 16) cuando se trasforma la pulpa a almidón, esto quiere decir que fuerza del color amarillo va disminuyendo, aunque para la variedad Cuchi pelo aumenta es decir que pasa de color azulado (-4.36 ± 0.43) a amarillo (2.52 ± 0.01), asimismo se puede apreciar que la variedad Puma maqui es la que presenta mayor disminución del croma b^* , seguido de la variedad Qayma marcela, este hecho se puede evidenciar también en la Figura (17).

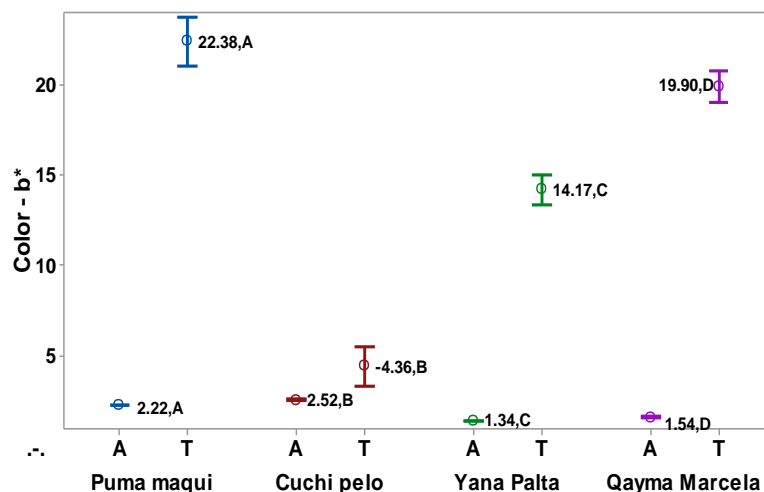


Figura 17: Diagrama de medias para b^* de tubérculos y almidón

En el figura (14), se puede apreciar el cambio de color de los tubérculos cuando se extrae el almidón, se puede observar que la coloración al blanco se presenta más atenuada en las variedades Cuchi pelo y Yana palta, aunque estas dos variedades parten de pulpas coloreadas, este hecho se debe a que los pigmentos son altamente solubles en agua, puesto que la extracción del almidón se usó como medio de extracción únicamente agua, mientras que en la variedad Puma maqui presenta pigmentos que son insolubles al agua, de ahí que la tendencia al color blanco es menor, al igual que la variedad Qayma marcela.

CONCLUSIONES

- El rendimiento de extracción del almidón muestra diferencia significativa (p -value < 0.05), cuyos valores se encuentran en el rango de 11.36 ± 0.18 a $13.55 \pm 0.30\%$, reportando mayor rendimiento la variedad Cuchi pelo respectivamente.
- Las propiedades funcionales nos permite conocer el comportamiento del almidón, para su posible aplicación en la industria alimentaria, el índice de absorción de agua es mayor para la variedad Yana palta con 12.02 (g gel/g muestra) mientras que para la variedad Cuchi pelo es menor 6.64 (g gel/g muestra), por otro lado sucede lo contrario para las variedades con el índice de solubilidad en agua. El poder de hinchamiento para la variedad Yana palta es mayor 15.80 (g gel/g muestra) y para la variedad Qayma marsela es menor con 6.97 (g gel/g muestra), asimismo la claridad de pasta es $82.35\%T$ para la variedad Cuchi Pelo y $37.59\%T$ para la variedad de Yana palta, finalmente la Tg es mayor $63.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la variedad Puma maqui y $59.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ para la variedad de Qayma marcela.
- El valor de la luminosidad L^* , se incrementa de las cuatro variedades de papa nativa en comparación del tubérculo y el almidón extraído, tornándose de grises claros a tendencias de blanco, en cuanto al componente cromático a^* , la pulpa tiene tendencia a verde, disminuyendo con tendencia al rojo, en tanto que el componente cromático b^* , disminuyen su valor cuando se transforma la pulpa a almidón, es decir que la fuerza del color amarillo va disminuyendo significativamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda determinar la viscosidad de los almidones nativos para tener un estudio completo sobre el comportamiento de estos, en función a la temperatura con un viscosímetro BROOKFIELD.
- Se recomienda analizar el contenido de fósforo en el almidón de papa nativa, ya que es un elemento importante para determinar algunas de las propiedades funcionales.
- Se recomienda aplicar los almidones en formulaciones de alimentos tales como: bebidas, embutidos, papillas y similares a estos.

SUGERENCIAS

- Se sugiere utilizar los datos encontrados en la formulación de alimentos relacionados a la agroindustria.
- Se sugiere realizar estudios de propiedades funcionales en todas las variedades de papa nativa producidas en nuestra zona además de los clones promisorios de papa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson R, A. Conway, V.F. Pfeifer, V.F. & Griffin, E.L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll – and extrusion – cooking. *Cereal Science Today*, 14, 4-12.
- Alonso, F. (1996). *El cultivo de la patata*. Ediciones mundi-prensa. Madrid. 272p.
- Alvis, A. Vélez, C. A., Villada, H. S., & Rada Mendoza, M. (2008). Análisis físico-químico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. *Información Tecnológica*, 19-28.
- Aristizabal J., & Sánchez T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO* 163.
- ASTM, American S. Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. Of the International Association for Testing Materials
- Badui, S.D. (2001). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson. México D. F., 94-104.
- Beerling, M. (1999). Techniques for measuring color. *Metal finishing* 97, 552-557, S1.
- Betancur. Ancona, D. Chel. Ancona, L.A. Guerrero, R.I. & Matos, G.C. (2001). Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch/Stärke*, v. 53, n. 5, p. 219-226.
- Beymun G, M. A., & Roels, J. A. (1985). *Tecnología de conversión del almidón*. Nueva York: Marcel Dekker.
- Biliaderis, C.G. (1991a). The structure and interactions of starch with food constituents. *Can J Physiol Pharmacol*. 69, 60-78.
- Biliaderis, C.G. (1991). Non-equilibrium phase transitions of aqueous strachs systems. In: Levine H y Slade L editors. *Water relationships in foods*. New York EUA: Plenum press, 251-273.
- Blazek, J., & Copeland, L. (2007). Pasting and swelling properties of wheat flour and starch in relation to amylose content. *Carbohydrate Polymers* 71, 380-387.

