



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

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**PROPIEDADES FUNCIONALES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS
DE LA HARINA DE PAPA NATIVA (*Solanum tuberosum*)**

**PARA OBTENER AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

AUTOR:

Br. YESHICA CHAMAN ILLANES

ASESOR:

Dr. DAVID CHOQUE QUISPE

CUSCO – PERÚ

2022

PRESENTACIÓN

Aquí les presento la Tesis intitulada “*Propiedades funcionales y compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (Solanum tuberosum spp. andigena)*” la cual fue elaborada con mucho esmero y dedicación con el apoyo de mi asesor Dr. David Choque Quispe, que gracias a su experiencia y conocimiento pudimos llegar a los objetivos planteados, esperando sea de vuestro agrado e interés científico paso a redactar el presente trabajo de tesis.

DEDICATORIA

La presente Tesis, está dedicada a DIOS ya que gracias a él he logrado concluir mis estudios de Post grado, a mi esposo y mis hijos, quienes día a día me dieron el aliento para culminar mi tesis, a mis Padres, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis docentes de la maestría en especial a la Dra. Mery Luz Masco Arriola , quien con su sabiduría y experiencia profesional me acompañó durante el desarrollo de mi formación profesional.

Gracias

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
CAPITULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	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. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
CAPITULO II - MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL	6
2.1. LA PAPA NATIVA	6
2.2. HARINA	13
2.3. HARINA DE PAPA	14
2.4. COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LA PAPA.....	22
2.5. COLOR DE ALIMENTOS	27
2.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	33
2.7. MARCO CONCEPTUAL.....	38
CAPITULO III - HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	41
3.1. HIPÓTESIS	41
3.1.1. Hipótesis general.....	41
3.1.2. Hipótesis específicas	41
3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	41
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	42
CAPITULO IV - MÉTODOS	43

4.1. Ámbito de estudio	43
4.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	43
4.3. Unidad de análisis	44
4.4. Población	44
4.5. Muestra	45
4.6. Técnicas de recolección de información	45
4.6.1. Preparación y acondicionamiento de la materia prima	45
4.6.2. Obtención de la harina de papa	45
4.6.3. Métodos de experimentación	46
4.6.4. Claridad de pasta	47
4.6.5. Temperatura de gelatinización	47
4.6.6. Viscosidad aparente	47
4.6.7. Determinación de antocianinas totales	48
4.6.8. Determinación de Fenoles totales	49
4.7. Técnicas de análisis e interpretación de la información	52
4.7.1. Diseño experimental	52
4.8. Técnicas de prueba de hipótesis	52
4.8.1. Prueba de diferencia significativa	52
4.8.2. Prueba de comparación múltiple	53
CAPITULO V – RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
5.1. MATERIA SECA	54
5.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DE PAPA	55
5.3. FENOLES TOTALES	74
5.4. ANTOCIANIAS MONOMERICAS	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Consumo per cápita de papa en el Perú.....	10
Tabla 2. Variedades nativas seleccionadas.....	12
Tabla 3. Relación entre el juicio del observador y ΔE	30
Tabla 4. Operacionalización de variables	42
Tabla 5. Datos de la curva estándar para fenoles totales	50
Tabla 6. Diseño Completamente al Azar	52
Tabla 7. Materia seca de las variedades de papa nativa	55
Tabla 8. Temperatura de gelatinización de las variedades de harina	56
Tabla 9. IAA de las variedades de la harina de papa nativa	58
Tabla 10. ISA de las variedades de la harina de papa nativa	60
Tabla 11. PH de las variedades de la harina de papa nativa	62
Tabla 12. Claridad de pasta de las variedades de la harina de papa nativa	63
Tabla 13. Viscosidad de las variedades de harina de papa nativa	65
Tabla 14. ANOVA para viscosidad.....	66
Tabla 15. Color $L^* a^* b^*$ para la papa Muru M.....	69
Tabla 16. ANOVA para el color.....	69
Tabla 17. Índice de color (IC) para la papa.....	71
Tabla 18. ANOVA para índices de color	71
Tabla 19. Índice Amarillo/Azul (IA) para la papa.....	73
Tabla 20. Diferencia de color ΔE para la papa.....	74
Tabla 21. Fenoles totales (mg AGE/100 g b.s.) para la papa	75
Tabla 22. Antocianinas (mg C3G/100 g b.s.) para la papa	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gelatinización del almidón en la harina	17
Figura 2. Modificación del almidón en la harina sometido a hidrocalentamiento .	18
Figura 3. Estructura química del esqueleto básico de los flavonoides	23
Figura 4. Estructura química de algunos flavonoides	24
Figura 5. Estructura más común de la antocianina glucosilada.....	25
Figura 6. Estructura del caroteno	26
Figura 7. Representación en el plano horizontal del espacio de color $L^* a^* b^*$...	28
Figura 8. Representación tridimensional del espacio de color $L^* a^* b^*$	28
Figura 9. Diferencia del color en el espacio $L^* a^* b^*$	29
Figura 10. Diagrama de cromaticidad.....	31
Figura 11. Diagrama de medias para la materia seca	55
Figura 12. Diagrama de medias para la TG.....	56
Figura 13. Diagrama de medias para el ISA.....	59
Figura 14. Diagrama de medias para el ISA.....	60
Figura 15. Diagrama de medias para el PH.....	62
Figura 16. Diagrama de medias para la CP.....	64
Figura 17. Diagrama de medias para la viscosidad.....	66
Figura 18. Variación de la viscosidad para la harina de papa	67
Figura 19. Diagrama de medias para el color.....	69
Figura 20. Diagrama de medias para el IC.....	72
Figura 21. Diagrama de medias para el IA	73
Figura 22. Diagrama de medias para la ΔE	74
Figura 23. Diagrama de medias para Fenoles Totales.....	75
Figura 24. Diagrama de medias para Antocianinas.....	77

