

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Br. Rommel Edison Palomino Mallma

**EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL Y COLOR
DEL ALMIDÓN DE PAPA NATIVA DE LAS VARIEDADES:
Waka waqra, Alq´a wayruru, Phusi k´achun waqachi y Puka
viruntus (*Solanun tuberosum ssp. andigenum*)**

Asesor :

Ing. M.Sc. DAVID CHOQUE QUISPE

Co-Asesor :

Ing. BETSY SURI RAMOS PACHECO

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

ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ
2018

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados, a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio, A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

Gracias a mis padres: Eugenio, Brígida y Patricia, Keyla Deyanira, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al M.S.c David Choque Quispe Asesor de nuestro proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	x
ABSTRACT	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO I- INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.1. OBJETIVOS GENERAL	5
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
CAPITULO II – REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2. BASE TEÓRICAS	7
2.2.1. PAPA NATIVA.....	7
2.2.2. ALMIDÓN.....	15
2.2.3. COLOR EN LOS ALIMENTOS.....	24
2.3. MARCO CONCEPTUAL	35
CAPÍTULO III – MATERIALES Y METODOLOGÍA	37
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	37
3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS	37
3.2.1. Materia prima e insumos	37
3.2.2. Materiales, equipos, instrumentos y reactivos	37
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.3.1. Población	38
3.3.2. Muestra	38
3.3.3. Unidad de análisis	38
3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	40
3.5.1. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	40
3.6. METODOS EXPERIMENTAL	42
3.6.1. Rendimiento de extracción.....	42
3.6.2. Determinación del índice de absorción de agua - IAA, índice de solubilidad en agua - ISA y poder de inchamiento – PH.....	43

3.6.3.	Claridad de la pasta	43
3.6.4.	Temperatura de gelatinización	44
3.6.5.	Determinación del porcentaje de pulpa.....	44
3.6.6.	Determinación de acidez titulable y pH.....	44
3.6.7.	Determinación del color	45
3.7.	MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL	45
3.7.1.	Tipo de diseño experimental.....	45
3.8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
CAPITULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES		48
4.1.	PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN	48
4.2.	CUANTIFICACIÓN DE LA PROPIEDADES FUNCIONALES	49
4.2.1.	TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN – TG.....	49
4.2.2.	ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA – ISA	51
4.2.3.	ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA – IAA.....	52
4.2.4.	PODER DE HINCHAMIENTO - PH.....	54
4.2.5.	CLARIDAD DE PASTA – CP.....	55
4.2.6.	pH y ACIDEZ.....	57
4.2.7.	PORCENTAJE DE PULPA – PP	58
4.3.	CUANTIFICACIÓN DEL COLOR DE LOS ALMIDONES	59
4.3.1.	LUMINOSIDAD DE LOS ALMIDONES.....	59
4.3.2.	CROMA a^* y b^* DE LOS ALMIDONES.....	60
CONCLUSIONES.....		63
RECOMENDACIONES		64
BIBLIOGRAFIA		65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición promedio de la papa	9
Tabla 2. Variedades de papas nativas comerciales	11
Tabla 3. Diseño experimental del tipo DCA.....	46
Tabla 4. Porcentaje de extracción de almidón por variedades	48
Tabla 5. Temperatura de gelatinización por variedades.....	50
Tabla 6. Índice de solubilidad en agua por variedades	51
Tabla 7. Índice de absorción de agua por variedades.....	53
Tabla 8. Poder de hinchamiento por variedades	54
Tabla 9. Claridad de pasta por variedades.....	55
Tabla 10. pH del almidón por variedades.....	57
Tabla 11. Acidez del almidón por variedades.....	58
Tabla 12. Porcentaje de pulpa del almidón por variedades.....	59
Tabla 13. Luminosidad del almidón por variedades	60
Tabla 14. Cromo a^* del almidón por variedades	61
Tabla 15. Cromo b^* del almidón por variedades	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad Alq'á wayruru (Egúsquiza et al., 2008)	13
Figura 2. Variedad Phusi k'achun waqachi (Egúsquiza et al., 2008).....	14
Figura 3. Variedad Waka waqra	14
Figura 4. Variedad Puka viruntus	15
Figura 5. Estructura planar de la amilosa	17
Figura 6. Estructura planar de la amilopectina	17
Figura 7. Gelatinización del almidón	19
Figura 8. Modificación del almidón sometido a hidrocaldentamiento	20
Figura 9. Círculo Cromático: a) Tono, b) Saturación, c) Claridad.....	27
Figura 10. Distribución de conos y bastones en la retina	28
Figura 11. Modelo CIELab	30
Figura 12. Diagrama de cromaticidad	32
Figura 13. Sistema Munsell.....	33
Figura 14. Escala de color Hunter Lab	34
Figura 15. Diagrama de medias de la extracción del almidón	48
Figura 16. Diagrama de medias de la Temperatura de gelatinización	50
Figura 17. Diagrama de medias del Índice de solubilidad en agua	52
Figura 18. Diagrama de medias del Índice de absorción de agua.....	53
Figura 19. Diagrama de medias del Poder de hinchamiento.....	54
Figura 20. Diagrama de medias de la Claridad de pasta	56
Figura 21. Diagrama de medias del pH del almidón.....	57
Figura 22. Diagrama de medias de la acidez del almidón	58
Figura 23. Diagrama de medias del Porcentaje de pulpa del almidón	59
Figura 24. Diagrama de medias de la luminosidad L* del almidón.....	60
Figura 25. Diagrama de medias del croma a* del almidón.....	61
Figura 26. Diagrama de medias del croma b* del almidón.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos y cálculos del Porcentaje de extracción de almidón por variedades.....	75
Anexo 2. Datos y cálculos de la Temperatura de gelatinización del almidón por variedades.....	76
Anexo 3. Datos y cálculos del Índice de solubilidad en agua del almidón por variedades.....	77
Anexo 4. Datos y cálculos del Índice de absorción de agua del almidón por variedades.....	78
Anexo 5. Datos y cálculos del poder de absorción del almidón por variedades	79
Anexo 6. Datos y cálculos de la Claridad de pasta del almidón por variedades	80
Anexo 7. Datos y cálculos del pH del almidón por variedades	81
Anexo 8. Datos y cálculos de la acidez del almidón por variedades	82
Anexo 9. Datos y cálculos para el porcentaje de pulpa del almidón por variedades.....	83
Anexo 10. Datos y cálculos para la Luminosidad L* del almidón por variedades	84
Anexo 11. Datos y cálculos para el Cromo a* del almidón por variedades	85
Anexo 12. Datos y cálculos para el Cromo a* del almidón por variedades	86

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue extraer, caracterizar las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanun tuberosum* ssp. andigenum). La materia prima papa nativa fue recolectada de la Asociación de Productores de papa del distrito de Pacucha, de la Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac, el almidón fue extraído en medio acuoso, al cual se evaluó el rendimiento de extracción (%R), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de inchamiento (PH), Claridad de la pasta (CP), Temperatura de gelatinización (TG), Porcentaje de pulpa (%P), acidez titulable, pH y el color $L^*a^*b^*$, se aplicó un diseño completo al azar, los datos se analizaron a través de una ANOVA y prueba múltiple de medias Tukey a 5% de nivel de significancia. Los resultados mostraron que el %R fue mayor a 12%, la TG oscila entre 63.5°C a 60.3°C, el ISA entre 11.43 a 7.13 g solubles/g, el IAA 7.02 a 14.87 g gel/g, el PH entre 8.42 a 15.85 g sedimento/g, la CP entre 67.77 a 89.87 % de transmitancia, acidez entre 0.002 a 0.005 meq de ácido láctico/g, y el %P entre 0.25 a 0.37%, en cuanto al color la luminosidad L^* está por encima de 95.

Palabras clave: papa nativa, almidón, propiedades funcionales, color.

ABSTRACT

The objective of the research work was to extract, characterize the functional properties and colour of the native potato starch of the varieties: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanum tuberosum andigena*). The native potato raw material was collected from the Association of Producers of potato of the district of Pacucha, of the Province of Andahuaylas, Apurimac Region, the starch was extracted in aqueous medium, to which was evaluated the yield of extraction (% R), index of water absorption (IAA), water solubility index (ISA), flash power - PH, clarity of the paste (CP), gelatinization temperature (TG), percentage of pulp (% P), titratable acidity, pH and CIELab colour, applied a complete randomized design, the data were analyzed through an ANOVA and Tukey multiple means test at 5% level of significance. The results showed that the % R was greater than 12%, the TG oscillates between 63.5 ° C to 60.3 ° C, ISA between 11.43 to 7.13 g soluble / g, IAA 7.02 to 14.87 g gel / g, PH between 8.42 to 15.85 g sediment / g, CP between 67.77 to 89.87% transmittance, acidity between 0.002 to 0.005 meq of lactic acid / g, and % P between 0.25 to 0.37%, in terms of color the luminosity L * is above 95.

Key words: native potato, starch, functional properties, colour.

CHUMASQA

Kay llamkaypa maskasqanqa kikin kaypi wiñaq papakunapa (Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus) - (*Sola nun tuberosum andigena, nisqa*) tukuy imankuna urquymi, hinallataq "almidon" nisqan ima niraq kasqan qawaripa chaninchariymi karqa. Kaypipuni wiñaq "Papa nativa" nisqatan pacucha llaqtapi hatun huñunakuspa papa tarpupukuqkunapa chakranmanta akllamuspa urqumusqa karqa, Antahuaylla llaqtapi, Apurimac suyupi, "Almidon" nisqatan urqusqa karqa tumpun yakuyakuraq kachkaptin, chaytataqmi qatiparirsqa karqa El rendimiento de extracción (%R), imaynatacha yakutapas suqparqa chaytapas (IAA), yakupi imayna niraq chulluynintapas (ISA), punkipakuy atiyinmantapas (PH), "Claridad de la pasta" nisqatapas (CP), imayana quñiriyicha lluklluyarisqantapas (TG), imayna ayachasapacha kasqanta (%P), acidez titulable" nisqatapas, "pH y el color CIELab" nisqatapas, mayqintapas hapiripan rurakurqas, chay yachaykunatañataqmi "ANOVA" nisqawan qatiparirqani, chaynallataqmi "prueba múltiple de medias Tukey" ayparqa 5% "nivel de significancia" nisqa. Imayna qipasqanñataqmi karqa %R aswan achkayasqa 12%, "TG" muyurqa 63.5°C a 60.3°C, ISA aypanankama 11.43 a 7.13 g solubles/g, IAA 7.02 a 14.87 g gel/g, PH ayparirqa 8.42 a 15.85 g sedimento/g, CP chaynapi 67.77 a 89.87 % ayparirqa "transmitancia" nisqa, puchquriyninñataqmi 0.002 a 0.005 meq de ácido láctico/g, y %P yaqa 0.25 a 0.37%, niraqkaynimpa akchiriyinñataqmi L^* atiparurqaraq 95.

Chaninchasqa rimaykuna: kaypipuni wiñaq papa - papa nativa, almidón, propiedades funcionales, color

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

%R, Rendimiento de extracción

IAA, Índice de absorción de agua

ISA, Índice de solubilidad en agua

PH, Poder de hinchamiento

CP, Claridad de la pasta

TG, Temperatura de gelatinización

%P, Porcentaje de pulpa

pH, Potencial de hidrogeniones

DCA, Diseño completo al azar

g, gramos

C.V., coeficiente de variabilidad

CAPÍTULO I- INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Andahuaylas y sus provincias, tiene potencialidades en cuanto se refiere al cultivo de papa nativa (Gómez *et al.*, 2008), y esta es utilizado por los pobladores de dichas zonas, y en otros casos son comercializados en forma de tubérculo, y es casi nulo la transformación que se realiza a este, siendo así necesaria estudiar el comportamiento del almidón a través de sus propiedades funcionales y el color que está presenta.

Las especies nativas cultivadas en nuestro país, como tubérculos nativos por ejemplo la papa, son fuente de derivados como resultado de la transformación que pueden sufrir, dentro de ellos el almidón (Egusquiza, 2008), permitiría el incremento del valor y demanda en el mercado local e internacional.

La existencia de variedades de papas nativas en las zonas altoandinos del Perú (Yamamoto, 1988), permiten mostrar y estudiar los almidones que puedan extraer de estas papas nativas, es así que el estudio acerca del rendimiento de extracción del almidón en variedades de papa nativa, permitirá conocer el contenido de materia seca que presente las variedades en estudio: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW) y Puka viruntus (PV); asimismo se requiere un estudio detallado de sus propiedades funcionales del almidón tales como: el rendimiento de extracción (%R), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de inchamiento (PH), Claridad de la pasta (CP), Temperatura de gelatinización (TG), Porcentaje de pulpa (%P), acidez titulable, pH y el color L^*a^*b , con el fin de informar el comportamiento para su utilización, y los usos principalmente en las industrias alimentarias y en el arte culinario.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿En qué medida es posible extraer, caracterizar las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (*Solanun tuberosum* ssp. Andigenium)

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el porcentaje de extracción del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (*Solanun tuberosum* ssp. Andigenium)
- ¿Cómo son las características de las propiedades funcionales: temperatura de gelatinización – TG, índice de solubilidad en agua – ISA, índice de absorción de agua – IAA, poder de hinchamiento- PH, claridad de pasta – CP, porcentaje de pulpa - PP, acidez y pH del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanun tuberosum* ssp. Andigenium)?
- ¿Cuál es el color a través del método Cielab $L^* a^* b^*$, del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (*Solanun tuberosum* ssp. Andigenium)?

1.3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACIÓN

La alta demanda de los cultivares de papas nativas, se debe a sus atributos como composición química y propiedades nutritivas, y más aún si estas son transformadas en productos derivados de ella, como lo es el almidón de papa.

La introducción al mercado de alimentos de un almidón de papa nativa, permitirá industrializar y potenciar la producción de este tubérculo andino, a fin de mostrar los atributos de interés para la alimentación que contribuyan a mejorar su demanda y consumo, siendo importante mostrar al detalle sus propiedades de manejo en el procesamiento en alimentos conocidos como propiedades funcionales.

El almidón de papa presenta diferentes usos en la industria alimentaria, ya sea en panadería, confitería, industria de bebidas, etc. presentando diferentes funciones como espesante, adhesivo, ligante, enturbiante, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan, gelificante, aglutinante, etc, y ante ello es necesario conocer el color pues es un indicador de la claridad de pasta que pueda formar u otorgar al alimento.

Nuestro país y más aún nuestra región es poseedora de diferentes climas con diversos pisos altitudinales, así las papas nativas, se desarrollan por lo general por encima de los 3000 msnm.

El contenido de almidón en la papa nativa depende pues de la variedad y materia seca que esta contenga, es así que la determinación del rendimiento de extracción de almidón permitirá conocer de manera indirecta la rentabilidad económica.

Los almidones nativos tienen un uso limitado en la industria en términos de necesidades emergentes y funcionales (Flores, 2004), presentando problemas como: formación de geles débiles: mínima estabilidad del gel durante el procesamiento; mecánico y susceptibilidad al ataque por ácidos; altos niveles de recristalización o retrogradación; y viscosidad inconsistente y baja solubilidad.

Sin embargo, el uso de los almidones nativos se ha visto limitado por la diversidad de productos alimenticios, ya que no proporcionan todas las

propiedades funcionales requeridas, por ejemplo, presentan propiedades espesantes limitadas, alta tendencia a la retrogradación y elevada pérdida de agua.

No obstante la papa nativa bajo la forma de almidón, requiere un estudio detallado de sus propiedades, funcionales y color, con el fin de informar el comportamiento para su utilización.

Es así que el objetivo principal de la presente investigación será extraer y caracterizar las propiedades funcionales y el color del almidón de papa nativa (*Solanun tuberosum spp. andigenum*).

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.OBJETIVOS GENERAL

Extraer, caracterizar las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanun tuberosum andigena*)

1.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el porcentaje de extracción del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (*Solanun tuberosum andigena*).
- Caracterizar las propiedades funcionales: índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de inchamiento (PH), Claridad de la pasta (CP), Temperatura de gelatinización (TG), Porcentaje de pulpa (%P), acidez titulable y pH, del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanun tuberosum andigena*)
- Evaluar el color a través del método Cielab $L^* a^* b^*$ del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (*Solanun tuberosum andigena*).

CAPITULO II – REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Pardo *et al.* (2013), realizaron la caracterizaron funcional y térmicamente de almidones de diferentes variedades de papa, encontrando diferencias significativas en el contenido de materia seca oscilando entre valores de 93.10 a 94.17%, asimismo encontraron valores de temperatura de gelatinización de los almidones en rangos de 65.48 a 66.88 °C.

De la mismo forma, Ramírez *et al.* (2011), caracterizaron el almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla, reportando valores de materia seca de 80.8 a 90.7%; e contenido de amilosa en el intervalo de 14 a 49 %; y amilopectina entre 51 a 86 %; y temperatura de gelatinización en los rangos de 61 a 74 °C.

Díaz (2015), en su trabajo determino las propiedades funcionales del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*): Ccompis, Huamantanga, Putis y Qeccorani; cultivadas en la provincia de Andahuaylas, Apurímac. 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), evaluó el contenido de almidón en papas (*Solanum tuberosum*, spp. *tuberosum* cv. *desirée*), 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 papa obtuvo un contenido superior de almidón, en relación con el orgánico.

Zarate *et al.* (2014), en la investigación titulada extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*), 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%; y almidón de 8,67 - 22,72%. El almidón nativo de los clones promisorios se extrajo por triplicado y se determinaron la temperatura de gelatinización que fue de 62 a 74°C.

Torres *et al.* (2013), en la investigación titulada, propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*), desarrollada en la ciudad de Cartagena- Bolívar, Colombia. Evaluaron las propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga variedades blanca y morada. Encontraron que el índice de absorción de agua (IAA) de los almidones de malanga blanca y morada fue ($1,79 \pm 0.1$ y $1,88 \pm 0.02$) respectivamente, el ISA 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.