- Cáceres, P. (1991). Factores de rendimiento en la producción de almidón de papas (*Solanum tuberosum* L.). Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo, Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 90 p
- Censo Nacional Agropecuario (IV), CENAGRO. (2012).
- Centro Internacional de la Papa (CIP) -Agencia Suiza de Cooperación y Desarrollo (COTESU). (1993). Taller de planificación por objetivos del proyecto conservación, evaluación y utilización de la biodiversidad de las raíces y tubérculos andinos. Documento interno. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- Craig S.A.S., Maningat C.C., Seib P.A. & Hosney, R.C. (1989). Starch Paste Clarity. *Cereal Chem.*, 66(3), 173-182.
- De La Torre, L., Chel, L. & Betancur, D. (2008). Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chemistry*. 106, 1138- 1144.
- Debet, R.M. & Gidley, J.M. (2006). Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. *Carbohydrate Polymers*, 64 (3), 452-465.
- Díaz, Y. (2015). Determinación de las propiedades físicas, químicas, funcionales y la estabilidad en congelación/ descongelación del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*). Tesis de pregrado, E.P. Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú.
- Duxbury, D.D. (1989). Modified starch functionalities-no chemicals or enzymes. *Food Processing*, 50, 35–37.
- Smith, R.J. (1967). Characterization and analysis of starches. In Whistler, R.L. & Paschall, E. *Starch: Chemistry and Technology*. Vol II. Industrial Aspects. New York, Academia Press. p 593.
- Fernández C. (2008). Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Tesis doctoral. Facultad de veterinaria, Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos. Universidad Complutense de Madrid, España.

- Ferreira, V. L. P. (1981). *Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos*. Instruções técnicas N°19. ITAL, Campinas; Brasil.
- Fonseca C., Burgos G., Rodríguez F., Muños L., & Ordinola M. (2014). *Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica*. Centro Internacional de la Papa – CIP. Lima, Perú. 29p.
- Fortuna, T., Januszewska, R., Juszczak, L., Kielski, A., & Palasinski, M. (2000). La influencia de las características de los poros del almidón en el comportamiento de la pegajosidad. *Revista internacional de ciencia y tecnología de alimentos*, 285-291.
- Funglie K.C. & Oates C.G. (2001). Starch markets in Asia. In: *Sweetpotato post-harvest research and development. Proceedings of an international workshop*. Chengdu, China. November 7-8.
- Garnica H., A. M., Romero B., Á. R., Cerón L., M. d., & Prieto Contreras, L. (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum L. ssp andigena*) para la industria de los alimentos. *Corpoica*, 41-51.
- Grace, M.R. (1977). *Elaboración de la yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Hernandez, M., Torruco, J.G., Chel, L. & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 28(3), 718-726.
- Hwang, J., & Kokini, I. (1992). Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas. *Carbohidratos y Polimeros.*, 41-50.
- Ji Y., Seetharaman K. & White PJ. (2004). Optimizing a small-scale corn-starch extraction method for use in the laboratory. *Cereal Chem.* 81 (1), 55-58.
- Karlsson, M., Meeman, A., Bjö Rck, I. & Eliasson, A. (2007). Some physical and nutrition characteristics ogf genetically modified potatoes varying in amylose/amylopectin ratios. *Food Chemistry* 100, 136-146.

- Kaur, L., Singh, J., McCarthy, O. J., & Singh, H. (2007). Physico-chemical, rheological and structural properties of fractionated potato starches. *Journal of Food Engineering*. 82 (3), 383 - 394.
- Kennedy, H.M. & Fischer, A.C. (1984). Starch and Dextrins in prepared Adhesives. En: Whistler, R.L., Bemiller, J.N. y Paschall, and E.F. *Starch: Chemistry and Technology*. 2 ed. Orlando, Florida, Estados Unidos de América. Academic Press. pp. 593-610.
- Konica Minolta Sensing (2007), Inc.: Color control from perception to instrumentation.
- Lai L & Kokini. (1991). Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (A review). *Biotechnology Progress*, 7 (3), 251-266.
- Landires Gaspar, D. G., Márquez Borbor, G. C. & Cornejo, F. (2013.). Análisis del contenido amilosa-amilopectina en seis variedades de arroz. *Revista científica.*, 1-7.
- Lindeboom, N., Chang, P., & Tyler, R. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los gránulos de almidón, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidón*, 89-99.
- Lindeboom, N., Chang, P. & Tyler, R. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los granulos de almidon, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidon*, 89-99.
- Liu, Q.; Weber, E. & Yada, R. (2003). Physicochemical properties of starch during potato growth. *Carbohydrate Polymers*, 51: 213-221.
- Lovedeep, K., Narpinder, S., & Navdeep, S. S. (2002). Algunas propiedades del almidón de patatas: propiedades morfológicas, reológicas y termales. *Química de los alimentos*, 183-192.
- Loyola, L.N, Oyarce, C., Eduardo & Acuña C. (2010). Evaluación del contenido de masa almidón en papas (*Solanum tuberosum*, sp. *tuberosum* cv. *desirée*), producidas en masa forma orgánica convencional en la provincia de curicó, región del Maule, Chile. *Vol. Masa* 28(2), 41-52.