Glosario de términos

PH: Poder de hinchamiento

IS: Índice de solubilidad

IAA: Índice de absorción de agua

TG: Temperatura de gelatinización

CP: Claridad de Pasta

V: Viscosidad

AGE: Ácido Gálico equivalente

DCA: Diseño completo al azar

ANOVA: Análisis de varianza

RPM: revoluciones por minuto

IC: Índice de color

IA: Índice de amarillo – azul

ΔE : Diferencia de color

C3G: Cianidina 3 glucosido

b.s.: base seca

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (*Solanum tuberosum*). Fueron analizadas papas nativas coloreadas de las variedades Leona, Wingu, Amachi y Muru Millcu, las cuales procedieron de los productores de papa del Centro Poblado de Champacocha, Andahuaylas, Apurímac; las papas fueron precocidas a 105°C y 10 psi y se extrajo harina de papa por secado a 60°C y tamizado a 250 µm. Se determinó la materia seca, propiedades funcionales como Absorción de agua (IAA), Solubilidad en agua (ISA), poder de hinchamiento (PH), Claridad de pasta (CP), Temperatura de gelatinización (TG), Viscosidad aparente (V) y color $L^* a^* b^*$, el contenido de antocianinas se determinó a través del método pH diferencial, y fenoles totales por espectrofotometría con el reactivo Folin Ciocalteu, los análisis se realizaron por triplicado; las variables se ajustaron a un DCA y los datos fueron analizados a través de un ANOVA y test Tukey al 5% de significancia. Los valores de materia seca se encuentran entre 29.75 ± 0.22 a 25.09 ± 0.14 g/100 g, TG en el intervalo de 68.9 ± 0.5 a 65.6 ± 0.6 °C, IAA entre 10.34 ± 0.02 a 9.23 ± 0.01 g gel/g, ISA de 34.74 ± 0.04 a $19.13 \pm 0.06\%$, PH entre 15.43 ± 0.00 a 12.52 ± 0.08 g gel/g, CP 36.3 ± 1.0 a 29.2 ± 0.8 %, V entre 5036.7 ± 37.9 a 10966.7 ± 104.1 cP disminuyendo significativamente (p -value < 0.05) con la velocidad de deformación aplicada entre 2 a 20 RPM, asimismo se observó que el para el color, la luminosidad L^* se incrementó significativamente en la harina de papa, mientras que el croma a^* tuvo tendencia al rojo y el croma b^* alta tendencia al azul, del mismo modo se observó que el Índice de color (IC) y el índice Amarillo-Azul (IA) muestra una tendencia marcada al violeta intenso, mostrando alta diferencia de color (ΔE) en comparación a la papa fresca, asimismo las variedades de papa fresca presentan

alto contenido de fenoles entre 688.85 ± 5.50 a 587.37 ± 2.96 mg AGE/100 g b.s. disminuyendo significativamente (p -value < 0.05) para la harina en el intervalo de 652.84 ± 3.75 a 547.80 ± 3.50 mg AGE/100 g b.s., mientras el contenido de antocianinas monoméricas se encontró que para la papa fresca oscila entre 77.35 ± 0.73 a 150.48 ± 0.82 mg C3G/100 g b.s. disminuyendo significativamente (p -value < 0.05), y para la harina de papa 71.31 ± 0.69 a 138.46 ± 0.54 mg C3G/100 g b.s., de esta manera las harinas de papa extraídas presentan buenas características funcionales y poseen valor nutracéutico considerable.

Palabras clave: propiedades funcionales, color, antocianinas, fenoles totales,

CAPITULO I - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

La papa es un producto empleado en la dieta humana, que puede ser usado de forma natural o procesada. Este tubérculo está presente en diferentes regiones, la ciudad de Andahuaylas es una de ellas y cuenta con una gran variedad de papas comerciales y nativas, sin embargo, por la estacionalidad de estos cultivos estas requieren de un proceso para su transformación, conservación y disponer de ellas en el mercado.

Las papas nativas, se desarrollan por lo general por encima de los 3000 msnm, y Apurímac específicamente Andahuaylas presenta centros poblados o distritos que están ubicados a esa altitud, donde se produce este tubérculo.