2.2. BASE TEÓRICAS

2.2.1. PAPA NATIVA

La existencia de una rica biodiversidad de la papa en la región andina, cuya domesticación se inició hace 7,000 años AC, es producto de una cultura andina que ha conservado sus recursos por varias generaciones y actualmente constituyen un importante legado para la humanidad. En esta diversidad se distinguen variadas formas, colores, texturas y sabores, que han sido apreciadas por las familias rurales por siglos, y en la actualidad también son apreciadas por

los pobladores urbanos, lo que ha incrementado su demanda comercial. A pesar de esto, las propiedades nutricionales de las papas nativas todavía son poco estudiadas, no muy conocidas y mínimamente difundidas (Fonseca *et al.* 2014).

Según investigaciones confirmadas recientemente, el origen de la papa, especie *Solanum tuberosum*, se centra en la parte norte del lago Titicaca, sur del Perú (Spooner *et al.*, 2005). Actualmente, la subespecie *Solanum tuberosum* es el cuarto cultivo de mayor importancia en el mundo después del arroz, el trigo y el maíz. Se cultiva en más de 130 países. En el año 2005 cubrió una superficie de 18.652.381 hectáreas a nivel mundial (FAO, 2005).

El Centro Internacional de la Papa (CIP) 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 como el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) 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 (compuestos fenólicos y otros). Este material es una 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).

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. Las variedades más conocidas son las amarillas, entre ellas la duraznilla (o puca duraznilla), runtus, peruanita y tumbay; y las huayros, entre ellas uccuhuayro, yuracchuayro y runtuhuayro. Estas tienen un mercado dinámico y estable en Lima, a pesar que normalmente cuesta el doble que las otras papas. Las variedades de presencia regional y de marcada preferencia de los consumidores son qompis en Andahuaylas, Cusco y Puno; camotillo, papa piña, huancaína blanca y huamantanga en la sierra central; amarilla del norte o huagalina y las chauchas en Cajamarca; llamellina en Ancash; y yanaimilla y sanaimilla en Puno. Las variedades amargas tienen un

mercado importante en la zona del Altiplano, Andahuaylas y Cusco donde son requeridas para el procesamiento de tunta y chuño (Yamamoto, 1988).

Sin embargo, la mayoría de las variedades son desconocidas, y aunque no es posible evidenciar su erosión, sí es posible constatar el estancamiento de la producción y un peligro latente de desaparición, incluso se cree que algunas, como la *Solanum hygrothermicum*, se han perdido (National Research Council, 1989). Se señalan como causas factores adversos al medio ambiente, recursos tecnológicos insuficientes, y la precariedad económica y social de sus cultivadores (CIP-COTESU, 1993).

La mayoría de las papas nativas son cultivadas sobre los 3000 m.s.n.m., a esta altura la fuerte radiación solar y los suelos orgánicos andinos brindan a estas papas una naturalidad especial las cuales además son cultivadas generalmente sin uso de fertilizantes químicos y con mínima aplicación de pesticidas (Reinoso y Thiele, 2005). Poseen excelentes sabores, formas variadas, atractivos colores y diferentes tamaños y texturas. Se han encontrado altos contenidos de proteínas en algunas variedades de papa nativa. Hoy en día, la papa representa una de las contribuciones más importantes de la región andina al mundo entero, por ser uno de los cultivos alimenticios más consumidos y apreciados (Gijarro, 2008). En la Tabla (1) se muestra los principales componente de la papa común y criolla.

Tabla 1. Composición promedio de la papa

Componentes	Papa blanca	Papa criolla
Agua (%)	76.7	75.5
Proteínas (%)	1.9	2.5
Grasas (%)	0.1	0.1
Carbohidratos (%)	19.3	18.7
Fibra (%)	1.0	2.2
Cenizas (%)	1.0	1.0

Fuente: Angulo *et al.* (2006)

De acuerdo a Quilca (2007), la papa presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Familia: Solanaceae.

Género: Solanum.

Sub género: Potatoe.

Sección: Petota.

Serie: Tuberosa.

Especies: phureja, andígena

Nombre común: papa, patata.

2.2.1.1. Variedades de papas nativas

Taxonómicamente en el Perú se reconocen nueve especies de papas cultivadas (Ochoa, 1999) que han dado lugar a subespecies y numerosas variedades que se estiman en más de tres mil, dispersas en todo el país.

Existen diferentes puntos de vista en cuanto al número de especies de papa cultivada. La taxonomía formal de Ochoa (1999), reconoce 9 especies; la de Hawkes (1990), 7 especies y subespecies; y la de Huamán y Spooner (2002), 1 especie con 8 grupos taxonómicos. El Centro Internacional de la Papa (CIP) comúnmente considera la clasificación de 8 especies cultivadas. En el departamento de Huancavelica se encuentran 7 de ellas.

Según el catálogo de variedades de papas nativas del Perú, realizado por el año internacional de la papa (Gómez *et al.*, 2008), existen alrededor de 50 variedades de papas nativas prometedoras desde el punto de vista comercial.

Moreno (2008) informan de los resultados sobre crecimiento, producción y calidad de los tubérculos de papa de diversos clones cultivados en condiciones climáticas contrastantes de Costa (a 230 m.s.n.m.) y de Sierra (a 3,230 m.s.n.m.) en el Perú

Don Julio Hancco un agricultor de papa nativa de la localidad de Pampacorral, valle de Lares, provincia de Calca, Cusco, en una entrevista comenta “Mi padre me dejó de herencia muchas de estas variedades que tienen historia, representan a mi familia”. Creció en los cultivos y sobre los cultivos ha honrado su legado: recibió 82 tipos de papa nativa y ahora, gracias a su esfuerzo y curiosidad, ha doblado sus reservas, que son en realidad un tesoro para la humanidad. “Estas variedades tienen aroma, colores, características especiales. Por eso he querido trabajar para conservarlas” dice el hombre. El esfuerzo no ha pasado inadvertido: ya en una feria de agrobiodiversidad de 1986 recibió un

premio de 250 soles que lo animó a buscar variedades en peligro de extinción. Algunas sólo existen en sus chacras (Hidalgo, 2008)

Gómez *et al.*, (2008) presenta en la Tabla 2, algunas variedades de papas nativas de acuerdo a su comercialización

Tabla 2. Variedades de papas nativas comerciales

Papa nativas comerciales	Nombre alternativos	Región de procedencia
Amarilla Tumbay	Tumbay, Papa Amarilla.	Huánuco
Huamantanga	Puja Suytu.	Ayacucho, Apurímac
Peruanita	Jilguero, Milagro	Huánuco, Junín.
Semicomerciales		
Camotillo	Camotilla, Garhuash, Karwash	Junín y Huánuco
Qompis	Puka Qompis, Papa Rosada	Cusco y Apurímac
Yana Pumamaqui	Pumamaki, Pumaqa Makin	Ancash y Junín
Yuraq Imilla	Imilla Blanca, Yuraq Qompis	Puno y Apurímac
Con potencial de mercado		
Amarilla	Amarilla, Choines	Huánuco
Huarina	Rukupa Punkan Huánuco	Junín
Leona	Bolona negra	Cajamarca
Qeqorani	Azul sonqo, qeqerana	Cusco, Apurímac
Yana warki	Warmanpa uman	Ayacucho, Apurímac

Fuente: Gómez *et al.* (2008)

Egúsqiza *et al.* (2008), presenta un catálogo de papas nativas cultivadas en la provincia de Cusco, de acuerdo a los nombres en quechua más utilizados, que a continuación se presenta:

- Alq'a boli
- Alq'a charkawaylla
- Alq'a q'ompis
- Alq'a viruntus
- Alq'a wayruru
- Ancash waña
- Anis p'itikiña
- Chiri rinka p'itikiña
- Chunchi
- Combi
- Fotis
- kalis q'ero
- K'anchali waña
- khasa boli
- kuchi runtu
- Kuchillo pak'i
- Kuntur runtu
- Kusipata puywan
- Maqt'illo
- Miski panti
- Moro ch'uruspi
- Moro k'usi
- Moro puma maki
- Moro puywan
- Moro viruntus
- Moro wamanero
- Moro waña
- Moro wayru
- Moro willkas
- Ñawpa yuraq k'usi
- Oqe choqlluscha
- Oqe kuchi agacha
- Oqe ñawpa viruntus
- Oqe viruntus
- Orq'o k'usi
- Orq'o yana boli
- Phaspa shuncho
- Phusi k'achun waqachi
- Phusi puywan
- Phusi wamanero
- Pirwanita
- Puka boli
- Puka alq'a q'ompis
- Puka ambrosio
- Puka ch'apiña
- Puka ch'urospi
- Puka k'achun waqachi
- Puka kuchi akacha
- Puka mama
- Puka moro chiwako
- Puka moro p'itikiña
- Puka ñawi chiwako
- Puka p'itikiña
- Puka viruntus
- Puka wayru
- Puku boli
- Q'ello llontoscha
- Q'ello lomonche
- Q'ello puywan
- Q'ello viruntus
- Q'ello wankarani
- Qeq'orani
- Q'era boli
- Q'era q'ompis
- Q'era soq'o waqoto
- Q'owi sullu
- Sawasiray
- Solischa
- Soq'o waqoto
- Sorci virite
- T'ika boli
- T'ika moro p'itikiña
- T'ika moro wayru
- T'ika wamanero
- Unch'una
- Valeriana waña
- Waka waqra
- Walaychu
- Wallata chaki
- Wallata runtu
- Wallatas
- Wanako q'ompis
- Wawa jañuk'ana
- Yana boli
- Yana ch'apiña
- Yana ch'aska
- Yana ch'uros
- Yana ch'urospi
- Yana combi
- Yana k'achun waqachi
- Yana k'usi
- Yana llama senq'a
- Yana lloq'e bastuncha
- Yana mama
- Yana moro boli
- Yana moro chiwaku
- Yana orq'o boli
- Yana phuña
- Yana p'itikiña
- Yana puma maki
- Yana q'ompis
- Yana soq'o
- Yana soq'o waqoto
- Yuraq boli
- Yuraq ñawi charkawaylla
- Yuraq ñawpa k'usi
- Yuraq waña
- Yuraq willkas
- Zapatilla k'usi
- Papas nuevas
- Alianza
- Andina
- Carlitos
- CICA
- Mantaro
- Perricholi

Variedad Alq´A Wayruru

La variedad Alq´a wayruru que traducido al castellano es “Huayruru bandeado rojo con blanco”, se desarrolla en la regi3n Suni o Jalca, a una altura de 3500 a 4000 m.s.n.m. Las regiones donde se produce esta variedad son: Cusco, Puno, Ayacucho, Apur´ımac, Huancavelica, Jun´ın; y en las provincia de Paucartambo, Az´angaro, Anta, Andahuaylas, Chincheros, Cotabambas; presenta una coloraci3n crema con colores secundarios rojo en pocas manchas (Figura 1), asimismo presenta color de pulpa crema con coloraci3n roja en pocas manchas, y de forma de tub´erculo comprimido con ojos profundos, tiene uso culinario en sopas y watia



Figura 1. Variedad Alq´a wayruru (Eg´usquiza et al., 2008)

Variedad Phusi K´achun Waqachi

La variedad Phusi k´achun waqachi (Figura 2) que traducido al castellano es “Que hace llorar a la nuera”, se desarrolla en la regi3n Suni o Jalca; a una altura de 3500 a 4100 m.s.n.m. Las regiones y las provincias donde se desarrolla este cultivo son Cusco, Apur´ımac, Ayacucho, Lima, Huancavelica; Chumbivilcas, Andahuaylas, Chincheros, Huancavelica, Jun´ın, Huanta, Canta. Cotabambas, cuyo color de piel del tub´erculo es negruzco intenso, con coloraci3n secundaria, rojo-morado en manchas salpicadas, y color de pulpa amarillo intenso, el tub´erculo es redondo con variante de forma tuberizado y con ojos muy profundos, y es consumido en watia y sancochado



Figura 2. Variedad Phusi k'achun waqachi (Egúsquiza *et al.*, 2008)

Variedad Waka Waqra

La variedad Waka waqra (Figura 3) que traducido al castellano es “Cuerno de vaca”, se desarrolla en la región Suni o Jalca; a una altura de 3500 a 4100 m.s.n.m. Las regiones y las provincias donde se desarrolla este cultivo son Cusco, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica; Chumbivilcas, Junín, Cotabambas, cuyo color de piel del tubérculo es negruzco intenso, con coloración secundaria marrón distribuidas como anteojos, mientras que el color de la pulpa es crema, con coloración secundaria morada en anillo vascular y médula, y el tubérculo tiene la forma alargado, con variante de forma falcada y con profundidad de ojos superficiales, y es consumido en watia, sancochado y bajo la forma de chuño.



Figura 3. Variedad Waka waqra
Fuente: Egúsquiza *et al.* (2008)

Variedad Puka Viruntus

La variedad Puka viruntus (Figura 4) que traducido al castellano es “Roja forma de huevo”, se desarrolla en la región Suni o Jalca; a una altura de 3500 a 4100 m.s.n.m. Las regiones y las provincias donde se desarrolla este cultivo son Cusco, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica; Chumbivilcas, Junín, Cotabambas, cuyo color de piel del tubérculo es rojo intenso, con coloración secundaria rojo-morado en manchas salpicadas, y de color de pulpa amarillo claro, con

coloración secundaria rojo salpicado, el tubérculo tiene una forma oblongo alargado con variante de forma aplanado, con profundidad de ojos medio, y es usado watia y sancochado.



Figura 4. Variedad Puka viruntus
Fuente: Egúsqiza *et al.* (2008)

2.2.2. ALMIDÓN

El almidón 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).

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 CO₂ 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, tapioca) 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).

Debido a las propiedades fisicoquímicas y funcionales que presenta el almidón se utiliza en diferentes industrias como la de alimentos, farmacéutica, textil y petrolera. El almidón está organizado en discretas partículas o gránulos de los cuales sus características morfológicas, composición química y arreglo molecular son característicos de la fuente botánica.

Sin embargo, las propiedades fisicoquímicas que presentan los almidones están gobernadas por el contenido de sus dos polisacáridos constituyentes: amilosa y

amilopectina, así como a 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).

2.2.2.1. Composición química del almidón

Químicamente, el almidón es un polisacárido semicristalino compuesto por D-glucopiranosas unidas entre sí mediante enlaces glucosídicos. El almidón está formado por dos polímeros de diferente estructura (amilosa y amilopectina), los cuales se diferencian por las uniones que presentan dentro del gránulo de almidón y que además representan cerca del 98-99% del peso en seco. La proporción de estos dos polímeros varía según la fuente botánica y su organización física dentro de la estructura granular, confiriéndole propiedades fisicoquímicas y funcionales únicas (Singh et al., 2003). A pesar de la química simple del almidón, las moléculas que lo conforman son variables y complejas (Tester et al., 2004).

Amilosa

La amilosa es un polímero esencialmente lineal que consiste de glucopiranosas unidas con enlaces α 1 - 4. El grado de polimerización (GP) está entre 100 y 10,000. Cada molécula lleva un extremo reductor y uno no reductor.

En algunas fuentes de almidón, las moléculas de amilosa contienen dos u ocho puntos de ramificación en la molécula. La longitud de cadena de esas ramificaciones varía de cuatro a 100 GP. En algunas especies de plantas, la amilosa contiene algunos grupos fosfatos, probablemente en la posición del carbono 6 de la glucosa (Liu, 2005).

Las moléculas de amilosa tienen un peso molecular promedio de 10^6 Da aproximadamente. La posición axial de los enlaces α 1 - 4 de las unidades de glucosa da a la molécula una forma helicoidal (Figura 5). En el interior de la hélice predominan los átomos de hidrógeno y es de carácter hidrofóbico/lipofílico, y los grupos hidroxilos están posicionados al exterior del espiral (BeMiller y Huber, 2007).

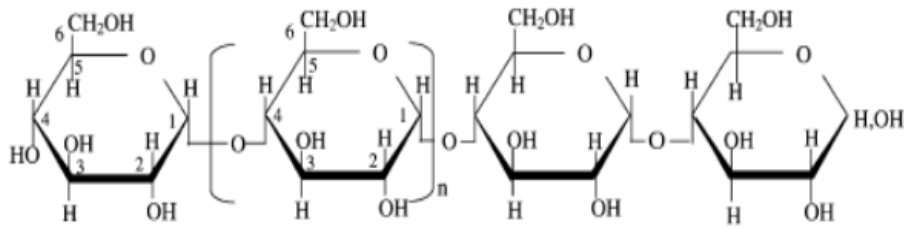


Figura 5. Estructura planar de la amilosa
Fuente: Whistler y Daniel (1984)

Amilopectina

La amilopectina es una molécula muy grande y altamente ramificada con puntos de ramificación que representan de 4 – 5 % de los enlaces totales (Figura 6). Consiste de una cadena que contiene un solo extremo reductor, al cual se unen numerosas cadenas y estas a su vez contienen otras cadenas. La amilopectina es el principal componente de los gránulos de almidón y dependiendo de la fuente botánica varía el porcentaje de amilopectina en el gránulo, de 98 – 99 % en los almidones cerosos o “waxy” y alrededor del 60 % en los almidones de maíz altos en amilosa. La mayoría de los almidones normales contienen 70 % de amilopectina. Las ramificaciones de la amilopectina forman racimos (clusters) en doble hélices. La masa molecular de entre 10^7 (GP aproximadamente 60,000) hasta tal vez 5×10^8 , coloca a la amilopectina entre las moléculas más grandes encontradas en la naturaleza (BeMiller y Huber, 2007).

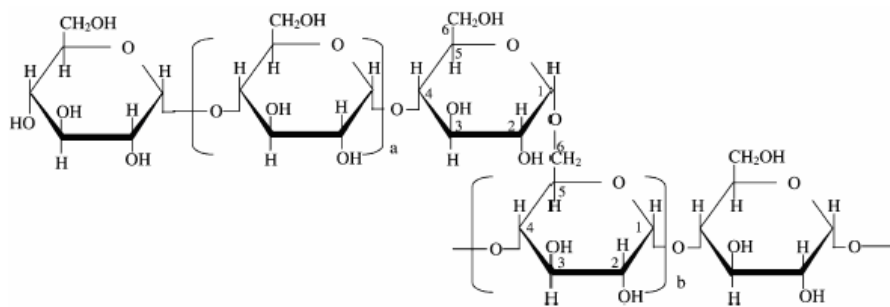


Figura 6. Estructura planar de la amilopectina
Fuente: Whistler y Daniel (1984)

2.2.2.2. Propiedades funcionales del almidón

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 e hinchamiento, son fenómenos que

pueden ayudar a explicar la estabilidad del biopolímero y por tanto sugerir su aplicación adecuada (Torre *et al.*, 2008), las cuales son importantes para la industria de los alimentos.