- Meano, N.; Ciarfella, AT. & Villegas, D. (2014) .Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos, 26(2), pp. 182-188.
- Melian, D.E. (2010). Ensayo Comparativo de Dos Metodologías de Extracción de Almidón de Papa usando Muestras de Diez Variedades Nativas de Chiloé y dos Variedades Comerciales. Tesis de grado, Universidad Austral de Chile.
- Mira, I.; Persson, K. & Villwock, V. K. (2007). On the effect of surface active agents and their structure on the temperature-induced changes of normal and waxy wheat starch in aqueous suspension. Part I. Pasting and calorimetric studies. *Carbohydrate Polymers*. 68 (4), 665 - 678.
- Molina, MR.; Letona, M, & Bresani, R. (1977). Drum drying for the improved production of instant tortilla flour. *Food Sci*. 42, 1432-134.
- Novelo, C. L. & Betancur, A. D. (2005). Chemical and functional properties of *Phaseolus lunatus* and *Manihot esculentastarch* blends. *Starch/Stärke*, 57, 9, p. 431-441.
- Núñez, M., C., Bello, L., A., & Tecante, A. (2004). Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological of banana (*Musa paradisiaca*) starch. *Carbohydrate Polymers*. 56, 65-75.
- Quilca N. & Burga, N. E. (2007). Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Ríos K. L. (2014). Análisis comparativo de las propiedades físico químicas y nutrimentales del almidón obtenido a partir de dos especies de Malanga (*Colocasia antiquorum* y *Colocasia esculenta*) cultivadas en el estado de Oaxaca (tesis de grado). Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de la Mixteca, México.
- Rodríguez, D.; Espitia, M. Caicedo, Y.; Córdoba, Y.; Baena, Y. & Mora, C. (2012). Caraterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorriza*). *Rev. Col. Cienc. Quím. Farm*. 34(2), p 140-146.

- Rodríguez, 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. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*.
- Romero Á. R. & Garnica A. M. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* subespecie *andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Tesis de maestría, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Rooney, L.W. & Huang D.P. (2001). Starches for snack foods. In: Lusas EW y Rooney LW editors. *Snack foods processing*. Pennsylvania: Technomic Publishing Company. 115-130.
- Russo, M. A. L., Strounina, E., Waret, M., Nicholson, T., Truss, R., & Halley, P. J. (2007). A Study of Water Diffusion into a High-Amylose Starch Blend: The Effect of Moisture Content and Temperature. *Biomacromolecules*. 8(1), 296 - 301.
- Sánchez, I. (2007). Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Sánchez, T. (2004). Evaluación de 6000 variedades de yuca. Cali, Colombia, Programa Mejoramiento de yuca-CIAT.
- Santanna, V., Gurak, Poliana D.; Marczak, D. & Tessaro, C. (2013) Tracking bioactive compounds with colour changes in foods - A review. *Dyes and Pigments* 98(3).
- Singh, J., & Singh, N. (2003). Estudios sobre las propiedades morfológicas y reológicas del almidón granular, soluble en agua fría. *Almidones de maíz y papa*, 63-72.
- 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.
- Tarlak, F.; Ozdemir, M. & Melikoglu, M. (2016). Computer vision system approach in colour measurements of foods: Part II. Validation of methodology with real foods. *Food Science and Technology*

- Tester, F.R., Karkalas, J., & Qui. X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal Cereal Science*, 39, 151-165.
- Tester, R. F. & Morrison, W. R. (1990). Hinchazón y la gelatinización de los almidones de cereales y efectos de amilopectina, amilosa y lípidos. *La química de los cereales*, 551-557.
- Tester, R.F. & Debon, S.J.J. (2000). Annealing of starch-a review. *Biological Macromol.* 27, 1-12.
- Torre, G.L., Chel, G.L. & Betancur, A.D. (2008). Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chemistry*, 106, 1138–1144.
- Torres A., Montero P. & Duran M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 52-61.
- Tovar, T. (2008). Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L.) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Tesis de maestría. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México.
- Túpac Yupanqui A. (2001). Postcosecha y comercialización de tubérculos andinos con énfasis en papas nativas y ulluco. Perú.
- Valero, A. (2011). Principios de color y holopintura. Editorial Club Universitario, España, pp. 139-166.
- Villacrés, E. & Espín, S. (1999). Evaluación del rendimiento, características y propiedades del almidón de algunas raíces y tubérculos andinos. EN T. Fairlie, M. Morales Bermudéz, & M. Holle, *Raíces y tubérculos andinos* (pág. 25-37). Lima-Perú.
- Von, M. C., Machado, P. & Silva, M. E. (2005). Evaluation of texture and color of starches and flours in preparations without gluten. *Cienc. Tecnol. Aliment*, 4(5), 319-323.

- Wang, S., Jinglin. Y., Jiugao. Y., Haixia, C., Jiping. P. & Hongyan. L. (2007). Partial characterization of starches from *Dioscorea* opposita. *Journal of Food Engineering*, 11, 01-07.
- Waniska, R. D. & Gómez, M. H. (1992). Comportamiento de dispersión del almidón. *Alimentos funcionales*. 110-118.
- Whistler, R. L. & Daniel, J. R. (1984). Molecular structure of starch. In. *Starch: Chemistry and technology*. Whistler, R. L, BeMiller, J. N. and Phaschall E. F. (eds). Academic Press, Inc. New York.
- Whistler, R.L.; Bemiller, J.N. & Paschall, E.F. (1984). *Starch: Chemistry and Technology*. 2 ed. Orlando, Florida, Estados Unidos de América. Academic Press. 718 pp.
- Yoshimoto, Y; Tashiro, J; Takenouchi, T; & Takeda, Y. (2000). Molecular structure and some physicochemical properties of high-amylose barley starches. *Cereal Chemistry* 77 (3), 279-285.
- Yuan, Y., Zhang, L., Dai, Y., & Yu, J. (2007). Propiedades fisicoquímicas del almidón obtenido de (*Dioscorea nipponica*) y comparación con otros almidones de tubérculos. *Diario de ingeniería de alimentos*, 436-442.
- Zarate Polanco, L., Ramírez Suárez, L., Otárola Santamaría, N., Prieto, L., Garnica Holguin, A.; & Cerón Lasso, M. (2014). Extracción y caracterización del almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.
- Zárate, L.M., Ramírez, L.M., Otálora, N.A., Prieto, L., Garnica, A.M. Cerón, M.S. & Argüelles, J.H. (2013). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*). *Revista Latinoamericana de la papa*, 18(1), 1-24.
- Zhang, P., Wistler, L., Bemiller, J. & Hamaker, B. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review. *Producción. Carbohydrate Polymers* 59, 443-458.

ANEXOS

RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE CUATRO VARIEDADES DE PAPA NATIVA.