La demanda actual de productos que hayan sufrido la mínima transformación, están en boga en el mercado nacional e internacional, además de que las papas nativas son productos estacionales, llegando así a la ausencia de estas en el mercado, su conservación es complicada por ello surge la necesidad de plantear formas para su conservación como alimento mínimamente procesado, asimismo existe una baja demanda de este tubérculo, debido al desconocimiento de la composición química, nutricional y funcional, por lo que el presente estudio tiene como finalidad mostrar las cualidades de interés para la alimentación que incrementen la demanda y consumo, además de determinar las características físicas de interés para la industria bajo la premisa de que no se puede aprovechar un producto cuyas propiedades se desconocen.

No obstante, la papa nativa transformada en harina, requiere un estudio detallado de sus propiedades funcionales y del estado de sus compuestos bioactivos, toda vez que las papas nativas y sus harinas son poseedoras de coloración, y esta es indicativa de compuestos bioactivos como compuestos fenólicos y antocianicos (Reyes y Cisneros-Zevallos, 2003), de esta manera las presentan actividad antioxidante (Zheng y Wang, 2003).

Por otra parte, las propiedades funcionales permiten conocer el comportamiento que presentara la harina durante su manejo, siendo estas: poder de hinchamiento-PH, índice de solubilidad en agua – ISA, índice de absorción de agua – IAA, densidad aparente – DA, temperatura de gelatinización – TG y claridad de pasta - CP, viscosidad – V, permiten conocer el comportamiento durante su manejo con fines de industrialización o procesos en la preparación de alimentos.

Es así que se pretende estudiar las propiedades funcionales y compuestos bioactivos de harina papa nativa (*Solanum tuberosum*).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo son las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (*Solanum tuberosum*)?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo son las propiedades funcionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización, claridad de pasta, y viscosidad, y color) de cuatro variedades de harina papa nativa (*Solanum tuberosum*)?

- ¿Cómo será el contenido de compuestos bioactivos (fenoles totales, antocianinas) la harina de papa nativa (*Solanum tuberosum*)?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Andahuaylas es una de las provincias que tiene una producción óptima de papas por tener condiciones climáticas favorables y un área geográfica ubicada a una altitud aproximada entre los 2500 y 3000 m.s.n.m., básicamente esta cadena productiva es desarrollada por la población rural de la zona generando de esa manera ingresos y empleo entre la población. Además de promover el desarrollo de la transformación industrial de la papa como una de las mejores alternativas para incrementar las condiciones económicas de la cadena productiva de la papa, en uno de los varios productos como la harina de papa nativa.

Las papas nativas y variedades mejoradas coloraciones desde tonos que van de blancos hasta púrpuras y morados esta característica se debe a la presencia de sustancias químicas que actúan como secuestradores de radicales libres causantes de la oxidación celular, motivo por el cual muchos trabajos se han enfocado en el estudio de los componentes activos y su papel como antioxidante.

Es así que la introducción al mercado de alimentos como la harina 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.

Por otra parte, la harina 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, enturbiantes, formador de películas, estabilizante de espumas, conservante para el pan,

gelificante, aglutinante, etc, y ante ello es necesario conocer las propiedades funcionales y el contenido de compuestos bioactivos en este producto transformado mínimamente

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades funcionales: PH, IS, IAA, TG, CP, V y el color de cuatro variedades de harina papa nativa (*Solanum tuberosum*)
- Determinar el contenido de los compuestos bioactivos la harina de papa nativa (*Solanum tuberosum*)

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

2.1. LA PAPA NATIVA

Las papas nativas consideradas como productos naturales presentan alta calidad nutricional y culinaria, su producción se lleva a cabo en pisos altitudinales entre 2500 a 3000 m.s.n.m., requieren de suelos especiales y con buen drenaje, además por ser naturales y orgánicos son susceptibles al ataque de enfermedades (Túpac Yupanqui, 2001).

El Perú posee aproximadamente 2700 variedades de las 4732 registradas en el Centro Internacional de la Papa (CIP), estas variedades son el soporte de muchas generaciones, variedades nuevas son creadas a partir de ellas con características particulares, ricas en micronutrientes y compuestos activos, que responden la necesidad de enfrentar la inseguridad alimentaria, la desnutrición y enfermedades en los países en desarrollo (Fonseca *et al.*, 2014).

En los Andes Peruanos se ubican las regiones de Apurímac y Huancavelica cuya principal actividad es la agricultura según el Censo Agrario (2012), además son consideradas como zonas con mayor extensión de cultivos, 20,000 Ha para la zona de Apurímac y 26,000 Ha para Huancavelica, la papa por lo general se cultiva de forma tradicional en porciones pequeñas de tierras y bajo las condiciones climáticas de la sierra del Perú, cuyo rendimiento en promedio es de 17.7 t/Ha para Apurímac y 10.43 t/Ha para Huancavelica.