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 de agua (>70%) ocurre una pérdida de cristalinidad; originando que la forma semicristalina cambie a una forma eventualmente amorfa (Tester y Debon, 2000).

a. 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 7); 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).

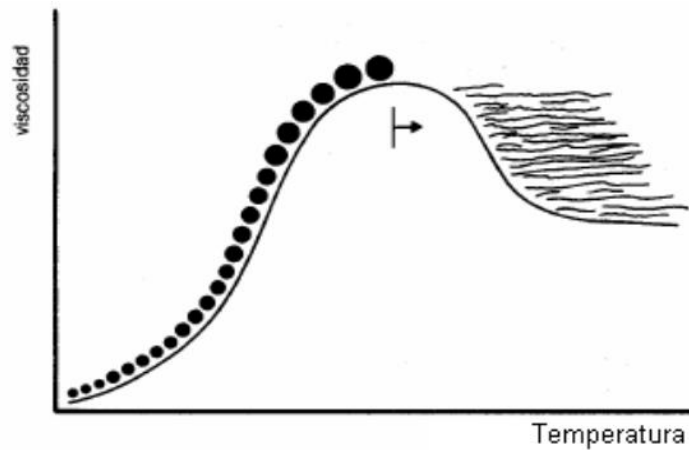


Figura 7. Gelatinización del almidón
Fuente: Badui (2001).

La gelatinización total del gránulo tal como se muestra en la Figura 8, se produce dentro de un intervalo amplio de temperatura. Según Biliaderis (1991) que 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:

- i. Difusión del agua dentro del gránulo de almidón; cuando 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.
- ii. 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 (Tester y Debon 2000) y las propiedades ópticas del gránulo no se pierden, por ejemplo la birrefringencia.
- iii. 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 se pierde su estructura (Lai y Kokini 1991). La amilosa fuera del gránulo forma una malla tridimensional y produciendo un gel (Biliaderis 1991).

Así la temperatura a la cual ocurre este proceso se le conoce como temperatura de gelatinización (T_g); 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 de viscosidad (Debet y Gidley, 2006)

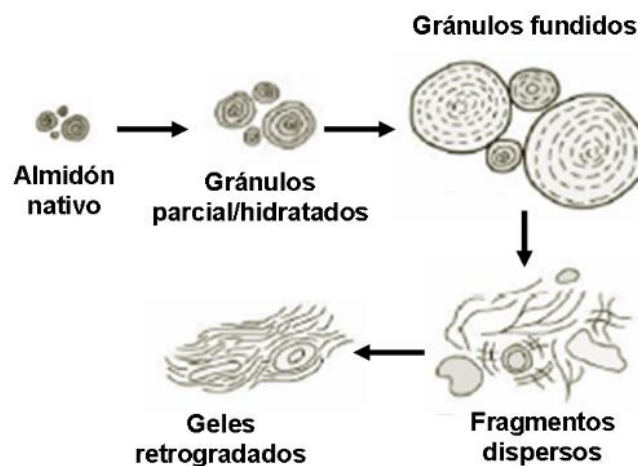


Figura 8. Modificación del almidón sometido a hidrocaldentamiento
Fuente: Rooney y Huang, (2001)

b. 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 presentarse un aumento de temperatura, el gránulo de almidón se hincha, se rompe y 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 e inhibidor del 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, 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).

c. Índice de 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), 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).

Al ser 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, 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).

d. Índice de absorción de agua

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

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); la absorción de agua provoca que el granulo presente un hinchamiento, incrementando el tamaño hasta un 10% (Singh y Singh, 2003).

e. 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 Garnica, 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)

f. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, la forma del granulo y el tamaño, por lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente (Sánchez, 2007). El contenido de amilosa influye en la temperatura de gelatinización, es inversamente proporcional con 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 según De la Torre *et al.* (2008); pérdida de su orden cristalino, aumento en el tamaño de los gránulos, birrefringencia y la solubilización del almidón.

g. Viscosidad de pasta de almidón

Los cambios de viscosidad de las pastas durante el calentamiento de suspensiones de almidón en agua y la formación de geles durante el enfriamiento de las pastas calientes, describen las características funcionales del almidón. El comportamiento de la viscosidad desarrollada por las muestras durante el ciclo de calentamiento (de 50 a 90°C) refleja la capacidad de las partículas para absorber agua y la capacidad del almidón para hidratarse conforme la suspensión es calentada (Hoseney, 1991). Un almidón catiónico, después de ser gelatinizado y deshidratado, desarrolla una baja viscosidad, al rehidratarse por el contrario, un almidón nativo tiende a desarrollar la viscosidad a su máxima capacidad (Radosta *et al.*, 2004).

La amilopectina es la principal responsable del hinchamiento y viscosidad de la pasta de almidón (Tester y Morrison, 1990). Durante el hinchamiento de los gránulos, los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón se disocian y son reemplazados con puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, lo cual incrementa la viscosidad. La amilosa es el principal componente que lixivia el gránulo y la concentración de la amilopectina solubilizada, incrementa conforme la temperatura aumenta. En general, las propiedades de formación de pasta de los almidones son afectadas por la concentración de almidón, velocidad de calentamiento y esfuerzo de corte aplicado, contenido de amilosa del almidón, estructura molecular de la amilopectina, tamaño de gránulo y contenido de componentes minoritarios (Srichuwong y Jane, 2007).

2.2.3. COLOR EN LOS ALIMENTOS

El color es un atributo muy importante a la hora de medir la calidad de un alimento, y en base a este se identifican muchas de las propiedades del mismo, de hecho, el color es el primer contacto que tiene el consumidor con los productos y posteriormente, los juzga por sus demás características sensoriales como textura, sabor, etc. Esto es contundente, ya que cuando el color de un alimento cambia (manteniendo su forma, sabor, aroma, etc.), se obtiene una respuesta de rechazo de parte de los consumidores, o incluso, de los catadores entrenados.

Es por ello que los procesadores de alimentos prestan una atención muy especial, tanto a la coloración de los ingredientes, como a los cambios de coloración de los productos durante su procesamiento, ya que ambos aspectos van a determinar la coloración del producto final.

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, debido a las reacciones de caramelización y de Maillard (Badui, 2006). En ciertos alimentos líquidos, la coloración del alimento se debe al efecto de la dispersión de la luz, como es el caso de la leche, donde los causantes de dicha dispersión son principalmente los glóbulos de grasa, aunque las micelas de caseína, el fosfato de calcio coloidal, los carotenos y la riboflavina también inciden en la dispersión. Cuanto más pequeños son los glóbulos de grasa, mayor será el efecto de la dispersión y mayor la blancura de la leche (Jácome y Molina, 2008).

La mayoría de los alimentos vegetales deben su color a sus correspondientes pigmentos. Los principales pigmentos responsables de la coloración de los vegetales son: carotenoides, cuyo color varía de amarillo a naranja y rojo; clorofilas, el pigmento vegetal que más abunda en la naturaleza, las hojas de la mayoría de las plantas deben su color verde a este pigmento; antocianinas, responsables de los colores rojo, naranja, azul y púrpura; flavonoides,

pigmentos, generalmente amarillos; betalaínas, divididos en dos grandes clases, betacianinas de coloración rojo, y betaxantinas de color amarillo; y taninos, cuya coloración varía de amarillo-café a incoloro (Contreras, 2007).

2.2.3.1. El color

Todas las variedades de alimentos, indican una coloración de acuerdo fisiología lo que significa que se cosechan cuando estos alcanzan un grado de madurez interna adecuado, basado en su relación de sólidos solubles totales/acidez, para lo cual se hace necesario esperar a que esto suceda de forma natural en la planta y/o árbol (Morín, 1985). En este tipo de frutos los cambios que se producen a nivel fisiológico característicos de la madurez se dan de manera más gradual en el tiempo y no se ven acompañados por aumentos respiratorios o de la producción de etileno (Agustí, 2003).

El hecho de que alcancen la adecuada madurez no conlleva a que su color sea el apropiado, de manera que en la mayoría de ocasiones se tiene que realizar lo que se conoce como la desertización (Morín, 1985).

De todas formas, aunque el color para el caso zumos y cítricos no es un parámetro de madurez como tal, sí que se puede considerar de calidad puesto que los consumidores de este tipo de fruta esperan el color característico, siendo éste el naranja. Por otro lado, el color de la fruta también es uno de los criterios para la clasificación a nivel comercial. Los consumidores por lo general, son reacios a comprar fruta verde a excepción de las limas y los limones (Ladaniya, 2008).

CIE y Hunter *Lab* de acuerdo con los conceptos de CIE, el ojo humano tiene tres receptores del color: rojo, azul y verde y todos los colores son combinaciones de estos. Las notaciones usadas más comúnmente son el espacio cie Yxy diseñado en 1931, el Hunter $L a b$ desarrollado en 1948 para las medidas fotoeléctricas y el espacio de color cie $L^* a^* b^*$ diseñado en 1976 para dar diferencias más uniformes de los colores.

El color se mide por colorímetros en los cuales los sensores son filtrados para responder parecido al ojo humano. Muchos tienen conversores automáticos de

varias coordenadas de color (Abbott, 1999). El sistema CIE Lab, también expresado como $L^* a^* b^*$ o $L^*C^*h^*$, es un sistema de colores opuestos establecido por la CIE en 1986.

2.2.3.2. Elementos de la percepción del color

Para el correcto entendimiento de la percepción del color son fundamentales 3 elementos: la fuente de luz, el objeto y el observador. La interacción de estos elementos da como resultado la visualización del objeto por parte del observador, que puede ser el ojo humano o un equipo de medición de color.

Fuente de luz

Los cuerpos emisores de luz, como el sol o lámparas, emiten diferentes longitudes de ondas electromagnéticas que al estimular nuestros ojos provocan la sensación del color. La luz blanca del sol es un conjunto de ondas, dentro del espectro de 380 a 770 nm., (García, 2012), que al separarse en sus componentes se pueden ubicar los distintos colores que percibimos.

La luz puede provenir de fuentes naturales y artificiales, y en cada caso posee una serie de características. La luz natural es más difícil de controlar pues cambia constantemente de intensidad, dirección, calidad y color, mientras que en la luz artificial, todos los parámetros anotados anteriormente pueden controlarse (Monje, 2008).

Objeto

La luz que incide sobre un objeto es transformada de acuerdo a las características del mismo (forma, espesor, longitud, composición química, etc.), dando fenómenos como transmisión, reflexión, absorción y dispersión de estos, los más importantes para la percepción del color son la reflexión y la absorción, ya que cuando una luz blanca incide sobre el objeto, parte del espectro es absorbido, reflejando únicamente el espectro correspondiente al color del objeto. Sin embargo, los componentes reflejados dependen de la luz con la que se ilumine el objeto, debido a que si un objeto rojo es iluminado con una luz monocromática diferente de la roja, el objeto parecerá negro porque ese único componente será absorbido (García, 2012). La apariencia del color de un objeto

percibido por el observador se basa en tres atributos psicológicos: tono (hue), croma (chroma) y claridad (value) (Capilla *et al.*, 2002), que permiten identificar un color específico.

El tono es el primer atributo que describe un observador y está asociado con la longitud de onda del color dominante, sea este espectral o no (Camporeale y Dutt, 2006), y comprende matices como el rojo, amarillo, naranja, verde, azul y púrpura.

En la Figura 9.a. se observa cómo la combinación de matices alrededor del círculo cromático forma diferentes tonos dominantes y complementarios.

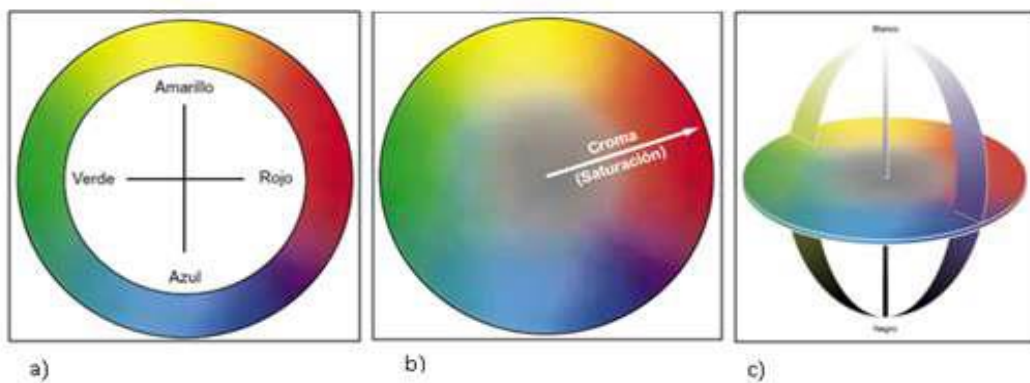


Figura 9. Círculo Cromático: a) Tono, b) Saturación, c) Claridad

El croma o saturación se refiere a la pureza cromática de un color respecto al gris; es decir, a medida que un color se satura, más puro es y menos gris posee (Netdisseny, 2009).

En la Figura 9.b se muestra la saturación según la tendencia de un color hacia el gris (centro) o al matiz puro (periferia). La claridad o valor es una magnitud que obedece al nivel de intensidad de luz, primaria o secundaria, que percibe el observador. Las variaciones en la claridad de un color, a medida que se añade blanco o negro a un tono, pueden alterar la apariencia de dicho color.

Observador

El ser humano percibe la sensación del color cuando la luz (primaria o secundaria) se refleja en la retina, la cual posee 2 tipos de sensores a la radiación electromagnética: los bastones y los conos, estos funcionan junto a un sistema

óptico para enviar la información captada a nuestro cerebro, que será finalmente el que nos muestre el color de los objetos.

Los bastones son células que detectan la intensidad de luz que llega a ellas, sin diferenciar las distintas longitudes de ondas de la radiación (Cortés, 2000); se activan en la oscuridad, permitiendo distinguir únicamente el negro, el blanco y distintos grises. Los conos, por el contrario, son los responsables de la percepción del color y se basan en el concepto triestímulo o tricromático, puesto que son estimulados únicamente por las fracciones de longitudes de ondas del espectro de luz blanca correspondientes al verde, rojo y azul; se encuentran densamente empaquetados en el centro de la fóvea, donde ocupan un campo visual de 2°, siendo así, la base del observador estándar de la CIE 1931 (Commission Internationale de l'Eclairage). En el año 1964 fue reemplazado por el observador 10° que incluía un campo de visión más amplio, abarcando una mayor cantidad de bastones en el campo de detección (MacDougall, 2002), más parecido a la visión humana. La Figura 10, muestra la cantidad de conos y bastones, según el ángulo del campo de visión.

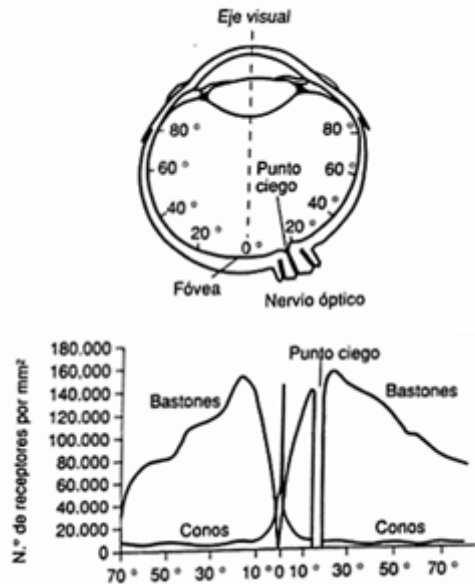


Figura 10. Distribución de conos y bastones en la retina
Fuente: Mac Dougall, (2002)

La respuesta del observador se obtiene con las “curvas del observador de patrón”, producto de la comparación de luces monocromáticas del espectro visible con muestra de los tres primarios (Calvo y Duran, 1997). En la Figura 10,

se muestran las curvas de sensibilidad espectral correspondiente al ojo humano, a las cuales se les conoce con el nombre de funciones de coincidencia.

2.2.3.3. Sistemas de medición de color

La percepción del color por parte del ojo humano está fundamentado por el principio tricromático, siendo el punto de partida en el desarrollo de los distintos sistemas de medición y representación del color que surgieron con la necesidad de mostrar valores de color que vayan más allá de la subjetividad descrita por un observador.

Un modelo de color es una fórmula matemática abstracta que describe cómo se representan los colores. Para ello, se basa en tablas numéricas compuestas normalmente por tres o cuatro valores o componentes de color (LaCie, s.f.). Es motivo por el cual, la CIE ha impulsado la utilización de sistemas comunes para normalizar una escala en base a un observador patrón, aunque aún existen escalas subjetivas, como él (Comisión International de L'Eclairage, 2012).

Cie L*a*b*

En este sistema cada color es definido por un único par de coordenadas cuadradas en un espacio tridimensional, calculado a lo largo de los ejes representados en la Figura 11, (Gonnet, *et al.*, 1992). Las coordenadas de color que se usan en CIELab son: L* (luminosidad), a* (componente rojo verde), b* (componente amarillo azul) y atributos cromáticos (croma), y h* (ángulo de tono) (Pardo, et al., 1997).

- Eje L*: eje vertical. Mide el factor de luminancia, que es el equivalente a la luminosidad. Valores bajos de L* corresponden a colores oscuros, de tal forma que L*= 0 corresponde al negro teórico, mientras que valores altos coinciden con medias más claras, siendo L*= 100 el blanco perfecto. Para cada valor de L* la cromaticidad del color es definido por sus coordenadas en los ejes a* y b
- Eje a*: eje horizontal. Valores positivos de a* equivalen al color rojo, y valores negativos al verde.