Anexo 01: Rendimiento de extracción (%) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	11.56	13.21	12.35	12.03
R2	11.21	13.65	12.12	12.23
R3	11.32	13.78	12.56	12.31

Anexo 02: Test Tukey para el Rendimiento de extracción

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

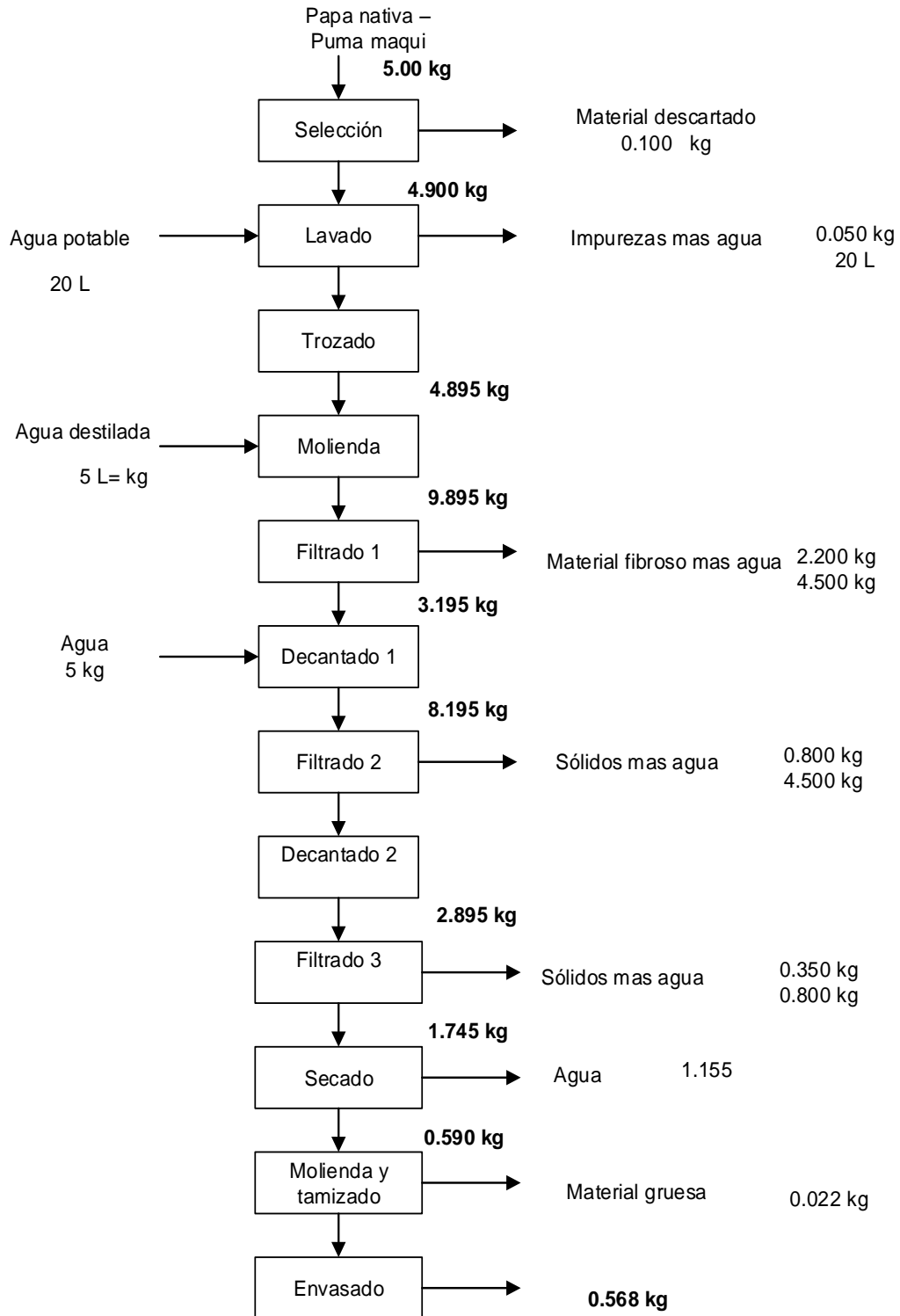
	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Puma maqui	3	11.3633	X
Qayma Marcela	3	12.19	X
Yana Palta	3	12.3433	X
Cuchi pelo	3	13.5467	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-2.18333	0.410897
Puma maqui - Yana palta	*	-0.98	0.410897
Puma maqui - Qayma marcela	*	-0.826667	0.410897
Cuchi pelo - Yana palta	*	1.20333	0.410897
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	1.35667	0.410897
Yana palta - Qayma marcela	.	0.153333	0.410897