La producción de este cultivo milenario se realiza por grupos pequeños de agricultores, que persisten en mantener la biodiversidad, sin embargo, su desarrollo es muy variado a nivel nacional, por lo cual la mayoría de estos cultivos

no son conocidos por la población, algunas de las variedades que generalmente se encuentran en el mercado son las conocidas como amarillas entre ellas la Huayro, Tumbay, Peruanita, Runtus y Duraznilla, por otro lado las variedades amargas son muy demandadas en la zona del Altiplano para la elaboración de papa deshidratada (chuño), mientras que la variedad Qompis es consumida en la sierra sur, la variedad Camotillo, Huancaína blanca y Huamantanga es en la sierra central (Yamamoto, 1988), muchas de estas variedades se van perdiendo a través del tiempo debido a factores ambientales, tecnológicos, económicos y sociales (CIP-COTESU, 1993).

2.1.1. Clasificación botánica de la papa

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

Familia: Solanaceae.

Género: Solanum.

Sub género: Potatoe.

Sección: Petota.

Serie: Tuberosa.

Especies: phureja, andigenum.

Nombre común: papa, patata.

2.1.2. Variedades nativas en Apurímac

Algunas variedades fueron reportadas por Fonseca *et al.* (2014).

Amachi: son consideradas buenas fuentes de antocianinas y compuestos fenólicos totales, presentan buena capacidad antioxidante y contenido de hierro.

Azul sunqu: presenta elevado contenido de compuestos fenólicos totales, que garantizan una actividad antioxidante.

Caspas: alto contenido de micronutriente como la vitamina C y buena capacidad antioxidante.

Gaspar: Excelente contenido de vitamina C, con una adecuada característica de retención al ser coccionada.

Kuchiaka: presencia de hierro, alta concentración de compuestos fenólicos totales y buena capacidad antioxidante.

Leona: buen contenido de micronutrientes y compuestos bioactivos como fenólicos totales, que permite una buena capacidad antioxidante.

Muru millcu: buen contenido de vitamina C y compuestos fenólicos totales, por lo tanto, alta capacidad antioxidante.

Pichi Cullma: buena concentración de compuestos fenólicos totales, y contenido de vitamina C.

Puka simi: buen contenido de hierro y de compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.

Qequrani: buen contenido de hierro y de compuestos fenólicos totales, con buena capacidad antioxidante.

Qulli Sullu: alto contenido de vitamina C y buen poder de retención después de la cocción. Alto contenido de hierro y una alta capacidad antioxidante.

Wingu o Wencos: Buena capacidad antioxidante debido a la presencia de compuestos fenólicos totales.

Yana puma makin: contenido de hierro, compuestos fenólicos totales, y buena capacidad antioxidante.

Yawar wayku: buen contenido de compuestos fenólicos totales y muy buena capacidad antioxidante.

2.1.3. Consumo mundial y per cápita de la papa nativa

En otros lugares del mundo se ha podido diversificar tanto el consumo como la producción de papa blanca, es decir, darle al consumidor final, un producto en todas las formas posibles y con valor agregado. El país con el mayor consumo de papa en el mundo es Bielorrusia, que consume 390 kilogramos per cápita por año. En Europa a nivel general se consume un promedio de 150 kilos per cápita y en Estado Unidos está por los 80 a 85 kilogramos (MINAGRI, 2020).

Este nicho de papas nativas, en donde el Perú es un productor exclusivo, es muy importante ya que en un mediano plazo, el consumidor final va a buscar otros factores de compra, como el manejo de la biodiversidad, la lucha contra la pobreza y el alimentarse con un producto sano sin uso de insumos químicos.

En este sentido, el Proyecto INCOPA ha podido promover una corriente a favor sobre este tema ya que ahora, una serie de instituciones trabajen de manera conjunta, como Prompex y Promperú, quienes fusionados, están lanzado mucho material gráfico en torno a este tema, especialmente de papas nativas. Asimismo, el Ministerio de Producción está trabajando en el tema de procesamiento (MINAGRI, 2020).

Con todas estas campañas que se están realizando, se espera que el consumo de papa este año en el país pueda alcanzar los 85 kilogramos per cápita y que en

dos a tres años, se llegue a los 100 kilogramos con un buen equilibrio entre el consumo de productos frescos y procesados pero en base a papas nativas, tal y como lo desea el Ministerio de Agricultura.

Actualmente, productos importados como el trigo, azúcar, aceite vegetal y productos lácteos son los más demandados comparados con productos propios de la zona como la papa; según informes del OEEE, MINAGRI (2020) el consumo per cápita para el año 2017 fue de 89 kilogramos por habitante.

Tabla 1.

Consumo per cápita de papa en el Perú.

Año	kg / persona	Año	kg / persona
2000	70.74	2010	76.26
2001	74.56	2011	76.39
2002	60.21	2012	80.64
2003	72.77	2013	87.61
2004	68.44	2014	90.09
2005	64.63	2015	89.09
2006	69.79	2016	89.00
2007	68.08	2017	89.00
2008	70.18	2018*	N.R.
2009	73.67	2019*	N.R.
		2020**	92.00

*No reportado

**Proyectado

Fuente: MINAGRI (2020).

2.1.4. Situación de las variedades nativas en el Perú

Las variedades nativas son de largo periodo vegetativo (siete meses) y tienen también una larga dormancia, lo que permite que tengan un largo periodo de almacenamiento. La variedad Amarilla Tumbay tiene una dormancia muy corta y puede ser inmediatamente plantada después de haber sido cosechada.