- Eje b*: eje horizontal y perpendicular al anterior. Valores positivos de b* corresponden al color amarillo, y los negativos al azul (McGuire, 1992). La utilización de colorimetría de triestímulos para medir el color, se ha extendido últimamente y dada su precisión, rapidez y comodidad está destinada a ser el principal método de análisis de color en fruto (Gil y Gracias, 2001).

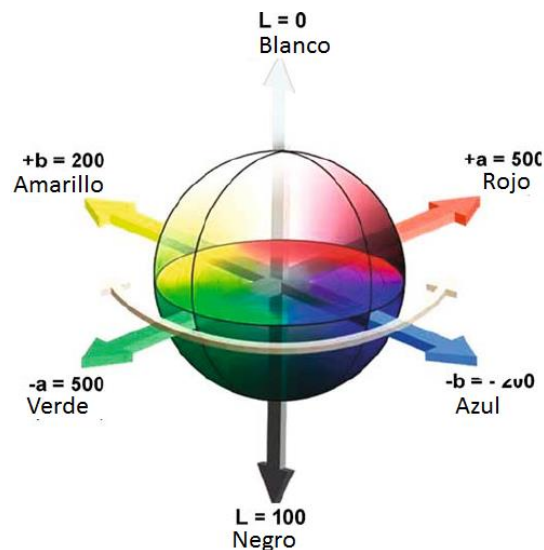


Figura 11. Modelo CIELab

CIE $L^*a^*b^*$ también puede ser expresada en coordenadas cilíndricas, donde las variables son: L^* , C^* el croma (saturación), h^* el tono; ciertas fuentes denominan a esta expresión cilíndrica CIELCH (X-Rite, Inc., 2002). Las ecuaciones para esta nueva forma son:

- El tono (H).- Angular o ángulo métrico de tonalidad H^* varía entre 0 y 360°.

$$H^* = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Ec. 01}$$

- El croma (C).- indica el grado de separación entre un tono determinado y un gris de la misma claridad. Tiene el valor 0 para estímulos acromáticos y, por lo general, no pasa de 150, aunque puede superar ese valor para estímulos monocromáticos.

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad \text{Ec. 02}$$

Es importante resaltar que Lab es una abreviatura informal que puede originar confusión entre el espacio de color Hunter Lab y CIELAB, y aunque tienen la misma finalidad y propósito, su construcción es diferente. Se recomienda utilizar CIELAB para nuevas aplicaciones, excepto donde los datos deban compararse con valores Hunter Lab ya existentes. La ventaja de este espacio de color es que es más objetivo, porque no depende del dispositivo, y además, una misma combinación de L, a y b, sirve para describir siempre el mismo color de forma exacta (Valero, 2011).

Las coordenadas de L*, a* y b* en CIELAB sirven para definir la ubicación de cualquier color en el espacio de color uniforme que muestra este sistema.

- Índice de color (IC*).- El color puede ser evaluado mediante la determinación del índice de color IC* obtenido por la expresión (10) donde L, a, y b son los parámetros del sistema color CIELAB. El parámetro L proporciona un valor de la Luminancia o brillo de la muestra. El parámetro a indica la zona de variación entre el rojo y el verde del espectro. El parámetro b se refiere a la zona de variación entre el amarillo y el azul del espectro.

$$IC^* = \frac{a \cdot 1000}{L \cdot a} \quad \text{Ec. 03}$$

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

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

$$BI = (100 \cdot (X - 0,31)) / 0,17$$

Ec. 04

Donde:

$$X = (a + 1,75 \cdot L) / (5,645 \cdot L + a - 3,012 \cdot b)$$

Ec. 05

CIE 1931

En 1931, la CIE se fundamentó en el principio tricromático, desarrollando un sistema en base a la igualación de colores mediante la mezcla de cantidades apropiadas de los tres estímulos fundamentales (rojo, verde y azul, RGB por sus siglas en inglés). Por deducción matemática, a partir de estos se idearon los colores primarios ideales X, Y y Z. Se analizaron cuatro condiciones para la caracterización de estos valores: fuentes estándar de iluminación, condiciones exactas de observación, unidades matemáticas apropiadas y curvas de un observador patrón. Pero el empleo rutinario de los valores X, Y y Z presentaron varios inconvenientes debido a que son difíciles al representar gráficamente, no son intuitivos para dar idea del color y son difíciles en interpretar en base sensorial (Calvo y Duran., 1997).

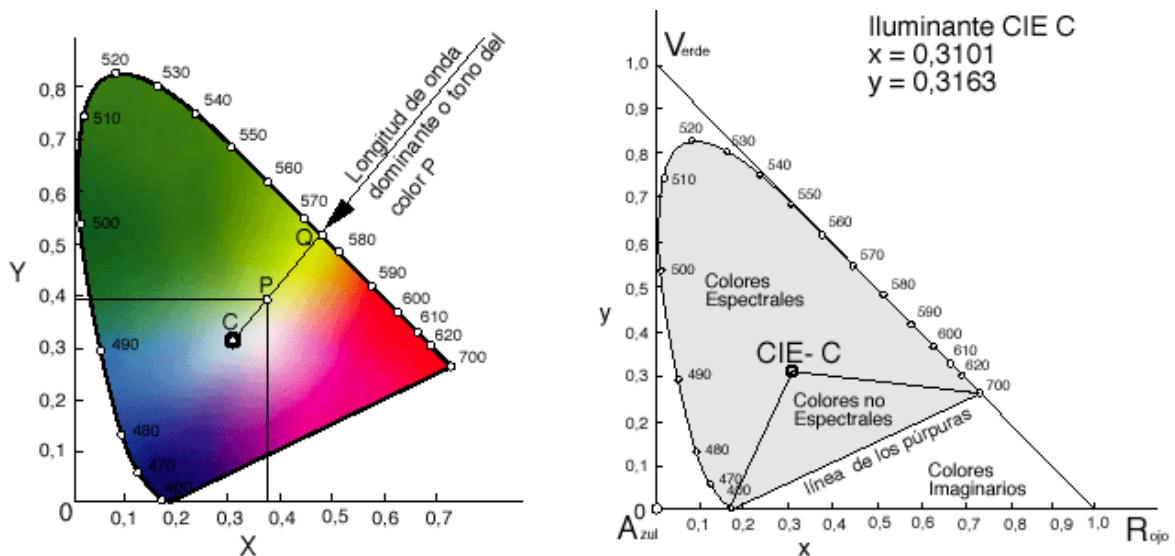


Figura 12. Diagrama de cromaticidad

El sistema de medición de color CIE x, y, Y no es visualmente uniforme, las constantes de tono (matiz) y croma (saturación) están distorsionadas y las distancias visualmente iguales en el diagrama de cromaticidad aumentan varias

veces entre la sección purpura-rojo a verde (MacDougall, 2002). Debido a que el esquema no representaba la uniformidad, se requería una mejora a un sistema más complejo, mediante transformaciones matemáticas para conseguir un sistema que describiese mejor el color.

Sistema de color Munsell

El éxito del sistema Munsell reside en un espaciado uniforme y en las escalas abiertas de croma, que ha obtenido aceptación internacional y también ha servido como base para la construcción de otros sistemas de color, incluyendo el CIELAB (Valero, 2011). Sus valoraciones reemplazaron el vocabulario impreciso de las denominaciones populares a los colores, como azul infernal y azul-celeste, colocando así matices opuestos como complementarios muy diferentes (Zelanski y Fisher, 2001).

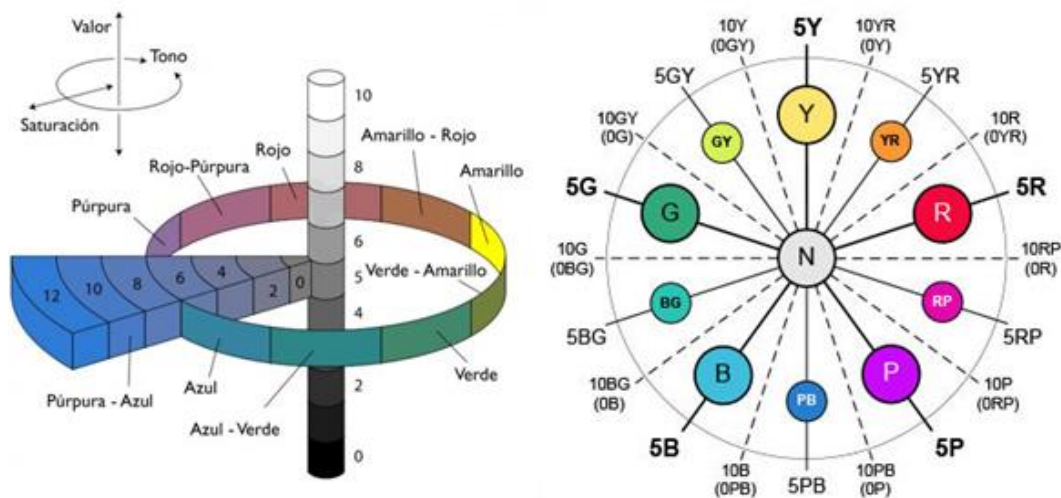


Figura 13. Sistema Munsell

Fuente: Valero (2011)

Las variables utilizadas por Munsell para describir los atributos del color son el tono (hue), la claridad (value) y el croma (chroma) (Capilla, et al., 2002). Como se observa en la Figura 13., la escala del tono está representada por 10 tonos (5 principales y 5 combinaciones) y cada uno está dividido en 10 segmentos. La escala de claridad corresponde al espacio comprendido entre 0 y 10, donde 10 es blanco y 0 negro. Finalmente, la escala de croma está comprendida entre 0 y

12, siendo 12 el espacio en el sistema donde se alcanza la máxima pureza del tono.

Hunter Lab

La escala de colores Hunter L, a, b es visualmente más uniforme que la escala de color CIE x, y, Y, y debido a esta uniformidad, es posible trazar diferencias entre valores de colores en el espacio.

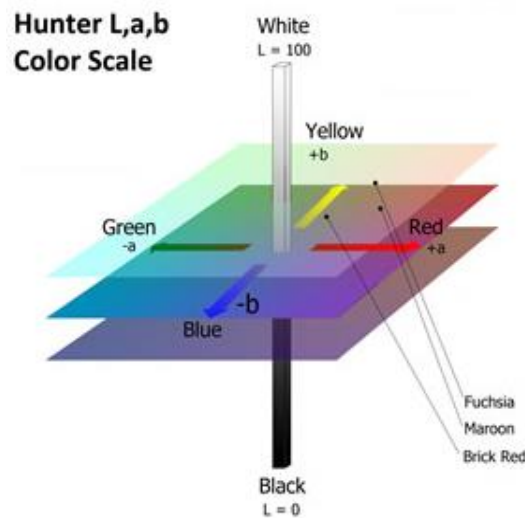


Figura 14. Escala de color Hunter Lab

Fuente: Cool Roof Rating Council (2012)

El espacio de color Hunter L, a, b está organizado en un cubo. En el eje L, 100 es la máxima valoración donde se produce una perfecta difusión del reflejo de luz, es decir, donde se obtiene un color blanco total; 0 es la mínima valoración y es donde se representa el color negro. Los ejes a y b no tienen límites numéricos específicos, valores positivos de a son rojos y negativos son verdes, valores positivos de b son amarillos y negativos son azules (Hunter Associates Laboratory, Inc., 2008). En la Figura 14, se observa un diagrama del espacio de color Hunter L, a, b.

2.3. MARCO CONCEPTUAL

PAPA NATIVA

Las papas nativas 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. (Túpac Yupanqui, 2001).

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 CO₂ atmosférico, es el principal polisacárido de reserva sintetizado por las plantas superiores (Beynum y Roels, 1985).

PROPIEDADES FUNCIONALES

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).

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.

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).

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).

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).

ABSORCIÓN DE AGUA

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

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 (Rios, 2014)

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 De la Torre *et al.* (2008);

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

El proyecto de investigación se realizó en los laboratorios de Química y Control de Calidad de la Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial (EPIA), de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA) ubicado en el barrio Santa Rosa, Av. 28 de Julio N° 1103, Distrito de Talavera – Provincia de Andahuaylas – Región Apurímac.

3.2. MATERIALES, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima e insumos

Papa nativa: de las variedades Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus, las cuales fueron recolectadas de los productores de la provincia de Andahuaylas.

3.2.2. Materiales, equipos, instrumentos y reactivos

Materiales

- 02 Cuchillos de acero
- 02 Morteros de porcelana con pilon
- Malla para tamizar de 200 micras.
- 02 Cucharas o Espátulas
- 01 Pizetas de plástico
- Soporte universal con plataforma
- Pinzas universales para soporte universal.
- Gradilla para tubos de ensayo.

Equipos

- Balanza analítica, capacidad 200 g.
- Licuadora domestica
- Colorímetro con espacio Cielab
- Centrifuga de 4000 rpm
- Espectrofotómetro UV-Visible
- Estufa de secado Memmert

- Termómetro Digital
- Baño maría
- Potenciometro

Reactivos

- KOH 1.0 N
- HCl 1.0 N
- Solución de Yodo al 2.0%
- NaOH 1.0 N
- Fenolftaleina

Instrumento de vidrio

- 05 Probeta 50 ml
- 04 Vasos 500 ml.
- 10 Vasos 250 ml.
- 10 Vasos 50 ml.
- 01 Pipetas 10 ml.
- 40 Tubos de ensayo de 10 ml.
- 02 Baguetas vidrio.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. Población

Se utilizó cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum andigena*), las cuales fueron recolectadas de la Asociación de Productores de papa del distrito de Pacucha, de la Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

3.3.2. Muestra

Las papas nativas seleccionadas de tal manera que no presenten magulladuras, golpes ni cortes, para lo cual se consideró 10 kg de muestra, debido a que el rendimiento de extracción se encuentra alrededor del 10% de acuerdo a estudios en otras variedades, y que la cantidad de almidón extraído sería la suficiente como para poder realizar pruebas por triplicado.

3.3.3. Unidad de análisis

Estuvo referida al almidón extraído de cada variedad de papa nativa, a las cuales se evaluó las propiedades funcionales y el color.

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

- Investigación aplicada

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

- Según el objeto de estudio

Explicativa

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

- Según el tipo de datos empleados

Cuantitativa

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

- Según la manipulación de variables

Experimental

Debido a que se manipulo variables de estudio: Variedad de papa nativa; el cual se denominó factor o fuente de variabilidad. Asimismo se consideró experimental debido a que se aleatorizo los experimentos o tratamientos a fin de obtener muestras representativas, esto se representó a través de una matriz de diseño experimental.

- Según el tipo de inferencia

hipotético-deductivo

Debido a que a partir de suposiciones o hipótesis se probó la validez científica de los resultados encontrados para el rendimiento de extracción, comportamiento de las propiedades funcionales y color del almidón de cuatro variedades de papa nativa, mediante la observación de hechos o comportamiento de datos que permitió deducir una respuesta explicativa y sustentada a través de la comprobación estadística de la hipótesis.

- Según el periodo temporal

Longitudinal

Será longitudinal debido a que tomó los datos del comportamiento del rendimiento de extracción, las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa, a lo largo del desarrollo de los experimentos o tratamientos

- Según la relación de variables

Correlacional

Debido a que se estudió la relación entre las variables de entrada y respuesta, a fin de explicar el efecto de una variable con otra.

3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.5.1. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

El presente experimento correspondió a una investigación tecnológica y correlacional, en la cual se evaluó el rendimiento de extracción de almidón, las propiedades funcionales del almidón, así como el color, todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

3.5.1.1. Acondicionamiento de la materia prima

Las papas nativas como materia prima, fueron seleccionadas teniendo en cuenta los siguientes criterios: sin presencia de cortes, golpes o magulladuras, sin

presencia de zonas putrefactas; de esta manera la materia prima fue llevada a un ambiente refrigerado a 10°C, con el fin de evitar estrés térmico.

3.5.1.2. Extracción del almidón

Se considero la metodología propuesta por Tovar (2008), con algunas modificaciones, de acuerdo a la siguiente descripción:

Se pesó 10 kg de papa nativa y se lavará con abundante agua fresca, a fin de eliminar impurezas propias de la materia prima, enseguida se trozará en tamaños pequeños de 1cm de arista en promedio, luego se molerá en una licuadora casera domestica a máxima velocidad por 2 minutos. La suspensión se tamizó en mallas 100 (0.150 mm) y 200 (0.075 mm) U.S., los residuos fueron lavados con agua destilada hasta que el líquido obtenido presentara un color transparente, es decir hasta que el líquido de salida no tenga aparentemente residuos de almidón.

La suspensión obtenida se centrifugo a 29774 g por 20 minutos y se descartó el sobrenadante. Se formó dos fases sólidas, la superior de color gris (compuesta por proteína, lípidos y gránulos de almidón pequeños que no alcanzaron a separarse) y la inferior de color blanco (almidón), la cual se resuspendio en agua destilada.

El almidón se lavó con agua destilada tres veces y nuevamente se centrifugará. El almidón húmedo se llevará a un secador de bandejas de aire caliente a 40 - 43 °C por 24 h, enseguida se molerá en un mortero, el polvo de almidón molido se tamizará a través de una malla 200 U.S., para después almacenarlos en frascos de vidrio hasta su uso, tal como se muestra en la Figura 14.