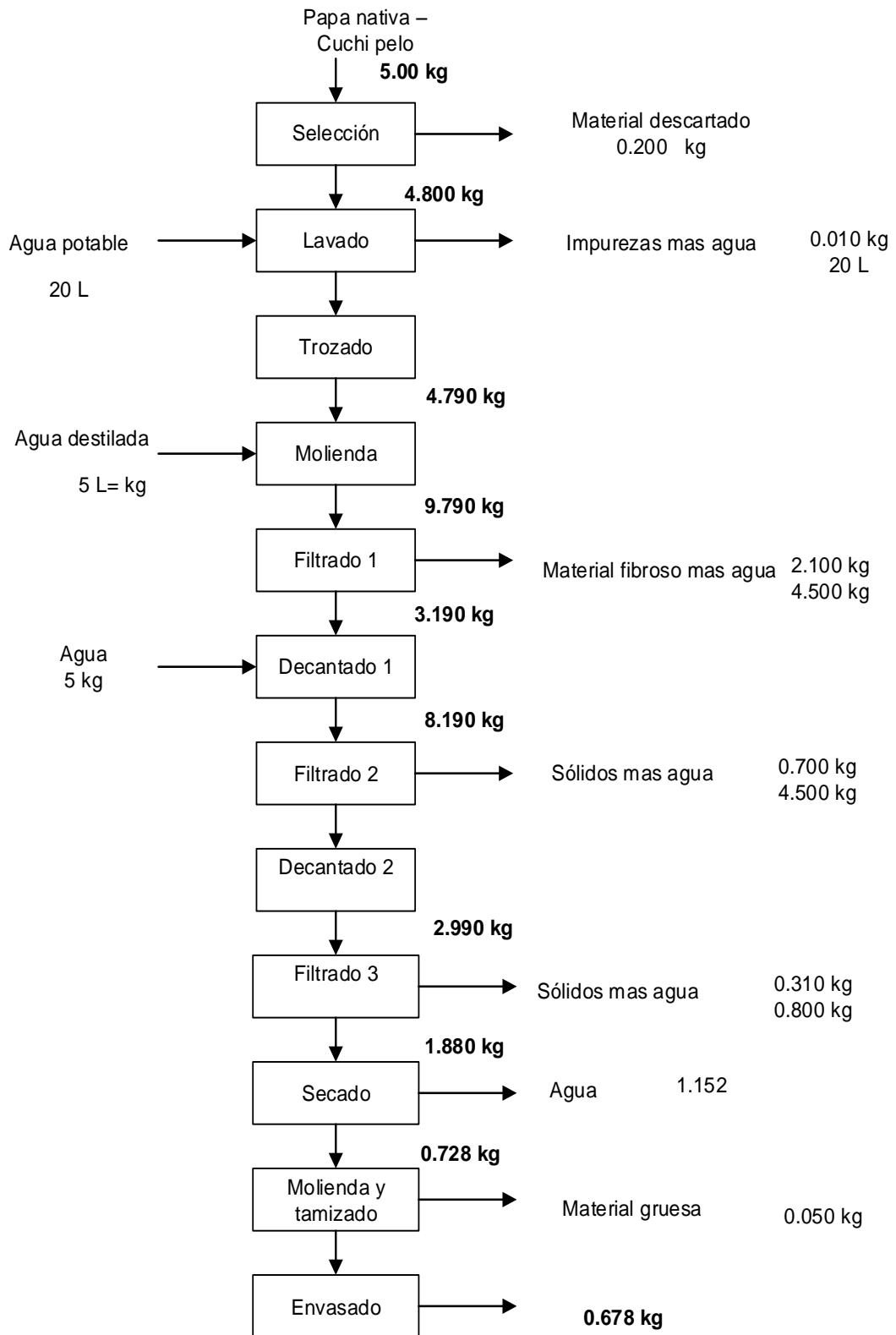
Indica una diferencia significativa.

Anexo 03: Balance de masa para el rendimiento de extracción (%) de las cuatro variedades de papa nativa