A continuación se indican en términos generales la disponibilidad de las variedades de papas nativas que actualmente se tiene en países andinos, como el Perú.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) mantiene en custodia los materiales nativos colectados en la región andina, los cuales pueden ser obtenidos previa solicitud al CIP.

En Andahuaylas, el Sr. José Palomino dispone de una colección de 440 variedades nativas que conserva y utiliza, según las necesidades y pedidos. Otros productores como el Sr. Roberto Maucaylle Hurtado de la comunidad de Sipilluay, mantiene también una colección de aproximadamente 413 variedades nativas. El Sr. Eusebio Quispe y su hermano, conservan también alrededor de 180 y 80 variedades nativas, respectivamente. Es posible que muchos otros productores y especialmente los otros 12 miembros del Comité de Productores de Semilla de SENASA y de CODESE también mantengan algunas colecciones de variedades nativas.

Ha sido muy evidente en los tres países de la región andina (Ecuador, Bolivia y Perú) la disponibilidad de muchas variedades nativas, las cuales están siendo bien conservadas in situ por los mismos productores. Los campesinos de los tres países, usan estos materiales para su autoconsumo principalmente, pero también para satisfacer la creciente demanda de variedades nativas de la industria de las papas fritas (hojuelas) y el consumo fresco de las grandes ciudades. Los tres países y especialmente el Perú son particularmente favorecidos por la presencia del CIP en la región y por la disponibilidad de los materiales en la colección de germoplasma libre de patógenos que están disponibles para su uso cuando así

sean requeridos. El CIP ha entregado buena cantidad de materiales a las diferentes instituciones involucradas, los cuales están libres de patógenos y pueden ser usados con éxito para iniciar la producción de semillas de buena calidad (Hidalgo, 2014).

Las papas nativas consideradas como alimento milenario, desconocido para muchos es una importante fuente de ingresos para las comunidades dedicadas a esta actividad, motivo por el cual se debe incentivar la promoción de su consumo y comercialización responsable, miles de variedades son cultivadas en las zonas altoandinas de la sierra del Perú, donde radica la mayoría de personas en situación de pobreza y extrema pobreza, es así que en este contexto el cultivo de la papa surge como una fuente de alimento e importante componente para el ingreso de las familias rurales (Fonseca, 2009).

Tabla 2.

Variedades nativas seleccionadas.

En Paucarbamba, Huancavelica.	En Andahuaylas – Apurímac	Registradas en SENASA
1) Peruanita	1) Cceccorani	1) A. Tumbay
2) MuruHuayro	2) Duraznilla	2) Peruanita
3) Huayro Roja	3) Putis	3) Ccompis
4) Huamantanga	4) Yana Suito	4) Huayro
	5) Churispi	5) Sani Imilla
	6) Yawar Huayco	6) A. centro
	7) Leona	7) Chagallina
	8) Jaragallo	
	9) Huinchicagache	
	10) Huanza	
	11) MuruHuayro	
	12) Yana Siringa	

Fuente: Fonseca *et al.* (2014).

Dada la gran disponibilidad de materiales se hace necesario hacer una buena selección de aquellas variedades nativas que puedan servir apropiadamente para la industria. Es por ello muy importante que se haga una buena selección de los materiales que vayan a usarse con fines específicos. Además, para poder eliminar de patógenos aquellas variedades seleccionadas que vayan a incluirse en los futuros programas de semillas. Se reconoce la capacidad de muchos buenos productores de papas nativas que conservan y multiplican estos materiales en muy buenas condiciones, a partir de los cuales ellos pueden producir semillas dentro del sistema informal.

Es también importante reconocer que se han iniciado programas de mejoramiento genético orientados hacia la obtención de variedades mejoradas con coloración oscura en la pulpa. Se conoce que estos trabajos están siendo implementados por la UNALM, el CIP y el INIA- Huancayo (Fonseca *et al.*, 2014).

2.2. HARINA

Se obtiene por la molienda de granos, cereales, y tubérculos, es un polvo fino, de color natural, libre de olores y sabores que no sea propios de la harina, sus usos con muy variados en la industria alimentaria, sirve como espesante, mejorador de sabor y color (Zhao *et al.*, 2010).

2.2.1. Tipos de harina

Harina integral. Son aquellas que durante su procesamiento no se realiza ninguna separación, y por lo tanto llevarán incorporadas la totalidad del mismo (Zhao *et al.*, 2010).

Harinas acondicionadas. Son aquellas cuyas características organolépticas, plásticas, fermentativas, etc., se modifican y complementan para mejorarlas mediante tratamientos físicos o adición de productos debidamente autorizados. (Zhao et al., 2010).

Harinas enriquecidas. Son aquellas a las cuales se le ha añadido alguna sustancia que eleve su valor nutritivo con el fin de transferir esta cualidad a los productos con ellas elaborados. Entre estas sustancias nos encontramos con proteínas, aminoácidos, sustancias minerales y ácidos grasos esenciales (Zhao et al., 2010).