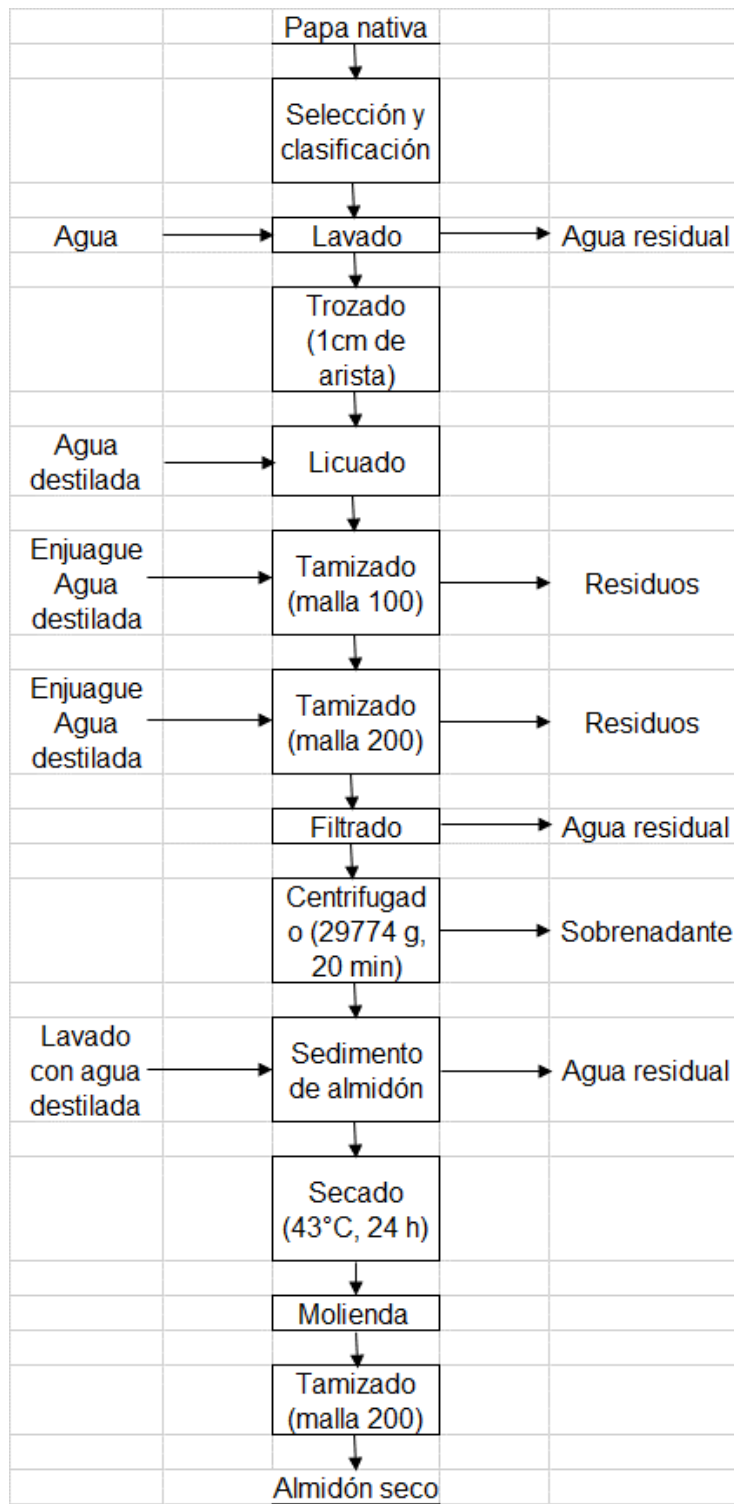


Figura 14. Diagrama de flujo de extracción de Almidón nativo
Fuente: Tovar (2008)

3.6. METODOS EXPERIMENTAL

3.6.1. Rendimiento de extracción

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

$$\%R = \frac{W_a}{W_p} * 100 \quad \text{Ec. 06}$$

Donde: %R, rendimiento de extracción (%); W_a , peso del almidón extraído; W_p , peso inicial de papa nativa.

3.6.2. Determinación del índice de absorción de agua - IAA, índice de solubilidad en agua - ISA y poder de inchamiento – PH.

Se siguió el método propuesto por Anderson *et al.* (1969), que consistió en pesar 2,5 g de almidón en una balanza analítica, se adiciono 50 mL de agua destilada y se agito durante 30 min. Se tomó un alícuota de 6 mL de la suspensión formada y se centrifugó a 3000 g por 15 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 07, 08, 09 y 10.

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

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

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

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

3.6.3. Claridad de la pasta

Se tomó el método propuesto por Craig *et al.* (1989), que consistió en, pesar en tubos de centrifuga 200 mg de almidón (bs), suspender el almidón en 20 mL de agua destilada, colocar los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, agitar la suspensión cada cinco minutos, enseguida y después de pasados 30 minutos colocar la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y dejar enfriar a temperatura ambiente. Leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

3.6.4. Temperatura de gelatinización

Se consideró la metodología propuesta por Fernández (2008), que consistió en pesar 10 g de almidón, y se disolvió en agua destilada hasta completar a 100 mL, enseguida se calentó agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C, y se tomó 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL, se introdujo el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C, y se agitó con el termómetro constantemente la suspensión hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos, se realizó la lectura de la temperatura de gelatinización.

3.6.5. Determinación del porcentaje de pulpa

Se utilizó la metodología propuesta por Grace (1977), esta prueba permite determinar con relativa facilidad la presencia de pequeñas cantidades de fibra en el almidón. El volumen del sedimento medido depende, en cierto modo, de la finura de la fibra. La presencia de cualquier indicio de fibra, pulpa u otra impureza son determinadas por medio de una hidrólisis ácida moderada del residuo de la muestra.

Para ello se tomó 3 g de almidón de papa nativa, y se hizo hervir durante una hora en 100 mL de ácido clorhídrico 0,4 por ciento, enseguida se filtró el líquido en un crisol filtrante, previamente pesado, provisto de papel filtro Whatman N° 1, y se lavó con agua caliente, enseguida se secó el crisol a 105-110 °C hasta peso constante.

El porcentaje de pulpa se determinó de acuerdo a la Ecuación 11.

$$\%PP = \frac{\text{Peso de crisol secado (g)} - \text{peso de crisol vacío (g)}}{\text{Peso muestra analizada (g)}} \quad \text{Ec. 11.}$$

3.6.6. Determinación de acidez titulable y pH

Se consideró el método propuesto por ISI (1999)

La medida de pH se realizó considerando los siguientes pasos:

- Calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0

- Mezclar 20,0 g de almidón con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos
- Filtrar a través de un papel filtro Whatman N°1
- Tomar una alícuota y medir el pH con una cifra decimal

Por otra parte la acidez se determinó de la siguiente manera:

Se tomó 50 mL del filtrado y tituló con hidróxido de sodio 0,1 N utilizando fenolftaleína como indicador, y titular hasta neutralización, y calcular la acidez como meq de ácido láctico/g de almidón, a través de la Ecuación 12.

$$N_a x V_a = N_b x V_b \quad \text{Ec. 12.}$$

N_a , normalidad del ácido; V_a , del ácido; N_b , normalidad de la base; V_b , volumen de la base.

3.6.7. Determinación del color

Se modificó la metodología propuesta por Von *et al.* (2005). El color se determinará mediante un colorímetro y se obtendrá lecturas de los valores L^* (Luminosidad), a^* (cromaticidad rojo-verde) y b^* (cromaticidad amarillo-azul).

Para determinar el color de las papas nativas se tomaron al azar 03 unidades de papa nativa de una variedad, se realizó un corte transversal a una papa nativa e inmediatamente se hizo la lectura en el espacio $L^* a^* b^*$ y se anotaron los valores reportados, de esta manera se proseguio para las dos restantes, este procedimiento se realizó para las demás variedades

Para el caso del almidón de papa nativa, esta se colocó y acondicionó en el cartucho para muestras en polvo del colorímetro, y se realizó la lectura en el espacio $L^* a^* b^*$ y se anotó los valores reportados, en seguida se tomó otra muestra aleatoria del almidón de la misma variedad y se procedió a medir el color, repitiendo esta operación hasta tres veces, y para cada variedad en estudio.

3.7. MATRIZ DE DISEÑO EXPERIMENTAL

3.7.1. Tipo de diseño experimental

El diseño experimental fue un Diseño Completamente al Azar – DCA, debido a que se manipulara una sola variable: La variedad de papa, tal como se muestra en la Tabla 3.

El modelo estadístico para este diseño está dado por la Ecuación 13.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ec. 13}$$

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 las variables de salida (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 variabilidad para evaluar el modelo propuesto en la ecuación 13 son: las variedades de papa (tratamientos) y el error aleatorio.

Tabla 3. Diseño experimental del tipo DCA

Orden	Variable de entrada			
	Tratamientos	Objetivo 01 Rendimiento	Objetivo 02 Prop. funcionales	Objetivo 03 Color (L* a* b*)
3	Variedad 02	---	---	---
1	Variedad 01	---	---	---
4	Variedad 04	---	---	---
2	Variedad 03	---	---	---

A. VARIABLES INDEPENDIENTES O DE ENTRADA

Variedad de papa nativa

B. VARIABLES DEPENDIENTES O DE SALIDA

Rendimiento (%)

Propiedades funcionales

Color L*a*b*

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

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

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

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

La prueba de hipótesis se evaluó a un nivel de significancia - α del 5%, considerando el siguiente criterio:

Se rechaza H_0 si $\alpha > p$ -value o probabilidad evaluada.

Al rechazo de la H_0 del ANOVA, se aplicó 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 aplicó para probar la Hipótesis nula siguiente:

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

Para el caso del color de papa se aplicara tanto el test de Tukey y Dunnett, este último debido a que se comparara 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.

Esta hipótesis se probará considerando un nivel de significancia del 5%.

CAPITULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN

El porcentaje de extracción de almidón de las variedades en estudio de papa nativa muestran diferencia significativa (p -value < 0.05) (Anexo 01), siendo mayor para la variedad Puka viruntus (PK) alcanzando 13.03 ± 0.09 % (Tabla 4), seguido de la variedad Phusi k'achun waqachi (PKW) alcanzando 12.94 ± 0.08 %, aunque estas dos variedades reportan valores estadísticamente similares (letras iguales en la Tabla 4), mientras que la variedad Waka waqra reporto extracción de almidón menor de 12.30 ± 0.08 %, los resultados encontrados también se encuentran en la Figura 15.

Tabla 4. Porcentaje de extracción de almidón por variedades

Variedad	Extracción (%)			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	12.30	\pm 0.08	0.63	0.63	A
Alq'a wayruru	12.53	\pm 0.07	0.52	0.52	B
Phusi k'achun waqachi	12.94	\pm 0.08	0.63	0.63	C
Puka viruntus	13.03	\pm 0.09	0.67	0.67	C

**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 01
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

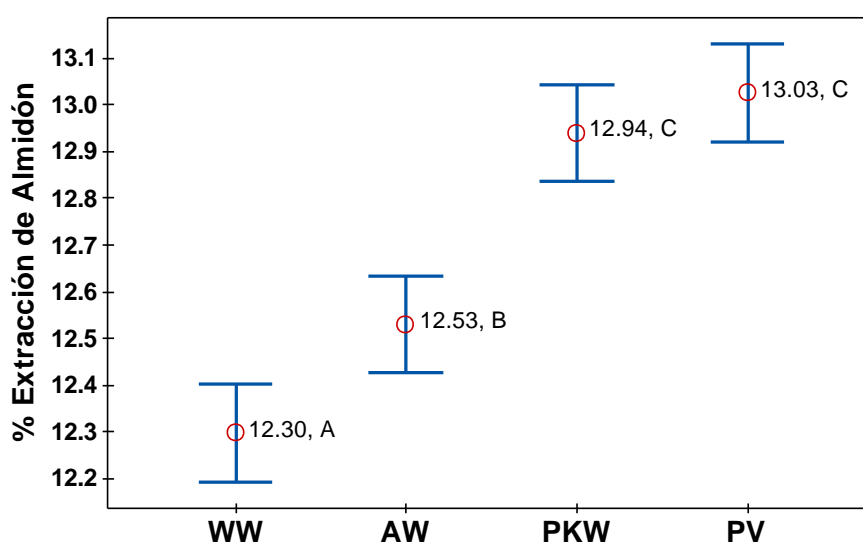


Figura 15. Diagrama de medias de la extracción del almidón

Cáceres (1991), menciona que los rangos normales de almidón varían entre un 15,56% y 17,76%, y contenidos menores no la harían recomendable para la extracción de almidón, aunque Melian (2010) reporta valores que fluctúan entre 15,86% y 29,77% para la extracción por el método de centrifugación y decantación natural respectivamente, sin embargo Loyola *et al.*, (2010) reportan valores de 13.58 y 14.46% para papa cultivada convencionalmente y orgánicamente respetivamente, para papa nativa cultivadas en la provincia de Andahuaylas Leguía (2017), encontró valores similares para variedades como Puma maqui ($11.36 \pm 0.18\%$), Cuchi pelo ($13.55 \pm 0.30\%$), Yana Palta ($12.34 \pm 0.22\%$) y Qayma Marcela ($12.19 \pm 0.14\%$), estos valores reportados se encuentran dentro los rangos encontrados para las variedades en estudio.

La cantidad de almidón extraído dependerá de la materia seca Zárate (2013) indica que está condicionado a la madurez del tubérculo en el momento de la extracción, puesto que el almidón inicia el proceso de hidrólisis después de cosechado el tubérculo, por otra parte Arcila (2002) considera que el contenido de almidón se reduce gradualmente a medida que el fruto madura y es importante extraer el almidón una vez se cosecha la papa, de otro lado Alonso (1996) indica que en un ambiente seco las pérdidas por evaporación son grandes y los tubérculos se ablandan o arrugan. Es por esto que aumenta el contenido de sólidos y es de esperar que se obtengan valores altos de peso específico y porcentaje de materia seca

4.2. CUANTIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES

4.2.1. TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN – TG

En cuanto a la Temperatura de gelatinización, se encontró que la variedad Waka waqra presentan mayor valor 63.5 ± 0.2 °C, de esta manera los resultados muestran diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$) (Anexo 02), aunque las variedades Alq'a wayruru y Phusi k'achun waqachi mostraron valores de 60.7 ± 0.2 °C y 61.0 ± 0.2 °C respectivamente siendo estas estadísticamente similares (letras iguales en la Tabla 5), mientras que la variedad Puka viruntus presentó menor temperatura de gelatinización (60.3 ± 0.2 °C), estos resultados también se muestran en la Figura 16.

Tabla 5. Temperatura de gelatinización por variedades

Variedad	TG (°C)			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	63.5	\pm	0.2	0.3	A
Alq'a wayruru	60.7	\pm	0.2	0.3	B
Phusi k'achun waqachi	61.0	\pm	0.2	0.3	B
Puka viruntus	60.3	\pm	0.2	0.4	C

**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
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

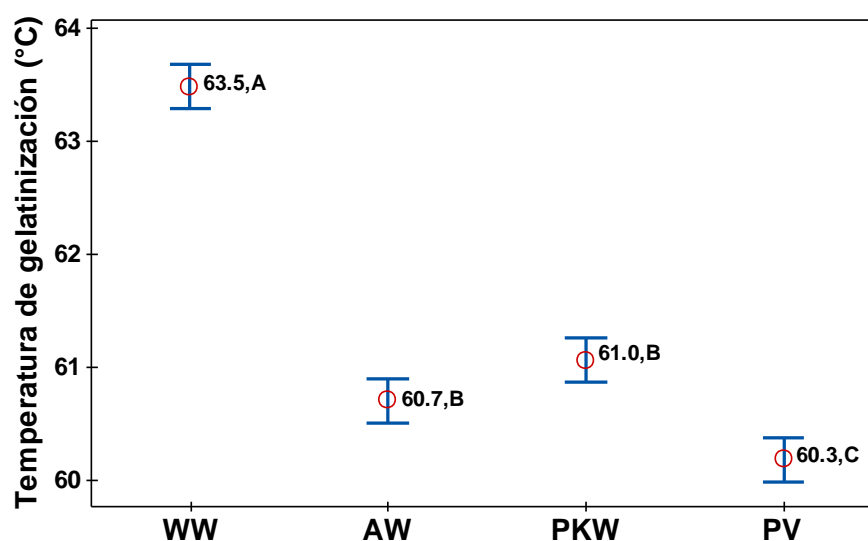


Figura 16. Diagrama de medias de la Temperatura de gelatinización

Para Leguía (2017), la temperatura de gelatinización fue de 63.4 ± 0.2 °C para la papa nativa de la variedad Puma maqui, para Cuchi pelo 61.4 ± 0.1 °C, para Yana Palta 60.9 ± 0.1 °C y para la variedad Qayma Marcela 59.9 ± 0.3 °C, asimismo Díaz (2015) encontró valores en el rango de 63.9-70.0 °C para distinta variedades de papa nativa, estos valores se encuentran dentro del rango encontrados por Villacrés y Espín (1999), Alvis *et al.* (2008), Lindeboom *et al.* (2004), Zarate *et al.* (2014). Por otra parte Hernández *et al.* (2008), al estudiar los almidones de tubérculos de makal (*Xanthosoma yucatanensis*), camote (*Ipomea batata*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y sagú (*Marantha arundinacea*), encontró valores de 78,4, 61,3, 65,2 y 74,9 °C, respectivamente, asimismo Torres *et al.* (2013), reporto que para el almidón de pituca blanca y morada (*Colocasia esculenta*) la temperatura de gelatinización fue de 55 ± 2 °C y 54 ± 2 °C respectivamente.

La variación de la temperatura de gelatinización del almidón de papa varia 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 (Waniska y Gómez, 1992), otro aspecto a considerar es el contenido de amilosa pues influye inversamente en la temperatura de gelatinización, ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa (Landires *et al.* 2013.).

4.2.2. ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA – ISA

El índice de solubilidad (ISA) de las variedades de papa nativa se presenta en la Tabla 6, se observa que las variedades Waka waqra y Phusi k'achun waqachi, muestra altos valores 11.43 ± 0.01 y 11.46 ± 0.02 g solubles/g almidón respectivamente, mientras que la variedad Alq'a wayruru presenta el valor más bajo 7.13 ± 0.00 g solubles/g almidón, así al aplicar la evaluación de diferencia significativa a través del ANOVA (Anexo 03) se observa que presentan diferencia significativa, $p\text{-value} < 0.05$, no obstante a través del test Tukey se aprecia que las variedades Waka waqra y Phusi k'achun waqachi no difieren significativamente (letras iguales en la Tabla 6), tal como se aprecia en la Figura 17.