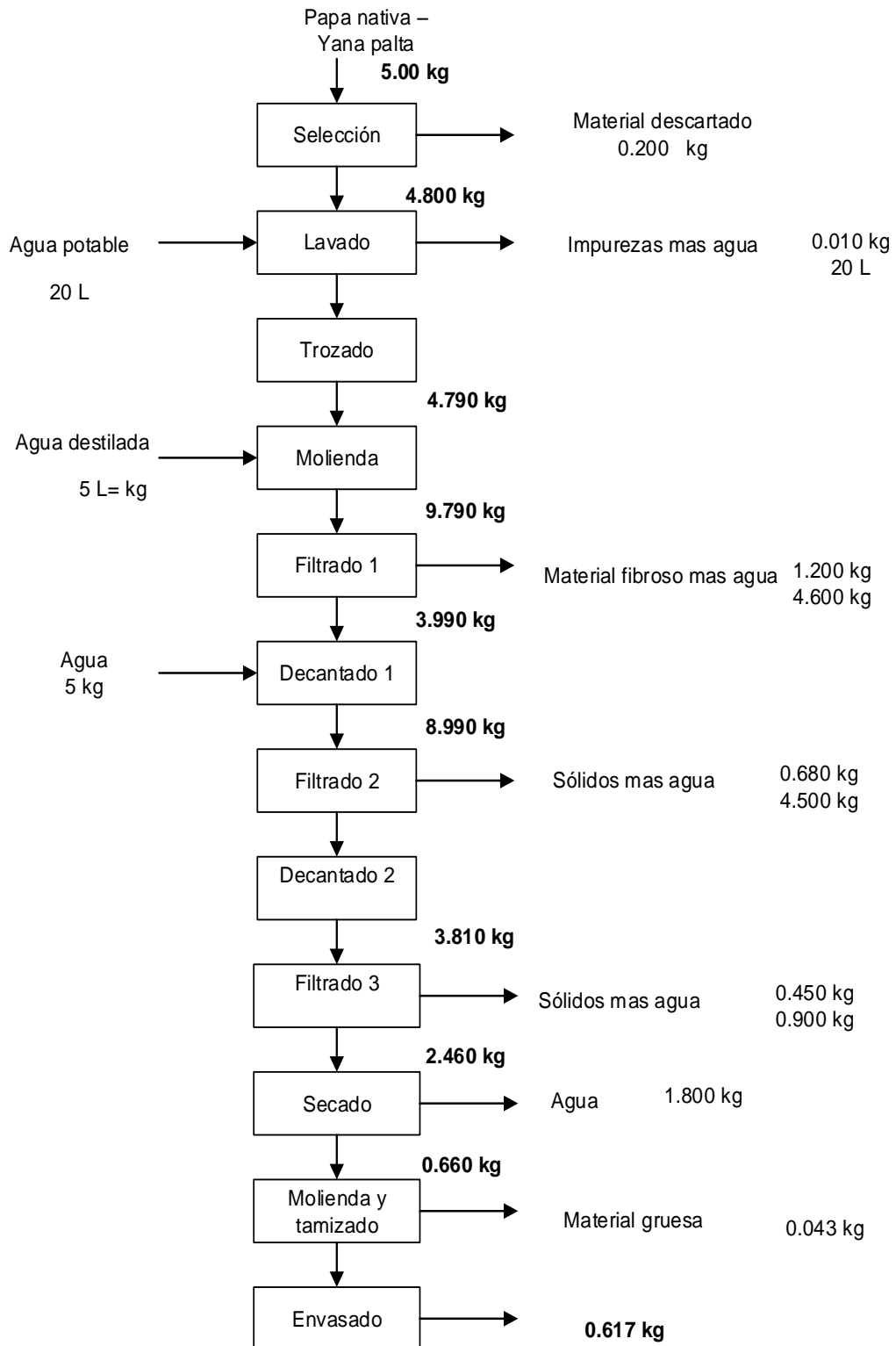
a) Puma maqui



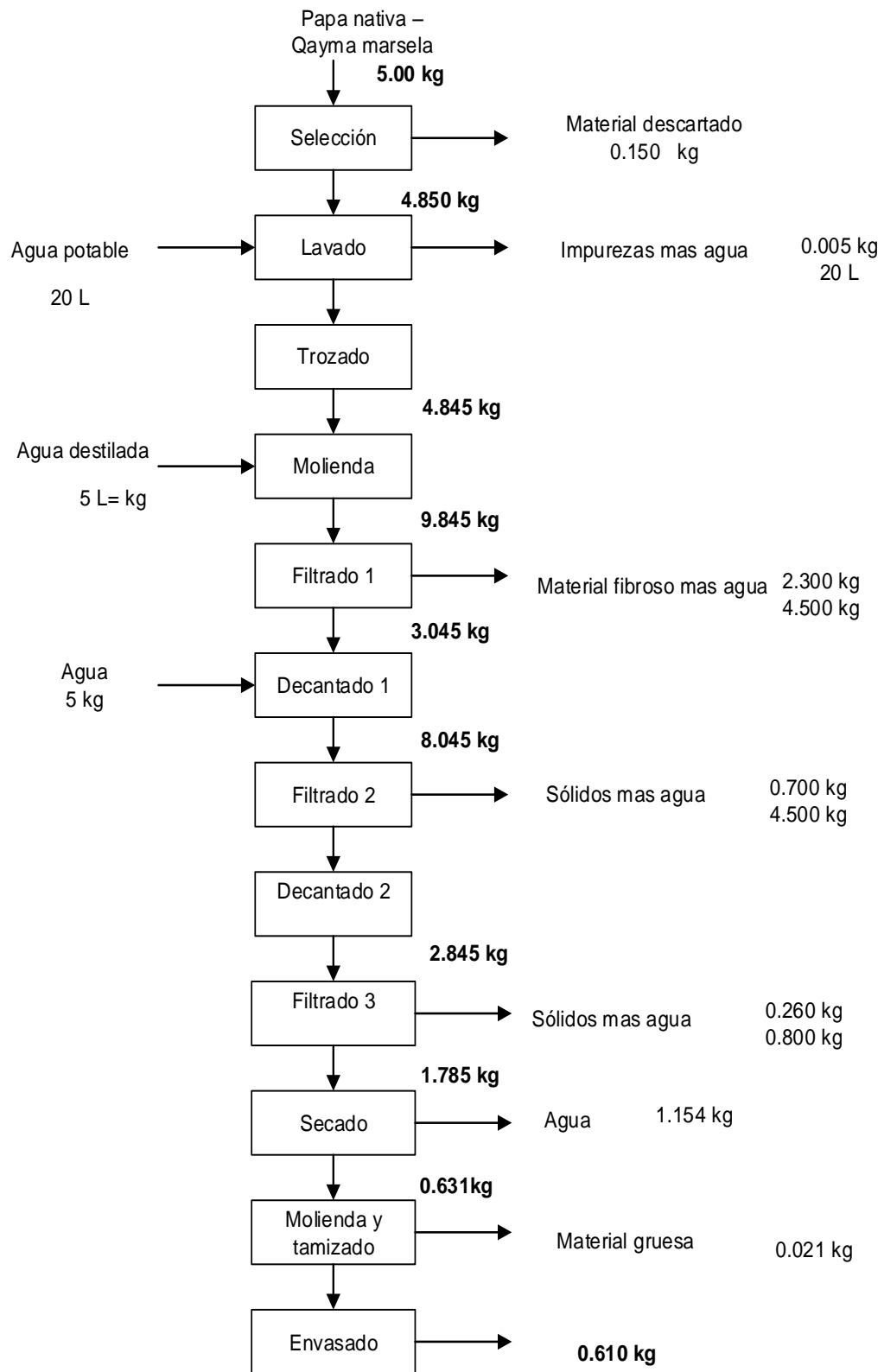
b) Cuchi pelo



c) Yana palta



d) Qayma marsela



Anexo 04: IAA (g gel/g muestra) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	7.35712	6.60976	11.96816	7.0128
R2	7.3104	6.54192	12.05072	7.02416
R3	7.27728	6.75728	12.04048	7.028

Anexo 05: Test Tukey para el IAA

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuchi pelo	3	6.63632	X
Qayma Marcela	3	7.02165	X
Puma maqui	3	7.31493	X
Yana Palta	3	12.0198	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	0.67861	0.164381
Puma maqui - Yana palta	*	-4.7049	0.164381
Puma maqui - Qayma marcela	*	0.29328	0.164381
Cuchi pelo - Yana palta	*	-5.3835	0.164381
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	-0.3853	0.164381
Yana palta - Qayma marcela	*	4.99813	0.164381

* indica una diferencia significativa.

Anexo 06: ISA (g gel/g muestra) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	10.1126	12.58	8.5606	11.8246
R2	10.24	12.57	8.6093	11.9808
R3	10.3149	12.65	8.6304	11.7901

Anexo 07: Test Tukey para el ISA

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuchi pelo	3	8.6	X
Qayma Marcela	3	10.22	X
Puma maqui	3	11.87	X
Yana Palta	3	12.6	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-2.38	0.2017
Puma maqui - Yana Palta	*	1.622	0.2017
Puma maqui - Qayma Marcela	*	-1.64	0.2017
Cuchi pelo - Yana Palta	*	4.001	0.2017
Cuchi pelo - Qayma Marcela	*	0.736	0.2017
Yana Palta - Qayma Marcela	*	-3.27	0.2017

Indica una diferencia significativa.

Anexo 08: poder de hinchamiento de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	7.1439	7.1920	15.7791	6.9771
R2	7.3968	7.2070	15.7653	6.9857
R3	7.3861	7.2359	15.8605	6.9588

Anexo 09: Test Tukey para el PH

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma Marcela	3	6.97387	X
Cuchi pelo	3	7.21163	X
Puma maqui	3	7.30893	X
Yana Palta	3	15.8016	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	0.0973	0.20157
Puma maqui - Yana Palta	*	-8.4927	0.20157
Puma maqui - Qayma marcela	*	0.335067	0.20157
Cuchi pelo - Yana palta	*	-8.59	0.20157
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	0.237767	0.20157
Yana palta - Qayma marcela	*	8.82777	0.20157

Indica una diferencia significativa.