Harinas de fuerza. Son las harinas de extracción exclusivamente extraída de trigos especiales con un contenido en proteína de 11% (Zhao et al., 2010)..

Harinas especiales. Son aquellas obtenidas en procesos especiales de extracción, nos encontramos con los siguientes tipos: malteadas, dextrinadas, y preparadas (Zhao et al., 2010).

2.3. HARINA DE PAPA

Es el producto obtenido de la molienda de los tubérculos deshidratados crudos o cocidos, es un producto transformado que contiene almidón, gluten, agua, azúcares simples, materias minerales, materias grasas, vitaminas y enzimas (Wang et al., 2007; Rodríguez-Sandoval et al., 2012)

Las características físico – químicas que presente la harina de papa dependerán del contenido de almidón presente en su estructura, generalmente el contenido de este polímero es muy variado según la variedad y de acuerdo a su presencia la

harina de papa puede ser empleada en la industria alimentaria, industria del papel e industria textil (Córdova *et al.*, 2010)

El almidón presente en semillas, tubérculos, raíces o tallos es el principal polisacárido de reserva sintetizado por las plantas superiores, además considerado fuente de reserva energética empleado por las plantas durante épocas de dormancia, germinación y crecimiento (Wang *et al.*, 2007), este biopolímero formado por residuos de D-glucosa constituye el producto final de la fijación fotosintética del CO₂ atmosférico (Núñez *et al.*, 2004; Beynum y Roels, 1985). Asimismo, estos almidones presentan en su estructura dos componentes muy diferenciados la amilosa y amilopectina y dependiendo de la organización que presenten las propiedades fisicoquímicas varían. Otra de las características que poseen los almidones es la relacionada con la tecno-funcionalidad en los alimentos como por ejemplo la capacidad de absorber agua durante su calentamiento lo que se conoce como proceso de gelatinización (Blazek y Copeland, 2007).

2.3.1. Ventaja de la harina de papa

La harina de papa presenta muchas ventajas al momento de incluirla en la industria alimentaria, considerad un buen espesante, además de tener la capacidad de retener agua y aceite, es así que la harina de papa es ampliamente usada en la producción de alimentos de preparación rápida, alimentos congelados, etc. (Córdova *et al.*, 2010)

2.3.2. Propiedades funcionales de la harina de papa

Las harinas de papa presentan propiedades funcionales que pueden ser deseables para ciertas aplicaciones (Duxbury, 1989); la solubilidad, capacidad de retención de agua, hinchamiento, gelatinización, retrogradación, claridad, birrefringencia, difracción de rayos X y viscosidad, son algunos fenómenos que explican la estabilidad del biopolímero y su aplicabilidad durante el procesamiento en la industria (Torre *et al.*, 2008).

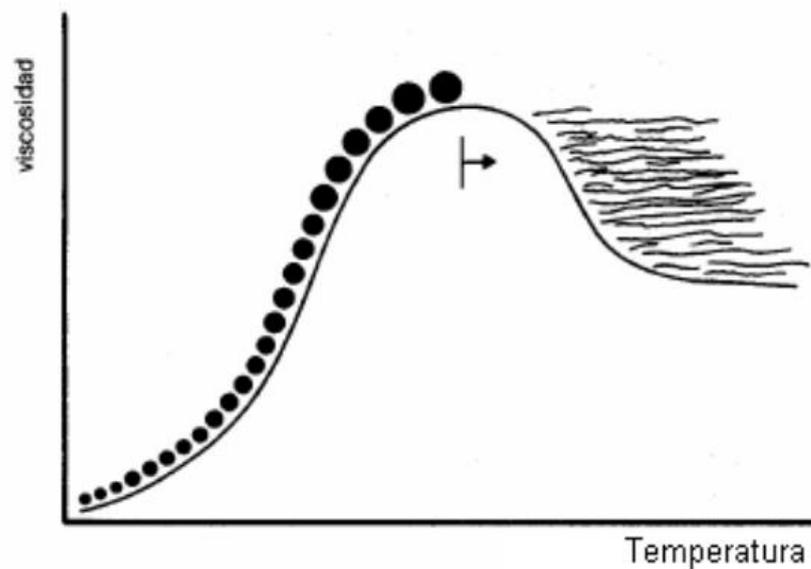
El calor está relacionado con la desorganización de las moléculas de amilosa y amilopectina y por ende las harinas de papa sufren modificaciones en sus propiedades fisicoquímicas y estructurales, durante este proceso llamado gelatinización los enlaces de puente de hidrogeno que hay entre la región cristalina de los gránulos son destruidos, el agua ingresa e hidrata los segmentos de las moléculas de amilopectina, y como resultado se tiene el hinchamiento y solubilidad de sus componentes (Whistler *et al.*, 1984). Los estudios de gelatinización y retrogradación explican la desorganización estructural de los almidones de la harina de papa.