Tabla 6. Índice de solubilidad en agua por variedades

Variedad	g solubles/g			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	11.43	\pm	0.01	0.10	A
Alq'a wayruru	7.13	\pm	0.00	0.07	C
Phusi k'achun waqachi	11.46	\pm	0.02	0.19	A
Puka viruntus	8.92	\pm	0.09	1.06	B

**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 03
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

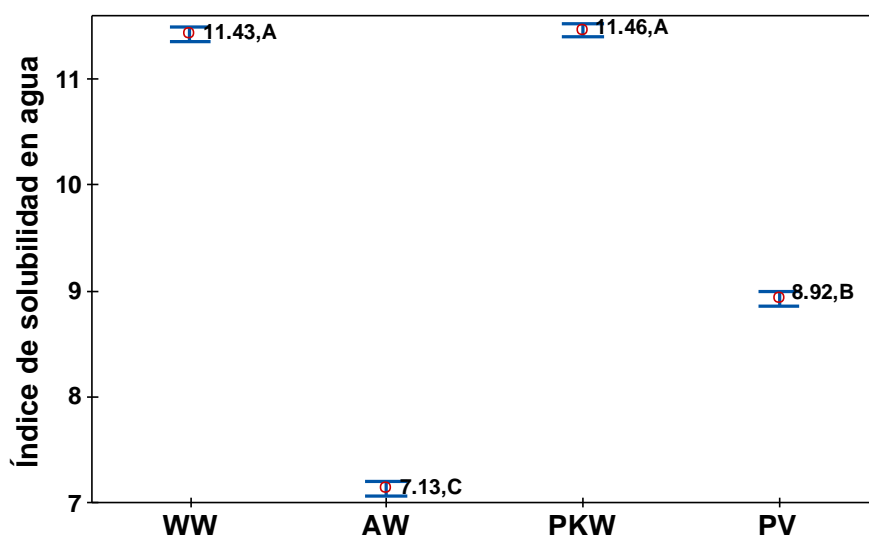


Figura 17. Diagrama de medias del Índice de solubilidad en agua

Leguia (2017), reporta valores que se encuentran alrededor de los resultados encontrados para la variedad Cuchi pelo (12.60 ± 0.04 g solubles /g) y la variedad Yana palta (8.60 ± 0.04 g solubles /g), aunque Díaz (2015) reporta valores que oscilan entre 2.03 - 2.85 g solubles/g, para las variedades Ccompis, Huamantanga, Putis y Qeccorani, esta diferencia de valores se debe sobre todo al hecho del medio de extracción ya sea ácido o alcalino, puesto que Sánchez (2007) reportó valores de ISA de 30.6 g/100 g para almidones modificados catiónicos tratados con NaOH al 0.11 y 0.15%, cuyos valores son bastantes bajos en comparación a los resultados encontrados en el presente trabajo.

4.2.3. ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA – IAA

El índice de absorción de agua de las variedades de papa nativa se presenta en la Tabla 7, de ella se desprende que la variedad Alq'a wayruru reportó 14.87 ± 0.13 g gel/g almidón, seguido de la variedad Puka viruntus 10.20 ± 0.03 g gel/g almidón, mientras que la variedad Phusi k'achun waqachi alcanzó el valor bajo 7.02 ± 0.01 g gel/g almidón, de esta manera se observó que el IAA presenta diferencia significativa evaluado a través del ANOVA, es decir $p\text{-value} < 0.05$, y que al realizar la prueba Tukey ningún par de variedades es similar estadísticamente, este hecho puede observarse a través de la Figura 18.

Tabla 7. Índice de absorción de agua por variedades

Variedad	g gel/g			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	8.63	\pm	0.07	0.79	A
Alq'a wayruru	14.87	\pm	0.13	0.85	B
Phusi k'achun waqachi	7.02	\pm	0.01	0.11	C
Puka viruntus	10.20	\pm	0.03	0.27	D

**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
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

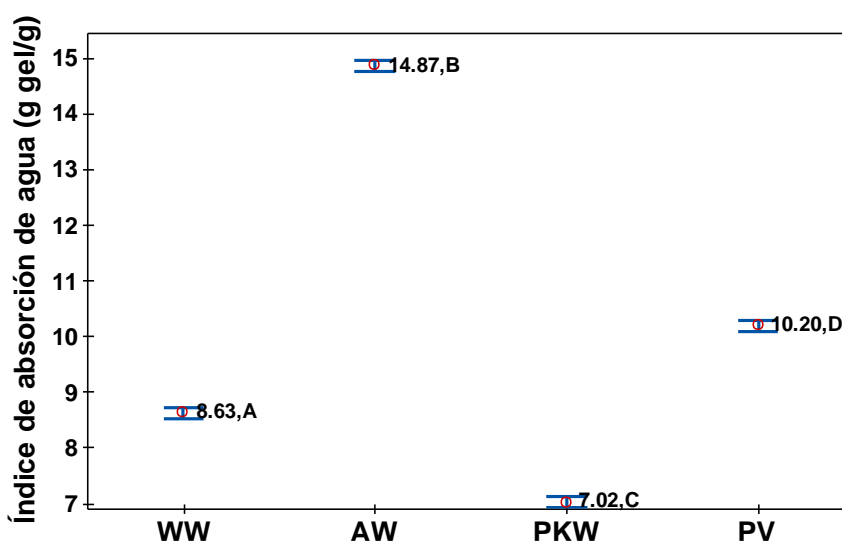


Figura 18. Diagrama de medias del Índice de absorción de agua

Estos resultados encontrados se asemejan a lo reportado por Leguía (2017), quien encontró para papa nativa de la variedad Yana Palta valor del IAA 12.02 ± 0.05 g gel/g de almidón y para la variedad Cuchi pelo 6.64 ± 0.11 g gel/g de almidón, de la misma manera Díaz (2015) encontró valores del IAA de papa nativa de las variedades Ccompis, Huamantanga, Putis y Qeccorani cuyos valores oscilan entre de 6.332 - 10.278 g gel/g almidón, de otro parte para Rodríguez *et al.*, (2012) mostro valores del IAA de 12.03 ± 0.19 g de gel/g almidón de papa, Torres *et al.* (2013), encontró valores del IAA de $1,79 \pm 0.1$ y $1,88 \pm 0.02$ g gel/g de almidón extraídos de *Colocasia esculenta* (Pituca) blanca y morada respectivamente, la diferencia de los valores del IAA se debe principalmente al contenido de lípidos en el almidón (Beymun y Roels, 1985), así como al tamaño de moléculas de las mismas (Alvis *et al.*, 2008), la fuente biológica, y la forma del granulo del almidón (Lindeboom *et al.*, 2004).

4.2.4. PODER DE HINCHAMIENTO - PH

Respecto al poder de hinchamiento, se observó que la variedad Puka viruntus presentan mayor PH 15.85 ± 0.04 g sedimento/g, seguido de la variedad Alq'a wayruru con 15.42 ± 0.03 g sedimento/g, mientras que la variedad Waka waqra logró un valor de PH 8.42 ± 0.01 g sedimento/g, estos valores distan unas de otras es decir muestran diferencia significativa, p-value < 0.05, evaluadas a través de un ANOVA (Anexo 5), de la misma manera la realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, se observó que todas la variedades muestra diferencias unas de otras, tal como se aprecia en la Figura 19.

Tabla 8. Poder de hinchamiento por variedades

Variedad	g sedimento/g			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	8.42	\pm	0.01	0.11	A
Alq'a wayruru	15.42	\pm	0.03	0.17	B
Phusi k'achun waqachi	8.65	\pm	0.01	0.13	C
Puka viruntus	15.85	\pm	0.04	0.24	D

**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 05
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

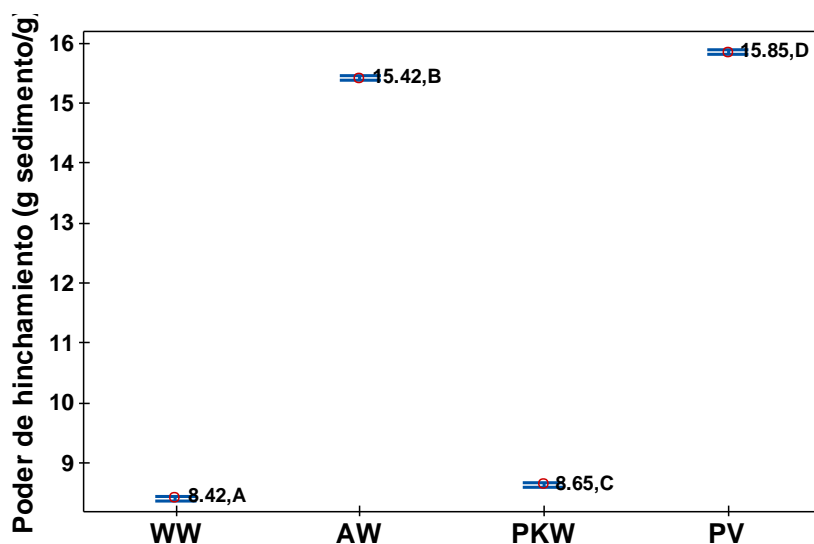


Figura 19. Diagrama de medias del Poder de hinchamiento

Para Leguía (2017), los resultados de PH para las variedades Puma maqui, Cuchi pelo, Yana Palta y Qayma Marcela, fueron similares a las variedades Waka waqra y Phusi k'achun waqachi, mientras que la variedad Yana Palta

(15.80 ± 0.05 g sedimento/g) reporto valores similares a Alq'a wayruru y Puka viruntus

Este hecho de la diferencia de valores de PH se debe a la estructura e interacción de las moléculas de la amilopectina y amilosa contenidas en el almidón (Yuan *et al.*, (2007), por otra parte Liu *et al.* (2003) indican que este hecho se debe al contenido de lípidos y fósforo, bajo la forma de fosfatos pues los tubérculos como la papa 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 (Fortuna *et al.*, 2000), sin embargo la absorción de agua fría provoca que el gránulo presente un hinchamiento, incrementando el tamaño de su diámetro hasta un 10% (Singh y Singh, 2003).

4.2.5. CLARIDAD DE PASTA – CP

En la Tabla 9, se presenta los valores de la claridad de pasta para el almidón de las variedades de papa nativa, es así que la variedad Waka waqra presenta alta claridad 89.87 ± 0.4 como porcentaje de transmitancia, mientras que la variedad Puka viruntus presento el valor más bajo 67.77 ± 0.7%, de hecho las variedades presentan valores con diferencia significativa, p-value < 0.05, evaluados a través de un ANOVA (Anexo 6), y test de Tukey.

Tabla 9. Claridad de pasta por variedades

Variedad	% Transmitancia			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	±	s		
Waka waqra	89.87	±	0.4	0.4	A
Alq'a wayruru	79.37	±	0.7	0.8	B
Phusi k'achun waqachi	75.73	±	1.0	1.4	C
Puka viruntus	67.77	±	0.7	1.0	D

**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 06
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

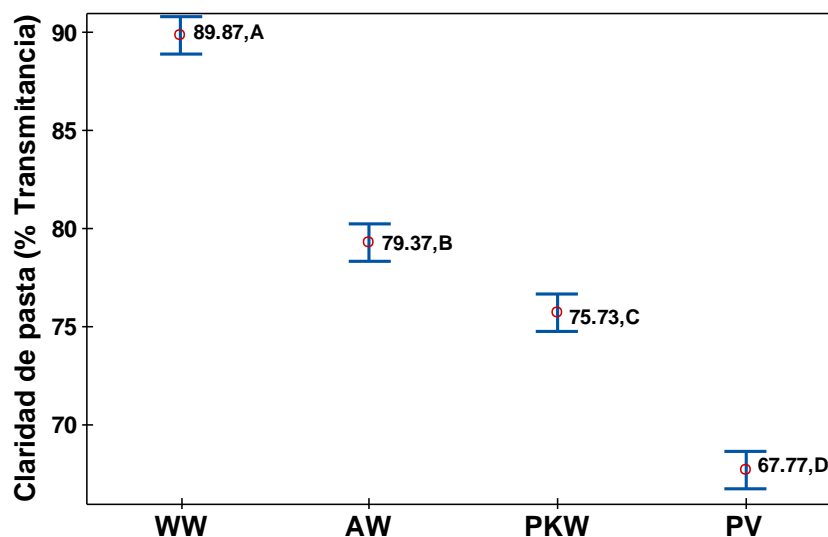


Figura 20. Diagrama de medias de la Claridad de pasta

Leguía (2017), mostro valores para esta propiedad para variedades de papa nativa como Cuchi pelo 82.35 ± 0.6 %T, Qayma Marcela 75.98 ± 0.4 %T y Puma maqui 61.43 ± 0.7 %T, y la variedad Yana palta (37.59 ± 0.5 %T), estos valores son similares a los encontrados en el presente trabajo, por otra parte Meaño *et al.* (2014) observó valores de claridad de pasta del 91%T para ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.).

La diferencia de valores de claridad de pasta se debe a que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados (Novelo y Betancur, 2005), del mismo modo Aristizábal y Sánchez (2007) menciona 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, es así que 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 empleen como espesantes (Betancur-Ancona *et al.*, 2001), no obstante 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), 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.

4.2.6. pH y ACIDEZ

En la Tabla 10 se presenta los valores del pH, se observa que los valores oscilan entre 6.79 a 6.34, siendo que el mayor valor lo presenta la variedad Waka waqra con 6.79 ± 0.07 , asimismo se observó que presentan diferencia significativa, p -value < 0.05 , evaluado a través del ANOVA (Anexo 07), y al evaluar la diferencia entre pares a través del test de Tukey se observó que son diferentes (letras diferentes en la Figura 21).

Esta diferencia de valores del pH se pudiera deber a la fermentación acida que presenta el almidón, sin embargo los resultados encontrados se asemejan a otros valores de almidones de arroz, achira y yuca, oscilaron entre 5.5 y 6.5 tal como lo reporta Rowe *et al.* (2003), aunque valores normales de pH del almidón deberían estar entre 6.0 a 6.5 (Aristizabal y Sánchez, 2007).

Tabla 10. pH del almidón por variedades

Variedad	pH			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	6.79	\pm 0.07	0.07	0.98	C
Alq'a wayruru	6.53	\pm 0.08	0.08	1.16	B
Phusi k'achun waqachi	6.34	\pm 0.03	0.03	0.40	A
Puka viruntus	6.38	\pm 0.04	0.04	0.59	A

**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
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

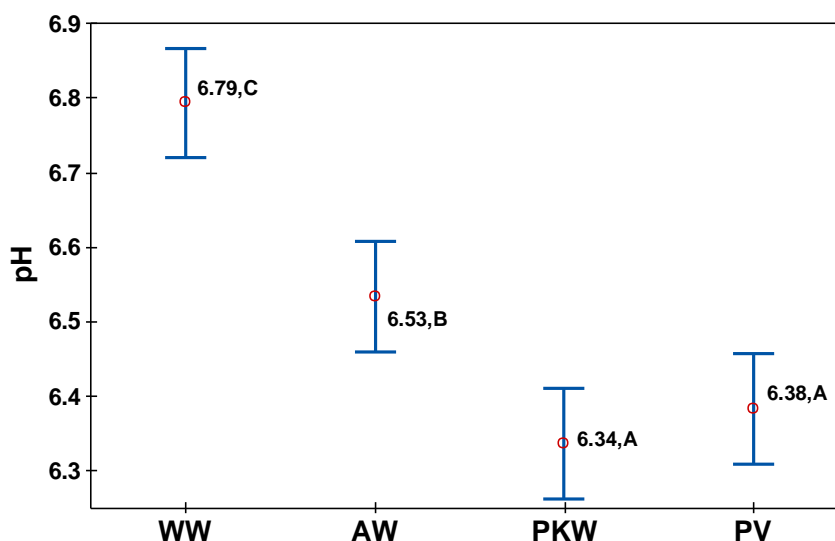


Figura 21. Diagrama de medias del pH del almidón

En cuanto a la acidez de los almidones, se observó que la variedad Waka waqra presento mayor valor 0.0048 ± 0.0003 meq ácido láctico/g (Tabla 21), mientras que la variedad Phusi k'achun waqachi reporto 0.0022 ± 0.0002 meq ácido láctico/g, así los resultados de acidez muestran diferencia significativa, p -value < 0.05 (Anexo 08), y a través del test Tukey, tal como se aprecia en la Figura 22, los valores encontrados se encuentran dentro de los rangos establecidos para almidones reportados por Aristizabal y Sánchez (2007).