Anexo 10: Claridad de pasta (% Transmitancia) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	60.95	82.99	37.07	76.03
R2	62.23	81.85	37.93	76.38
R3	61.09	82.22	37.76	75.51

Anexo 11: Test Tukey para el CP

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yana palta	3	37.5867	X
Puma maqui	3	61.4233	X
Qayma marcela	3	75.9733	X
Cuchi pelo	3	82.3533	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-20.93	1.04419
Puma maqui - Yana Palta	*	23.8367	1.04419
Puma maqui - Qayma Marcela	*	-14.55	1.04419
Cuchi pelo - Yana palta	*	44.7667	1.04419
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	6.38	1.04419
Yana palta - Qayma marcela	*	-38.3867	1.04419

Indica una diferencia significativa.

Anexo 12: Temperatura de gelatinización (°C) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	63.4	61.5	61.0	59.8
R2	63.6	61.3	60.9	59.6
R3	63.9	61.2	60.8	60.1
R4	63.2	61.4	60.9	60.2

Anexo 13 Test Tukey para la temperatura de gelatinización

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Qayma marcela	4	59.925	X
Yana palta	4	60.9	X
Cuchi pelo	4	61.35	X
Puma maqui	4	63.525	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	2.175	0.4569
Puma maqui - Yana palta	*	2.625	0.4569
Puma maqui - Qayma marcela	*	3.6	0.4569
Cuchi pelo - Yana palta		0.45	0.4569
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	1.425	0.4569
Yana palta - Qayma marcela	*	0.975	0.4569

Indica una diferencia significativa.

Anexo 14: Densidad aparente (g/mL) de las cuatro variedades de papa nativa

Variedad	Puma maqui	Cuchi pelo	Yana palta	Qayma marcela
R1	0.4124	0.7772	0.6185	0.5309
R2	0.4050	0.7730	0.6120	0.5363
R3	0.4105	0.7813	0.6164	0.5336

Anexo 15: Test Tukey para la densidad aparente

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Puma maqui	3	0.4093	X
Qayma marcela	3	0.5336	X
Yana palta	3	0.615633	X
Cuchi pelo	3	0.777167	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-0.367867	0.00926755
Puma maqui - Yana palta	*	-0.206333	0.00926755
Puma maqui - Qayma marcela	*	-0.1243	0.00926755
Cuchi pelo - Yana palta	*	0.161533	0.00926755
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	0.243567	0.00926755
Yana palta - Qayma marcela	*	0.0820333	0.00926755

Indica una diferencia significativa.

Anexo 16: Color L* a* b* de las cuatro variedades de papa nativa (tubérculo)

VARIETADES	TRAMIENTO	L*	a*	b*
Puma maqui	R1	73.38	-2.62	22.05
	R2	73.82	-2.16	22.09
	R3	74.07	-2.74	23.01
Qayma marcela	R1	77.53	-3.34	20.24
	R2	75.55	-3.35	19.92
	R3	76.3	-3.40	19.55
Yana palta	R1	73.49	-3.59	14.07
	R2	72.63	-3.38	14.54
	R3	73.02	-3.52	13.9
Cuchi pelo	R1	40.64	13.4	-4.11
	R2	39.14	14.19	-4.86
	R3	39.43	13.64	-4.12

Anexo 17: Color L* a* b* de las cuatro variedades de papa nativa (almidón)

VARIETADES	TRAMIENTO	L*	a*	b*
Puma maqui	R1	94.37	-1.26	2.22
	R2	94.44	-1.26	2.21
	R3	94.53	-1.25	2.22
Qayma marcela	R1	95.39	-1.33	1.54
	R2	95.38	-1.34	1.54
	R3	95.43	-1.33	1.55
Yana palta	R1	95.43	-1.33	1.35
	R2	95.7	-1.33	1.33
	R3	95.68	-1.34	1.34
Cuchi pelo	R1	94.8	-1.26	2.51
	R2	94.76	-1.25	2.51
	R3	94.79	-1.24	2.53

Anexo 18: Test Tukey para cie $L^* a^* b^*$ de los tubérculos y almidón de papa nativa

L^* - Tubérculo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuchi pelo	3	39.74	X
Yana palta	3	73.05	X
Puma maqui	3	73.76	X
Qayma marcela	3	76.46	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	34.02	1.82019
Puma maqui - Yana palta		0.71	1.82019
Puma maqui - Qayma marcela	*	-2.70333	1.82019
Cuchi pelo - Yana palta	*	-33.31	1.82019
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	-36.7233	1.82019
Yana palta - Qayma marcela	*	-3.41333	1.82019

Indica una diferencia significativa.

Anexo 19: Test Tukey para de las cuatro variedades de papa nativa

a^* - Tubérculo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Puma maqui	3	2.51	X
Qayma marcela	3	3.36	X
Yana palta	3	3.50	X
Cuchi pelo	3	13.74	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-11.24	0.6794
Puma maqui - Yana palta	*	-0.99	0.6794
Puma maqui - Qayma marcela	*	-0.857	0.6794
Cuchi pelo - Yana palta	*	10.247	0.6794
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	10.38	0.6794
Yana palta - Qayma marcela		0.1333	0.6794

* indica una diferencia significativa.

b* - Tubérculo

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuchi pelo	3	-4.36	X
Yana palta	3	14.17	X
Qayma marcela	3	19.90	X
Puma maqui	3	22.38	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	18.02	1.10051
Puma maqui - Yana palta	*	8.21333	1.10051
Puma maqui - Qayma marcela	*	2.48	1.10051
Cuchi pelo - Yana palta	*	-9.80667	1.10051
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	-15.54	1.10051
Yana palta - Qayma marcela	*	-5.73333	1.10051

* indica una diferencia significativa.