La estabilidad de la harina de papa se debe a múltiples interacciones que existen entre la amilosa y amilopectina, esto ocasiona que sea insoluble en agua fría; empero, cuando se calienta en exceso de agua (>70%) ocurre una pérdida de cristalinidad; y que cambie eventualmente a una forma amorfa (Tester y Debon, 2000).

a. Gelatinización

Es un fenómeno que se origina por la presencia de agua, en la cual la estructura organizada del almidón pasa de un estado ordenado a otro desordenado a medida que se añade calor (Figura 01); esto significa que durante este proceso se transforman los gránulos insolubles, en una solución de sus moléculas constituyentes (amilosa y amilopectina) de forma individual (Badui, 2001).

Figura 1.
Gelatinización del almidón en la harina



Fuente: Badui (2001).

Tal como muestra la Figura 02 la gelatinización total del granulo se produce dentro de un intervalo amplio de temperatura, durante este fenómeno se lleva acabo 3 procesos como son la gelatinización, gelación y retrogradación (Biliaderis, 1991)

- i. Inicia con la absorción y difusión del agua dentro del granulo, a nivel estructural los enlaces puentes de hidrogeno en la región amorfa se rompen y las moléculas de agua se unen con los grupos oxidrilos libres, a esta fase se le denomina proceso de fusión.
- ii. Esta fase se caracteriza por una transición hélice-enrollamiento al azar que es facilitada por la hidratación, en este punto el hinchamiento es reversible y las

cadenas de amilosa se difunden en medio acuoso y tienen una mayor movilización (Tester y Debon 2000) y las propiedades ópticas del gránulo no se pierden, por ejemplo, la birrefringencia, este proceso es denominado fusión de la región amorfa.

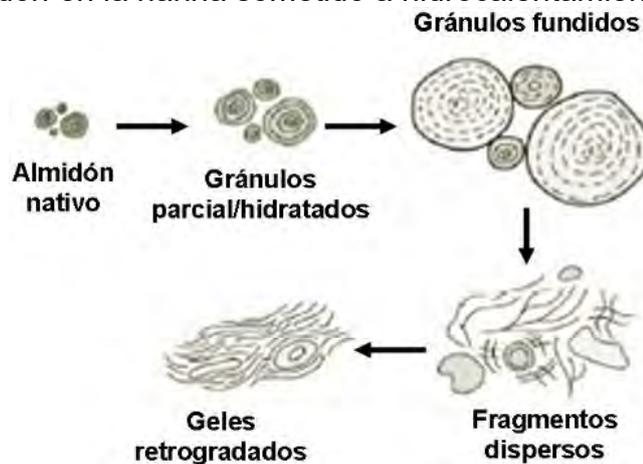
- iii. Finalmente, es inevitable la desintegración de las zonas cristalinas cuando el calentamiento es continuo; debido a la disociación de las dobles hélices propias de la región cristalina (amilopectina) hasta que finalmente se pierde su estructura (Lai y Kokini 1991), en este punto el hinchamiento llega a ser irreversible y la amilosa forma una malla tridimensional fuera del gránulo produciendo un gel (Biliaderis 1991).

La temperatura a la cual ocurre este proceso se le conoce como temperatura de gelatinización (T_g) (Tester y Debon 2000).

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

Figura 2.

Modificación del almidón en la harina sometido a hidrocalentamiento



Fuente: Rooney y Huang, (2001)

b. Poder de hinchamiento

El poder de hinchamiento inicia cuando los gránulos de harina se sumergen en agua, los gránulos se hinchan, se rompen y además liberan al exterior la amilosa formando un gel, a medida que se incrementa la temperatura, perdiendo así su estructura cristalina, por lo que la amilosa actúa como un disolvente e inhibidor del hinchamiento, asimismo los lípidos resultan ser inhibidores del hinchamiento de los gránulos, por la formación de complejos insolubles con la fracción de amilosa en la harina (Yoshimoto *et al.*, 2000).

El contenido de amilosa y el poder de hinchamiento presentan una relación inversamente proporcional, cuanto menor es el contenido de amilosa, mayor es el poder de hinchamiento y mayor la fuerza de gel (Sánchez, 2007),

c. Solubilidad en agua

La solubilidad de las harinas son poco soluble debido a la relación de amilosa y amilopectina presentes, las cuales se encuentran unidas por enlaces puentes de hidrogeno, formando una estructura compleja y organizada que presentan gran estabilidad frente a interacciones entre estas, es así que la solubilidad depende de la concentración de estos polímeros en el medio (Kaur *et al.*, 2007), además del peso molecular, grado y longitud de ramificación y conformación de moléculas complejas de lípidos (Zhang *et al.*, 2005), asimismo 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).