Tabla 11. Acidez del almidón por variedades

Variedad	meq ácido láctico/g			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	0.0048	\pm 0.0003		6.25	A
Alq'a wayruru	0.0039	\pm 0.0002		5.38	B
Phusi k'achun waqachi	0.0022	\pm 0.0002		6.84	C
Puka viruntus	0.0030	\pm 0.0002		6.86	C

**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
 \bar{x} , promedio; s, desviación estándar, C.V., coeficiente de variabilidad

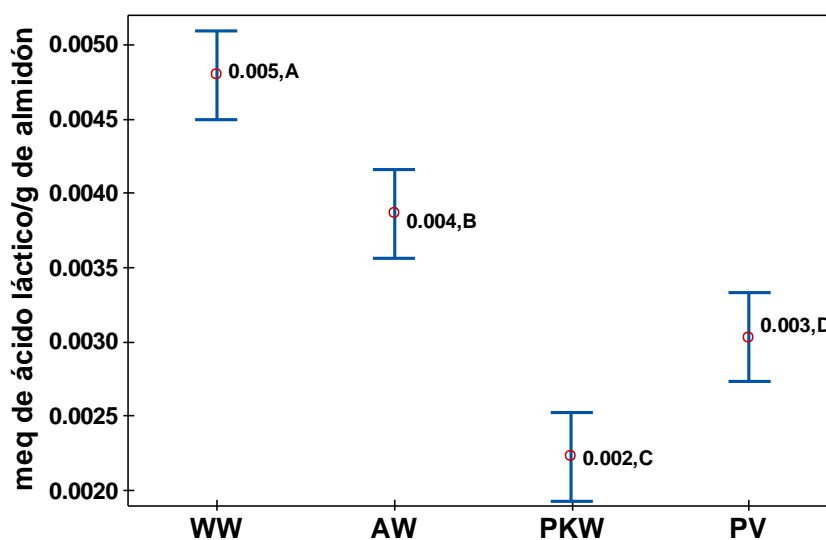


Figura 22. Diagrama de medias de la acidez del almidón

4.2.7. PORCENTAJE DE PULPA – PP

Una forma de determinar indirectamente pequeñas cantidades de fibra en almidones, esta evaluada a través del sedimento solido del almidón, para Aristizabal y Sánchez (2007), este valor debería estar alrededor de 0.3% de pulpa en almidones de calidad, de esa manera se observó que la variedad Alq'a

wayruru presento mayor valor (0.37 ± 0.01 %) (Tabla 12) mientras que las demás variedades presentan valores menores, asimismo se observó que las variedades muestran diferencia significativa, p -value < 0.05 evaluado a través del ANOVA, no obstante la variedad Waka waqra y Puka viruntus presentan valores estadísticamente iguales, así como la variedad Phusi k'achun waqachi y Puka viruntus, tal como se aprecia que la Figura 23

Tabla 12. Porcentaje de pulpa del almidón por variedades

Variedad	porcentaje			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	0.29	\pm	0.02	6.33	A
Alq'a wayruru	0.37	\pm	0.01	2.68	C
Phusi k'achun waqachi	0.25	\pm	0.01	3.39	B
Puka viruntus	0.28	\pm	0.02	7.80	A,B

**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 09

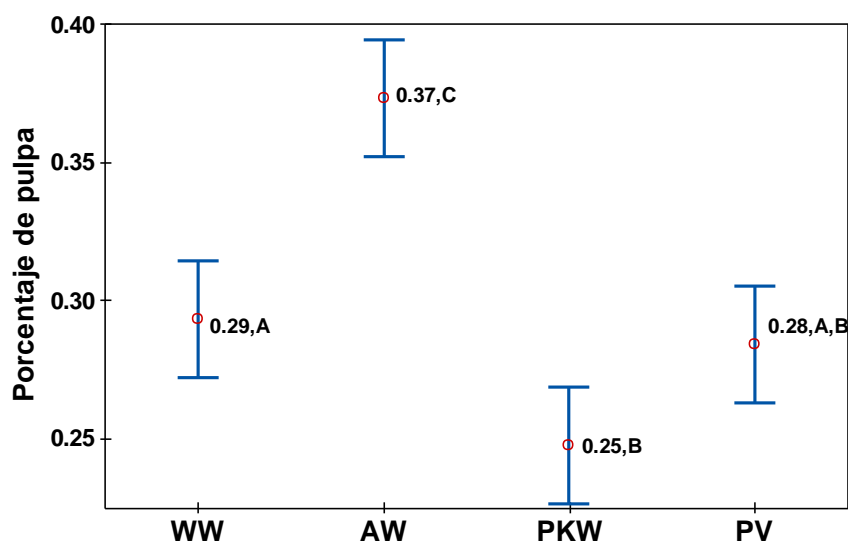


Figura 23. Diagrama de medias del Porcentaje de pulpa del almidón

4.3. CUANTIFICACIÓN DEL COLOR DE LOS ALMIDONES

4.3.1. LUMINOSIDAD DE LOS ALMIDONES

La luminosidad L^* varía de cero (negro) a 100 (blanco), pasando por los grises (Beering, 1999), así los resultados de L^* para los almidones nativos se presenta en la Tabla 13, se observa que los almidones presentan valores cercanos a 100, esto quiere decir que se acercan a blanco, no obstante se muestra diferencia significativa entre ellos, p -value < 0.05 , evaluada a través del ANOVA (Anexo 10),

asimismo se aprecia que los almidones de la variedad Alq'a wayruru y Phusi k'achun waqachi presentan luminosidad similar (evaluadas a través del test Tukey), tal como se aprecia en la Figura 24, aunque la variedad Puka viruntus mostro ligero menor valor de L^* en comparación a las otras variedades.

Tabla 13. Luminosidad del almidón por variedades

Variedad	L^*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	96.06	\pm 0.02		0.0	A
Alq'a wayruru	95.13	\pm 0.07		0.1	B
Phusi k'achun waqachi	95.16	\pm 0.07		0.1	B
Puka viruntus	95.06	\pm 0.03		0.0	C

**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

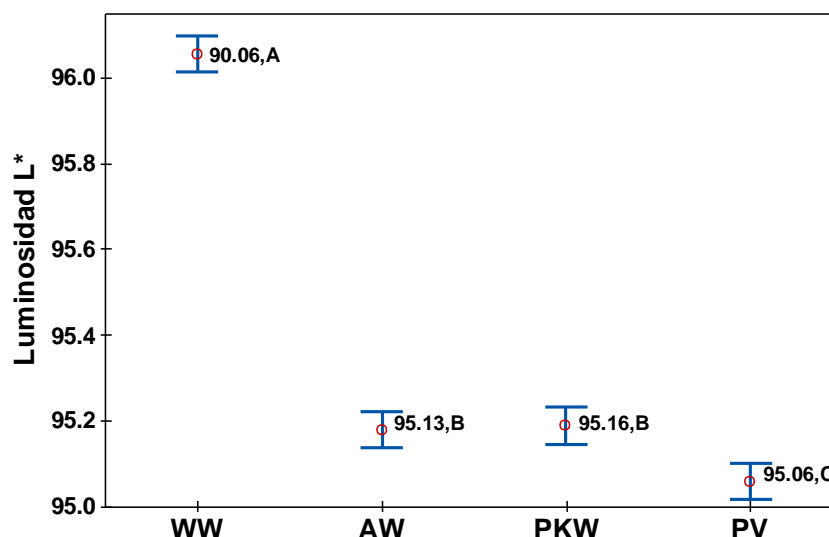


Figura 24. Diagrama de medias de la luminosidad L^* del almidón

Para Leguia (2017), la luminosidad reportada por almidones de papas nativas oscilo entre 94.45 a 95.60, asimismo Von *et al.* (2005), reporto valores de L^* 97.10 ± 0.14 y 95.40 ± 1.10 para el almidón de maíz y papa respectivamente, del mismo modo Tarlak *et al.* (2016) reporto L^* igual a 68.59 ± 1.02 para la pulpa de papa, estos valores se encuentran dentro de los resultados encontrados, en la presente investigación.

4.3.2. CROMA a^* y b^* DE LOS ALMIDONES

El croma a^* permite conocer la variación del color una escala de verde (-60) a rojo (+60), así los resultados encontrados se aprecia que tienden ligeramente al

espacio negativo es decir hacia verdes (Tabla 14), y que a partir del análisis estadístico se observó que el croma a^* presentó diferencia significativa es decir $p\text{-value} < 0.05$ evaluado a través del ANOVA (Anexo 11), asimismo se apreció que las variedades Waka waqra y Alq'a wayruru presentaron croma a^* similares estadísticamente, evaluados a través del test Tukey (Letras iguales en la Figura 25).

Tabla 14. Croma a^* del almidón por variedades

Variedad	a^*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	-1.31	\pm	0.01	0.8	A,B
Alq'a wayruru	-1.35	\pm	0.02	1.1	B
Phusi k'achun waqachi	-1.20	\pm	0.02	1.3	C
Puka viruntus	-1.27	\pm	0.02	1.2	A

**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 11

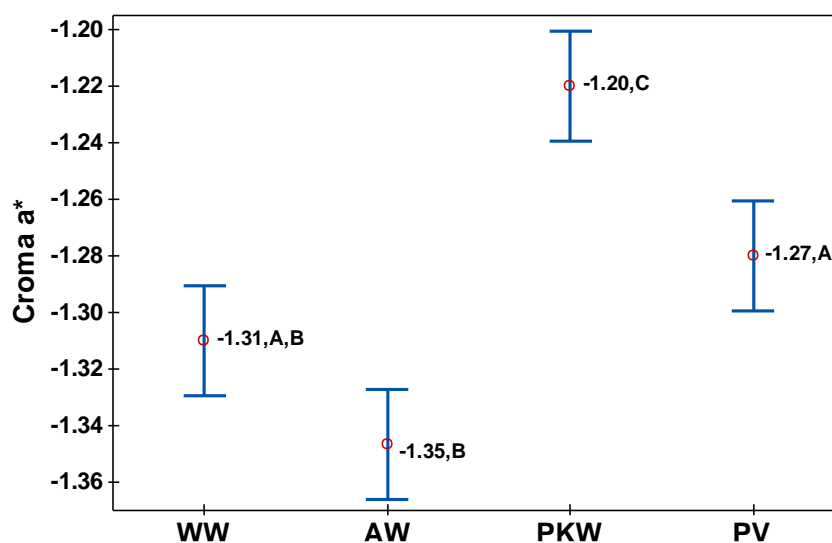


Figura 25. Diagrama de medias del croma a^* del almidón

Po otra parte el croma b^* , cuyo intervalo describe la escala de azul (-60) a amarillo (+60) (Beering, 1999), de esta manera se observa que los valores de b^* , son cercanos a la unidad, aunque adoptan valores positivos es decir tienden ligeramente al amarillo, con valores de 1.43 ± 0.01 , 1.85 ± 0.01 , 1.75 ± 0.01 , y 1.44 ± 0.01 para las variedades Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi y Puka viruntus (Tabla 15), y que estos resultados presentan diferencia significativa, es decir $p\text{-value} < 0.05$ evaluado a través del test Tukey (Anexo 12), tal como se puede apreciar en la Figura 26.

Tabla 15. Cromo b^* del almidón por variedades

Variedad	a^*			C.V. (%)	Diferencia significativa**
	\bar{x}	\pm	s		
Waka waqra	1.43	\pm	0.01	0.8	A
Alq'á wayruru	1.85	\pm	0.01	0.5	B
Phusi k'achun waqachi	1.75	\pm	0.01	0.6	C
Puka viruntus	1.44	\pm	0.01	0.7	D

**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 12

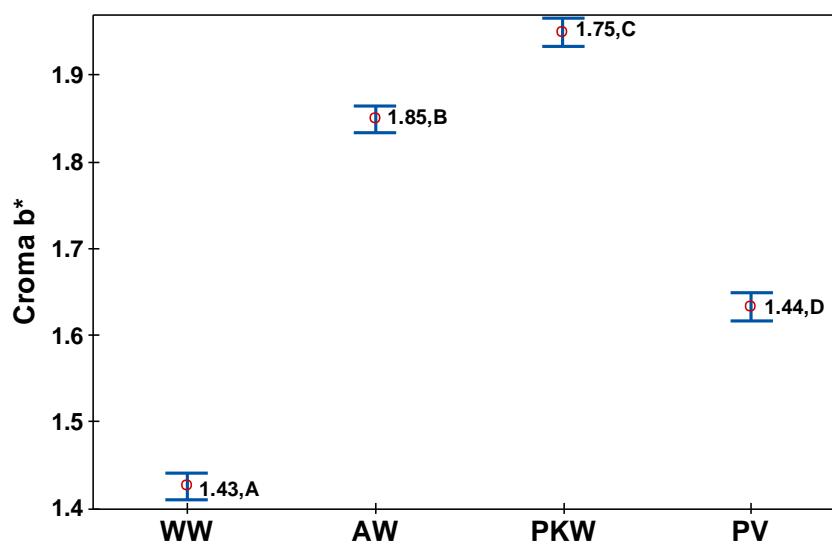


Figura 26. Diagrama de medias del cromo b^* del almidón

Leguía (2017), reportó valores similares para el cromo a^* y b^* para papa nativa de las variedades Puma maqui, Cuchi pelo, Yana Palta, y Qayma Marcela, -1.26 ± 0.01 , -1.25 ± 0.01 , -1.33 ± 0.01 , y -1.33 ± 0.01 para a^* , mientras que para b^* 2.22 ± 0.01 , 2.52 ± 0.01 , 1.34 ± 0.01 y 1.54 ± 0.01 respectivamente.

CONCLUSIONES

- La cuantificación del rendimiento de extracción del almidón de la papa nativa, fue mayor para la variedad Puka viruntus, aunque en todos los casos el rendimiento fue mayor al 12% en peso.
- En cuanto a las propiedades funcionales, se apreció que los almidones de la papa nativa presentaron temperatura de gelatinización que oscila entre 63.5°C a 60.3°C, índice de solubilidad en agua entre 11.43 a 7.13 g solubles/g, índice de absorción de agua 7.02 a 14.87 g gel/g, poder de hinchamiento entre 8.42 a 15.85 g sedimento/g, claridad de pasta entre 67.77 a 89.87 % de transmitancia, acidez entre 0.002 a 0.005 meq de ácido láctico/g, y cantidad de pulpa entre 0.25 a 0.37%.
- El color del almidón fue determinado a través de la luminosidad L*, la cual se encontró por encima de 95% es decir tiene una tendencia alta hacia los blancos, mientras que el croma a* tiende ligeramente al espacio negativo es decir hacia verdes, y el croma b* tiende a la unidad con ligero acercamiento al amarillo.

RECOMENDACIONES

- Aplicar los almidones de papas nativas en la formulación de alimentos.
- Realizar estudios de las propiedades funcionales en almidón y harina de papa nativa de otras variedades cultivadas en la provincia de Andahuaylas
- Realizar estudio tecnofuncional del almidón en pasta, con el fin de utilizar en la industria de la panificación.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott, J. A. (1999). *Quality measurement of fruits and vegetable. Postharvest Biology and Technology*, 15. Págs: 349-357.
- Agustí, M. (2003). *Citricultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona. 2^{da}Ed. Págs.: 19-22, 89-101, 162-163, 171-173.
- 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.
- 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.
- Angulo Paredes, D. I., & Montenegro Villavicencio, E. S. (2006). *Estudio técnico en la elaboración de papa pre-cocida congelada, puré y tortillas de papa a partir de tres variedades de papas nativas ecuatorianas*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Aristizabal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163., 1120.
- Badui, S. (2006). *Química de alimentos*. 4ta Edición, Editorial Alambra, México pág. 387- 390.
- 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.
- BeMiller, J., N., & Hubert, K., C. 2007. Carbohydrates. In: Fennema's Food Chemistry Srinivasan, D., Parkin, K., Owen, R. (Ed). Taylor & Francis, Inc. Chapter 3, pp: 120131.
- 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.

- Beynum, G.M.A. & Roels, J.A. (1985). *Starch conversion technology*. Ed. Marcel Dekker. Nueva York, Estados Unidos. pp. 360.
- Biliaderis, C.G. (1991a). *The structure and interactions of starch with food constituents*. Can J Physiol Pharmacol. 69, 60-78.
- 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
- Calvo C. & Duran L. (1997). *Propiedades físicas II: ópticas y color*, en “temas en tecnologías de alimentos”, editado por J.M. aguilera, CYTED-IPN, México.
- Camporeale, P. & Dutt, G. (2006). *Manual de Iluminación Eficiente*. Universidad Tecnológica Nacional y Efficient Lighting Initiative, Buenos Aires, Argentina, Cap. 2. ISBN: 978-950-42-0077-2.
- Capilla, P., Artigas, J. & Pujol, J. (2002). *Fundamentos de Colorimetría*. Servei de Publicacions de la Universitat de València, España, pp. 94-96.
- 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.
- Contreras, R. (2007). *El origen del color en la naturaleza. Una introducción a la química del color*. 1^{era} edición, Universidad de Los Andes, Vicerrectorado Académico, CODEPRE, Venezuela, pp. 71-86
- Cortés, J. (2000). *La percepción del color*.
- 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.
- Diaz, Y. (2015). *Determinación de las propiedades físicas, químicas, tecnofuncionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de Solanum tuberosum ssp. andigenum (papa nativa)*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, UNAJMA, Perú.
- Duxbury, D.D. (1989). *Modified starch functionalities-no chemicals or enzymes*. Food Processing, 50, 35–37.
- Egusquiza, R., Pérez, I., Cahuana, N., Alagón, R., Campana, A., Quispe, M. (2008). *Catálogo de papas nativas en Pampacorral. En: Pampacorral, Catalogo de sus papas nativas*. Universidad Nacional Agraria La Molina y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú.
- 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.
- Flores, F. S. (2004). *Obtención de almidón con tamaño de partícula reducido mediante pulverizado mezclado con alta energía*. Tesis de maestría. IPN. México.
- 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.
- García, J. (2012). *Luminotecnia. Iluminación de interiores y exteriores*. Oriol Boix Aragonès, Departament d'Enginyeria Elèctrica, Barcelona, España, pp. 4.

- Gijarro Vega, C. (2008). Propuesta gastronómica mediante la utilización de las diez principales variedades de papa nativa que se cultivan en la provincia del Cotopaxi (tesis de grado). Universidad tecnológica equinoccial, Quito.
- Gil A. & Gracia, S. (2001). *Determinación del índice ASTA a partir de las coordenadas de color CIELAB en pimiento. ITEA Producción vegetal*, 97(2), 118- 122.
- Gómez, R., Roca, W., & Ordinola, M. (2008). *Papas Nativas: Catálogo de variedades y usos gastronómicos*. Revista del Centro Internacional de la Papa., 2-46.
- Gonnet, G. H., Cohen, M. A., and Benner, S. A. (1992). *Exhaustive matching of the entire protein sequence data base. Science*, 256: 1443-1445.
- Grace, M.R. (1977). *Elaboración de la yuca*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Hawkes, J.G. (1990) *The Potato: evolution, biodiversity and genetic resources*, Belhaven Press, United Kingdom (UK).
- Hawkes, J.G. (1990) *The Potato: evolution, biodiversity and genetic resources*, Belhaven Press, United Kingdom (UK).
- Hernandez, M., Torruco, J.G., Chel, L. & Betancur, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Ciênc. Technol. Aliment., 28(3), 718-726.
- Hidalgo, D. (2008). *El protector de la papa*. En: Pampacorral, Catálogo de sus papas nativas. Universidad Nacional Agraria La Molina y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú.
- Hoseney, R. C. 1991. *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. Acribia. Zaragoza, España. p. 45 - 55.
- Huamán, Z. & Spooner, D.M. (2002) *Reclassification of Landrace Populations of Cultivated Potatoes (Solanum sect. Petota)*. American Journal of Botany, 89(6).
- Hwang, J., & Kokini, I. (1992). *Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas*. Carbohidratos y Polímeros, 41-50.