L* - Almidón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Puma maqui	3	94.45	X
Cuchi pelo	3	94.78	X
Qayma marcela	3	95.40	X
Yana palta	3	95.60	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-0.336667	0.227113
Puma maqui - Yana palta	*	-1.15667	0.227113
Puma maqui - Qayma marcela	*	-0.953333	0.227113
Cuchi pelo - Yana palta	*	-0.82	0.227113
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	-0.616667	0.227113
Yana palta - Qayma marcela		0.203333	0.227113

* indica una diferencia significativa.

a* - Almidón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Cuchi pelo	3	1.25	X
Puma maqui	3	1.26	X
Yana palta	3	1.33	X
Qayma Marcela	3	1.33	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo		0.0066667	0.0184822
Puma maqui - Yana palta	*	-0.0766667	0.0184822
Puma maqui - Qayma marcela	*	-0.0766667	0.0184822
Cuchi pelo - Yana palta	*	-0.0833333	0.0184822
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	-0.0833333	0.0184822
Yana palta - Qayma marcela		0	0.0184822

* indica una diferencia significativa.

b* - Almidón

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Yana Palta	3	1.34	X
Qayma Marcela	3	1.54	X
Puma maqui	3	2.22	X
Cuchi pelo	3	2.52	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Puma maqui - Cuchi pelo	*	-0.3	0.022636
Puma maqui - Yana palta	*	0.876667	0.022636
Puma maqui - Qayma marcela	*	0.673333	0.022636
Cuchi pelo - Yana palta	*	1.17667	0.022636
Cuchi pelo - Qayma marcela	*	0.973333	0.022636
Yana palta - Qayma marcela	*	-0.203333	0.022636

* indica una diferencia significativa.

Anexo 20: ANOVA para L^* a^* b^* de los tubérculos y almidón de papa nativa

L^* - Tubérculo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2,726.24	3.00	908.75	1873.9	0.00
Intra grupos	3.88	8.00	0.48		
Total (Corr.)	2,730.12	11.00			

a^* - Tubérculo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	255.55	3.00	85.18	1260.88	0.00
Intra grupos	0.54	8.00	0.07		
Total (Corr.)	256.09	11.00			

b^* - Tubérculo

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	576.65	3.00	192.22	1084.28	0.00
Intra grupos	1.42	8.00	0.18		
Total (Corr.)	578.07	11.00			

L^* - Almidón

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.59	3.00	0.86	114.37	0.00
Intra grupos	0.06	8.00	0.01		
Total (Corr.)	2.65	11.00			

a^* - Almidón

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.02	3.00	0.01	128.44	0.00
Intra grupos	0.00	8.00	0.00		
Total (Corr.)	0.02	11.00			

b^* - Almidón

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.76	3.00	0.92	12284	0.00
Intra grupos	0.00	8.00	0.00		
Total (Corr.)	2.76	11.00			

PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 21: FOTOS DE LA REALIZACIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Determinación de la temperatura de gelatinización



Imagen 1: Medición de la temperatura de gelatinización con la ayuda de un termómetro.



Imagen 2: Almidón gelatinizado

Determinación de la claridad de pasta



Imagen 3: Equipo para determinar la Claridad de pasta de almidón.



Imagen 4: Tubos con solución del almidón para dar lectura en el espectrofotómetro.

Determinación del índice de solubilidad



Imagen 5: Solución del almidón de 2.5 ml en placas Petri para el secado respectivo en la estufa.



Imagen 6: Medición del volumen del sobrenadante de la muestra para la determinación del índice de solubilidad en agua.

Determinación del índice de absorción del agua



Imagen 7: Calentamiento del almidón en baño maría a una temperatura de 60 C°



Imagen 8: Centrifugación de la solución del almidón a una velocidad de 3000 rpm

Determinación de la densidad aparente del almidón



Imagen 9: Acondicionamiento del almidón en la probeta para determinar la densidad aparente



Imagen 10: visualización del volumen que ocupa el almidón nativo para el cálculo de la densidad

Evaluación del color del almidón de papa nativa



Imagen11: tomando la lectura del almidón en el colorímetro



Imagen12: acondicionado del almidón para tomar la lectura en el colorímetro

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Formulación del problema		Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición de operaciones				Recolección de datos	
					Dimensiones	Indicador	Unidad	Método	Técnica	Instrumento
G	¿Cuál es el rendimiento de extracción, los valores de las propiedades funcionales y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)?	Determinar el rendimiento de extracción, propiedades funcionales y color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)	Rendimiento de extracción, propiedades funcionales y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>), muestran diferencias significativas	Variedades de papa nativa	Variedad de papa nativa	Variedad	Variedad	Visual	Observación	
E1	¿Cuál es el rendimiento de extracción del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)?	Determinar el rendimiento de extracción del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)	El rendimiento de extracción del almidón de las cuatro variedades de papa nativa, muestran diferencia significativa a un nivel de significancia del 5%	Rendimiento de extracción de almidón	Rendimiento	Rendimiento	%	Calculo indirecto	Calculo	Medida indirecta
E2	¿Cómo varia el valor de las propiedades funcionales: PH, IS, IAA, DA, Tg y CP, del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)?	Determinar las propiedades funcionales: PH, IS, IAA, DA, TG y CP, del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)	Las propiedades funcionales: PH, IS, IAA, DA, TG y CP, del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>) muestra correlación y presentan diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%	Propiedades funcionales	Propiedad	Poder de hinchamiento - PH	%	Absorción de agua	Calculo	Medida indirecta
						Índice de solubilidad - IS	g soluble/g almidón	Solubilidad en agua	Calculo	Medida indirecta
						Índice de absorción de agua - IAA	g de gel/g almidón	Absorción de agua	Calculo	Medida indirecta
						Temperatura de gelatinización - TG	°C	Termométrica	Lectura	Termómetro
						Claridad de pasta - CP	% Transmitancia	Espectrometría	Calculo	Medida indirecta
						Densidad aparente - DA	g/cm ³	Gravimétrico	Calculo	Medida indirecta
E3	¿Cómo varia el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i> ssp. <i>Andigenum</i>)?	Evaluar el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i>)	El color del almidón en el espacio L* a* b* de las cuatro variedades de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i>), presentan diferencias significativas a un nivel de significancia del 5%	Color del almidón	Color	Luminosidad - L*	Adimensional	Colorimétrico	Lectura	Colorímetro de Minolta
						Croma a*		Colorimétrico	Lectura	
						Croma b*		Colorimétrico	Lectura	