- ISI 1999. *Determination of pH in starch and syrup*. ISI 26-5e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI).
- ISI. 2002. *Determination of viscosity of starch by Brookfield*. ISI 17-1e. In: Laboratory methods. Science Park, Aarhus, Dinamarca, International Starch Institute (ISI).
- Jácome, E. & Molina, S. (2008). *Efecto de la leche concentrada por microfiltración tangencial en la calidad de queso semimaduro para sanduche, utilizando dos líquidos de lavado y diferentes tipos de grasa*. Tesis de Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela De Ingeniería Agroindustrial, Ibarra, Ecuador.
- 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., Björck, I. & Eliasson, A. (2007). *Some physical and nutrition characteristics of 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.
- Ladaniya M. (2008). *Citrus fruit: biology, technology and evaluation*. Ed. Elsevier, San Diego.
- 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.

- Liu, Q. (2005). *Understanding starches and their role in foods*. In: *Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications*, Cui,S.,W. (Ed)Taylor & Francis, Inc. Chapter 7, 314-323.
- Liu, Q.; Weber, E.; Yada, R. (2003). *Physicochemical porperties of starch during potato grown*. *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., Nelson; 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.
- MacDougall, D. (2002). *colour in food: improving quality*. crc press, EE.UU; Woodhead Publishing Limited, Inglaterra, pp. 35-46.
- McGuire R. G. (1992). *Reporting of dispositive color measurement*. *Hortoscience*, 27, 1254-1255.
- Meaño, N.; Ciarfella, A.T.; 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.
- Monje, L. (2008). *Introducción a la fotografía científica*. Centro de apoyo a la Investigación de la Universidad de Alcalá, Madrid.
- Moreno, U. (2008). *El cultivo ecológico de la papa en el Perú. En: Pampacorral, Catalogo de sus papas nativas*. Universidad Nacional Agraria La Molina y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú.
- Morín C. (1985). *Cultivo de cítricos*. Ed. IICA, Lima, Perú. 1^{era} Ed. Pág 12.

- Netdisseny. (2009). *Nociones Básicas de Teoría del Color*, Cuaderno 2, Netdisseny, Castellón, España.
- Novelo, C. L.; Betancur, A. D. (2005). *Chemical and functional properties of Phaseolus lunatus and Manihot esculentastarch blends*. *Starch/Stärke*, v. 57, n. 9, p. 431-441.
- Ochoa, C.M. (1999) *Las Papas de Sudamérica: Perú (Parte 1)*. Allen Press, Kansas, Estados Unidos (USA).
- Pardo, C. O., Castañeda, J. C., & Ortíz, C. A. (2013). Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa. *Acta Agronómica*, 289-295.
- Pardo, J. E.; Martínez, M.; Varón, C.; Amo, S. y Gómez, R. (1997). *Evaluación de la calidad de pimentones procedentes de variedades seleccionadas de pimiento (Capsicum annum L.)*. *Revista Alimentaria*, 81-84.
- Quilca Burga, N. E. (2007). *Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros*. Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Radosta, S., Vorweg, W., Ebert, A., Begli, A. H., Grölc, D., Wastyn, M. 2004. *Properties of Low-substituted Cationic Starch derivatives Prepared by Different Derivatisation Processes*. *Starch/Stärke* 56(7), 277 - 287.
- Ramírez Suárez, L. M., Zárate Polanco, L. M., & Otárola Santamaría, N. A. (2011). *Caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (Solanum phureja) para su aplicación en derivado cárnico* (tesis de grado). Bogotá, Universidad de la Salle.
- Reinoso, I., & Thiele, G. (2005). *Las papas nativas en el Ecuador: estudios cualitativos sobre oferta y demanda*. *Revista del Centro Internacional de la Papa.*, 1-23.
- 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, 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.
- Rowe, R. C., Sheskey, P. J., & Owen, S. C. (2003). *Manual farmacéutico. Farmacéutica*. London., 725.
- Sánchez, I. (2007). *Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión*. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, México.
- 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.
- Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Singh, N., Sodhi & Singh-Gill B. (2003). *Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources*. Food Chem. 81, 219 - 231.
- Spooner, D.M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R. & Bryan, G.J. (2005) *A Single Domestication for Potato Based on Multilocus Amplified Fragment Length Polymorphism Genotyping*, PNAS, 102(41).
- Srichuwong, S., Sunarti, T.C., Mishima, T., Isono, N., & Hisamatsu, M. (2005). *Starches from different botanical sources I: Contribution of amylopectin fine structure to thermal properties and enzyme digestibility*. Carbohydrate polymers. 60:529-538.

- 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. & Morrison, W. (1990). *Swelling and gelatinization of cereal starches. I. effects of amylopectin, amylose, and lipids*. Cereal Chemistry, 67(6), 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.
- 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 (págs. 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 opposite*. 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.
- Williams, P. C., & Lee Scelleur, G. C. (1970). *Cereales. La ciencia de hoy*, 49.
- X-Rite, Inc. (2002). *Guía para entender la comunicación del color*.
- Yamamoto, A. (1988). *Potato processing learning from a traditional Andean system*. En: *The Social Sciences at CIP*. Report of the Third Social Science Planning Conference, September 7 -10- 1987. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- 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.
- 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.
- Zelanski, P., & Fisher, M. (2001). *Color. Tercera Edición, Tursen S.A. / H. Blume*, Madrid, España, pp. 64.
- Zhang, P., Wistler, L., Bemiller, J. & Hamaker, B. (2005). *Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility—a review*. Producción. Carbohydrate Polymers 59, 443-458.

Anexo 1. Datos y cálculos del Porcentaje de extracción de almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	12.21	12.32	12.36
Alq'a wayruru	12.52	12.47	12.60
Phusi k'achun waqachi	12.85	13.01	12.96
Puka viruntus	12.93	13.05	13.10

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.06763	3	0.355878	57.71	0.0000
Intra grupos	0.0493333	8	0.00616667		
Total (Corr.)	1.11697	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
WW	3	12.2967	X
AW	3	12.53	X
PKW	3	12.94	X
PV	3	13.0267	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	-0.233333	0.205255
WW - PKW	*	-0.643333	0.205255
WW - PV	*	-0.73	0.205255
AW - PKW	*	-0.41	0.205255
AW - PV	*	-0.496667	0.205255
PKW - PV		-0.0866667	0.205255

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. Datos y cálculos de la Temperatura de gelatinización del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3	R4	R5
Waka waqra	63.4	63.6	63.7	63.2	63.50
Alq'a wayruru	60.5	60.9	60.6	60.8	60.70
Phusi k'achun waqachi	60.8	61.1	61.2	61.0	61.2
Puka viruntus	60.6	60.2	60.1	60.2	59.8

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	32.0615	3	10.6872	248.54	0.0000
Intra grupos	0.688	16	0.043		
Total (Corr.)	32.7495	19			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PV	5	60.18	X
AW	5	60.7	X
PKW	5	61.06	X
WW	5	63.48	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	2.78	0.375391
WW - PKW	*	2.42	0.375391
WW - PV	*	3.3	0.375391
AW - PKW		-0.36	0.375391
AW - PV	*	0.52	0.375391
PKW - PV	*	0.88	0.375391

* indica una diferencia significativa.

Anexo 3. Datos y cálculos del Índice de solubilidad en agua del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	11.44	11.42	11.42
Alq'á wayruru	7.1270	7.1366	7.1322
Phusi k'achun waqachi	11.4675	11.4816	11.4387
Puka viruntus	8.9702	8.9869	8.8160

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	39.8382	3	13.2794	5584.42	0.0000
Intra grupos	0.0190235	8	0.00237794		
Total (Corr.)	39.8573	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
AW	3	7.13193	X
PV	3	8.92437	X
WW	3	11.4267	X
PKW	3	11.4626	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	4.29473	0.127459
WW - PKW		-0.0359333	0.127459
WW - PV	*	2.5023	0.127459
AW - PKW	*	-4.33067	0.127459
AW - PV	*	-1.79243	0.127459
PKW - PV	*	2.53823	0.127459

* indica una diferencia significativa.

Anexo 4. Datos y cálculos del Índice de absorción de agua del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	8.62	8.56	8.70
Alq'a wayruru	14.76	15.01	14.83
Phusi k'achun waqachi	7.01	7.02	7.03
Puka viruntus	10.22	10.19	10.17

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	103.09	3	34.3634	6163.84	0.0000
Intra grupos	0.0446	8	0.005575		
Total (Corr.)	103.135	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PKW	3	7.02	X
WW	3	8.62667	X
PV	3	10.1933	X
AW	3	14.8667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	-6.24	0.19516
WW - PKW	*	1.60667	0.19516
WW - PV	*	-1.56667	0.19516
AW - PKW	*	7.84667	0.19516
AW - PV	*	4.67333	0.19516
PKW - PV	*	-3.17333	0.19516

* indica una diferencia significativa.

Anexo 5. Datos y cálculos del poder de absorción del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	8.43	8.41	8.42
Alq'a wayruru	15.45	15.40	15.42
Phusi k'achun waqachi	8.66	8.65	8.64
Puka viruntus	15.82	15.85	15.90

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	151.804	3	50.6014	82056.27	0.0000
Intra grupos	0.00493333	8	0.000616667		
Total (Corr.)	151.809	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
WW	3	8.42	X
PKW	3	8.65	X
AW	3	15.4233	X
PV	3	15.8567	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	-7.00333	0.0649074
WW - PKW	*	-0.23	0.0649074
WW - PV	*	-7.43667	0.0649074
AW - PKW	*	6.77333	0.0649074
AW - PV	*	-0.433333	0.0649074
PKW - PV	*	-7.20667	0.0649074

* indica una diferencia significativa.

Anexo 6. Datos y cálculos de la Claridad de pasta del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	89.9	89.5	90.2
Alq'a wayruru	80.1	79.2	78.8
Phusi k'achun waqachi	74.9	75.4	76.9
Puka viruntus	68.4	67.8	67.1

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	757.23	3	252.41	486.96	0.0000
Intra grupos	4.14667	8	0.518333		
Total (Corr.)	761.377	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PV	3	67.7667	X
PKW	3	75.7333	X
AW	3	79.3667	X
WW	3	89.8667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	10.5	1.8818
WW - PKW	*	14.1333	1.8818
WW - PV	*	22.1	1.8818
AW - PKW	*	3.63333	1.8818
AW - PV	*	11.6	1.8818
PKW - PV	*	7.96667	1.8818

* indica una diferencia significativa.

Anexo 7. Datos y cálculos del pH del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	6.81	6.72	6.85
Alq'a wayruru	6.50	6.48	6.62
Phusi k'achun waqachi	6.36	6.31	6.34
Puka viruntus	6.34	6.40	6.41

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.3807	3	0.1269	41.49	0.0000
Intra grupos	0.0244667	8	0.00305833		
Total (Corr.)	0.405167	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PKW	3	6.33667	X
PV	3	6.38333	X
AW	3	6.53333	X
WW	3	6.79333	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	0.26	0.144548
WW - PKW	*	0.456667	0.144548
WW - PV	*	0.41	0.144548
AW - PKW	*	0.196667	0.144548
AW - PV	*	0.15	0.144548
PKW - PV		-0.0466667	0.144548

* indica una diferencia significativa.

Anexo 8. Datos y cálculos de la acidez del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	0.0045	0.0048	0.0051
Alq'a wayruru	0.0041	0.0037	0.0038
Phusi k'achun waqachi	0.0021	0.0024	0.0022
Puka viruntus	0.0031	0.0028	0.0032

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0000109367	3	0.00000364556	72.91	0.0000
Intra grupos	4.E-7	8	5.E-8		
Total (Corr.)	0.0000113367	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PKW	3	0.00223333	X
PV	3	0.00303333	X
AW	3	0.00386667	X
WW	3	0.0048	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	0.000933333	0.000584458
WW - PKW	*	0.00256667	0.000584458
WW - PV	*	0.00176667	0.000584458
AW - PKW	*	0.00163333	0.000584458
AW - PV	*	0.000833333	0.000584458
PKW - PV	*	-0.0008	0.000584458

* indica una diferencia significativa.

Anexo 9. Datos y cálculos para el porcentaje de pulpa del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	0.29	0.28	0.31
Alq'a wayruru	0.36	0.37	0.38
Phusi k'achun waqachi	0.26	0.24	0.25
Puka viruntus	0.29	0.26	0.30

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0231583	3	0.00771944	35.63	0.0001
Intra grupos	0.00173333	8	0.000216667		
Total (Corr.)	0.0248917	11			

Pruebas de Múltiple Rangos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PKW	3	0.25	X
PV	3	0.283333	XX
WW	3	0.293333	X
AW	3	0.37	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	-0.0766667	0.0384738
WW - PKW	*	0.0433333	0.0384738
WW - PV		0.01	0.0384738
AW - PKW	*	0.12	0.0384738
AW - PV	*	0.0866667	0.0384738
PKW - PV		-0.0333333	0.0384738

* indica una diferencia significativa.

Anexo 10. Datos y cálculos para la Luminosidad L* del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	96.05	96.04	96.08
Alq'a wayruru	95.09	95.21	95.1
Phusi k'achun waqachi	95.09	95.15	95.23
Puka viruntus	95.03	95.07	95.08

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.9083	3	0.6361	630.84	0.0000
Intra grupos	0.00806667	8	0.00100833		
Total (Corr.)	1.91637	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PV	3	95.06	X
AW	3	95.18	X
PKW	3	95.19	X
WW	3	96.0567	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	0.876667	0.0829986
WW - PKW	*	0.866667	0.0829986
WW - PV	*	0.996667	0.0829986
AW - PKW		-0.01	0.0829986
AW - PV	*	0.12	0.0829986
PKW - PV	*	0.13	0.0829986

* indica una diferencia significativa.

Anexo 11. Datos y cálculos para el Croma a* del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	-1.31	-1.32	-1.3
Alq'a wayruru	-1.33	-1.35	-1.36
Phusi k'achun waqachi	-1.18	-1.2	-1.21
Puka viruntus	-1.25	-1.28	-1.27

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.025825	3	0.00860833	41.32	0.0000
Intra grupos	0.00166667	8	0.000208333		
Total (Corr.)	0.0274917	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
PKW	3	1.22	X
PV	3	1.28	X
WW	3	1.31	X X
AW	3	1.34667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW		-0.0366667	0.0377266
WW - PKW	*	0.09	0.0377266
WW - PV		0.03	0.0377266
AW - PKW	*	0.126667	0.0377266
AW - PV	*	0.0666667	0.0377266
PKW - PV	*	-0.06	0.0377266

* indica una diferencia significativa.

Anexo 12. Datos y cálculos para el Croma a* del almidón por variedades

Variedad	R1	R2	R3
Waka waqra	1.42	1.44	1.42
Alq'a wayruru	1.84	1.85	1.86
Phusi k'achun waqachi	1.74	1.76	1.75
Puka viruntus	1.45	1.43	1.44

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.489767	3	0.163256	1152.39	0.0000
Intra grupos	0.00113333	8	0.000141667		
Total (Corr.)	0.4909	11			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
WW	3	1.42667	X
PV	3	1.63333	X
AW	3	1.85	X
PKW	3	1.95	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
WW - AW	*	-0.423333	0.0311102
WW - PKW	*	-0.523333	0.0311102
WW - PV	*	-0.206667	0.0311102
AW - PKW	*	-0.1	0.0311102
AW - PV	*	0.216667	0.0311102
PKW - PV	*	0.316667	0.0311102

* indica una diferencia significativa.

Matriz de consistencia

	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Escalas	Técnica	Instrumentos de medición
G	¿En qué medida es posible extraer, caracterizar las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena)?	Extraer, caracterizar las propiedades funcionales y color del almidón de papa nativa (<i>Solanun tuberosum</i>)	El almidón de papas nativas en estudio, muestran diferencia significativa en cuanto a su extracción, propiedades funcionales y color.	Variedades de papa nativa: WW, AW, KW, PV.	Variedad	Variedad	Visual	
E1	¿Cuál es el porcentaje de extracción del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena)?	Determinar el porcentaje de extracción del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena).	El porcentaje de extracción de almidón de las cuatro variedades de papa nativa muestra diferencia significativa	Porcentaje de extracción de almidón	Rendimiento	%	Calculo indirecto	Medida indirecta
E2	¿Cómo son las características de las propiedades funcionales: temperatura de gelatinización – TG, índice de solubilidad en agua – ISA, índice de absorción de agua – IAA, poder de hinchamiento- PH, claridad de pasta – CP, porcentaje de pulpa - PP, acidez y pH del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena)?	Caracterizar las propiedades funcionales: temperatura de gelatinización – TG, índice de solubilidad en agua – ISA, índice de absorción de agua – IAA, poder de hinchamiento- PH, claridad de pasta – CP, porcentaje de pulpa - PP, acidez y pH del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi, Puka viruntus (<i>Solanun tuberosum</i> andigena)	Las propiedades funcionales de las cuatro variedades de papa nativa muestran diferencia, mostrando mayor IAA, ISA y PH las variedades con menores valores de acidez y pH.	Propiedades funcionales	Poder de inchamiento - PH	%	Absorción de agua	Medida indirecta
					Índice de solubilidad en agua - ISA	g soluble/g almidón	Solubilidad en agua	Medida indirecta
					Porcentaje de pulpa	%	Digestión ácida	Medida indirecta
					Índice de absorción de agua - IAA	g de gel/g almidón	Absorción de agua	Medida indirecta
					Temperatura de gelatinización - TG	°C	Termométrica	Termómetro
					Claridad de pasta - CP	Transmitancia	Espectrometría	Medida indirecta
					Acidez	meq	Titulación	Medida indirecta
					pH	hidrogeniones	Potenciométrico	Potenciómetro
E3	¿Cuales es el color a través del método Cielab L* a* b*, del almidón de papa nativa de la variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena)?	Evaluar el color a través del método Cielab L* a* b*, del almidón de papa nativa de las variedades: Waka waqra (WW), Alq'a wayruru (AW), Phusi k'achun waqachi (KW), Puka viruntus (PV) (<i>Solanun tuberosum</i> andigena).	El color de los almidones de las cuatro variedades de papa nativa muestran diferencia en cuanto a la Luminosidad L*.	Color del almidón	Luminosidad L*, Cromo a* b*	Adimensional	Colorimétrico	Colorímetro

PANEL FOTOGRÁFICO