Por otro lado, una mayor proporción de amilopectina y un menor tamaño del granulo, facilitan el ingreso del agua a espacios intermoleculares, incrementando la solubilidad (Hwang y Kokini, 1992).

d. Absorción de agua

Es un parámetro que da idea de la cantidad de agua absorbida por la harina, hasta alcanzar el equilibrio, durante este proceso el granulo absorbe agua provocando su hinchamiento, aumentando su tamaño, este indicador es ampliamente utilizado en la industria panificadora para medir el rendimiento y consistencia de masa fresca (Singh y Singh, 2003).

e. Claridad de la pasta

Este indicador está relacionado con la transparencia, opacidad o claridad que presentan los geles y pastas, causadas por las cadenas poliméricas del almidón gelatinizado que se unen y forman una estructura ordenada, generando turbidez (Lovedeep et al., 2002), este indicador mide la capacidad para transmitir luz cuando se irradia un haz radiante, para algunos procesos resulta importante este fenómeno, por ejemplo la opacidad resulta deseable cuando se quiere destacar el color en algunos productos (Ríos, 2014; Romero y Garnica, 2009). Por otra parte la concentración de fosforo presente en el almidón de las harinas proporciona una mayor claridad a las pastas (Tester *et al.*, 2004)

f. Temperatura de gelatinización

Es un indicador importante en el fenómeno de gelatinización de los almidones causado por la absorción de agua e incremento de la temperatura, sin embargo, su rango es diferente por varios aspectos como la forma y tamaño de gránulos de

almidón, el contenido de amilosa (Sánchez, 2007), este último está relacionado de forma inversa, es decir, que, a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa (Lindeboom *et al.*, 2004). Generalmente el rango de la temperatura de gelatinización oscila entre 60 a 85 °C, estas variaciones se deben al tipo de harina, cantidad de amilosa y amilopectina presente en la harina y la cantidad de humedad disponible para la hidratación (Tester *et al.*, 2004).

Según Zhang *et al.* (2005) la gelatinización de las harinas 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.

2.3.3. Usos de la harina de papa

Casi todas las industrias han encontrado algún uso para la harina de papa, en la industria de alimentos, así ha sido utilizado para impartir propiedades funcionales a los alimentos, tales como: agente espesante, encapsulante, impartir sabor, como relleno, etc.

La harina es utilizada en sopas enlatadas, postres, helados, carnes procesadas, salsas, productos horneados, entre otros. El almidón también puede ser convertido en azúcar; es utilizado para fabricar edulcorantes, jarabes y enzimas para la producción de glutamato monosódico, un potenciador de sabor. Los usos del almidón en las industrias no-alimenticias son tan diversos como en la industria alimenticia, los principales usos incluyen las industrias: textil, papel, adhesivos y farmacéutica (Funglie y Oates, 2001).

2.4. COMPUESTOS BIOACTIVOS EN LA PAPA

Las frutas y vegetales en su composición contienen pigmentos relacionados con su color, según algunos estudios estos pueden combatir ciertas enfermedades degenerativas y al mismo tiempo tiene efectos benéficos para la salud, entre esto compuestos podemos mencionar a los flavonoides, antocianinas, terpenos, carotenos, clorofila entre otros (<http://www.bio.puc.cl/vinsalud/boletin/41polifenoles.htm>, 2014), en la papa la mayoría de estos compuestos son fenoles y están distribuidos en mayor proporción en su piel, sin embargo estos son destruidos durante la cocción o el procesamiento, a continuación se describe los efectos de los fenoles sobre la salud

A. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante de las papas se atribuye a los compuestos fenólicos presentes mayormente en su piel, este compuesto se encuentra en mayor concentración en las papas de piel roja que en las de color café.

B. PROPIEDADES ANTICANCERÍGENAS

La papa tiene una sustancia capaz de controlar algunos procesos envueltos en la iniciación del cáncer, este compuesto es conocido como ácido clorogénico

C. PROPIEDADES REDUCTORAS DE GLUCOSA

De acuerdo a estudios sobre alimentos diabéticos y no diabéticos, los niveles de glucosa presentes en la sangre pueden ser reducidos por los fenoles presentes en las papas, y otros productos.

D. EFECTOS SOBRE EL COLESTEROL

Algunos estudios realizados en bioterio muestran que el consumo de cascara de papa redujo considerablemente los niveles de colesterol en la sangre de ratas, por otra parte, el ácido clorogénico y compuestos fenoles están relacionados con un incremento de actividad antioxidante sobre lipoproteínas que se relacionan con enfermedades cardiacas (Lister y Monro, 2000).

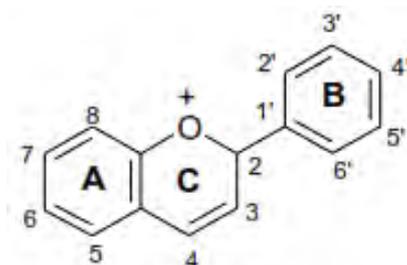
2.4.1. Compuestos fenólicos

Son las sustancias que poseen un anillo aromático, unidos a uno o más grupos oxidrilo, incluyendo derivados funcionales (ésteres, glucósidos, etc.) (Macheix *et al.* 1990).

Su esqueleto básico de difenilpropano ($C_6-C_3-C_6$), consta de dos grupos fenilo (A y B) unidos por un puente de tres carbonos que forma un anillo heterocíclico oxigenado (anillo C) (Figura 3) (Shahidi y Naczk, 1995).

Figura 3.

Estructura química del esqueleto básico de los flavonoides



Fuente: Shahidi y Naczk (1995)

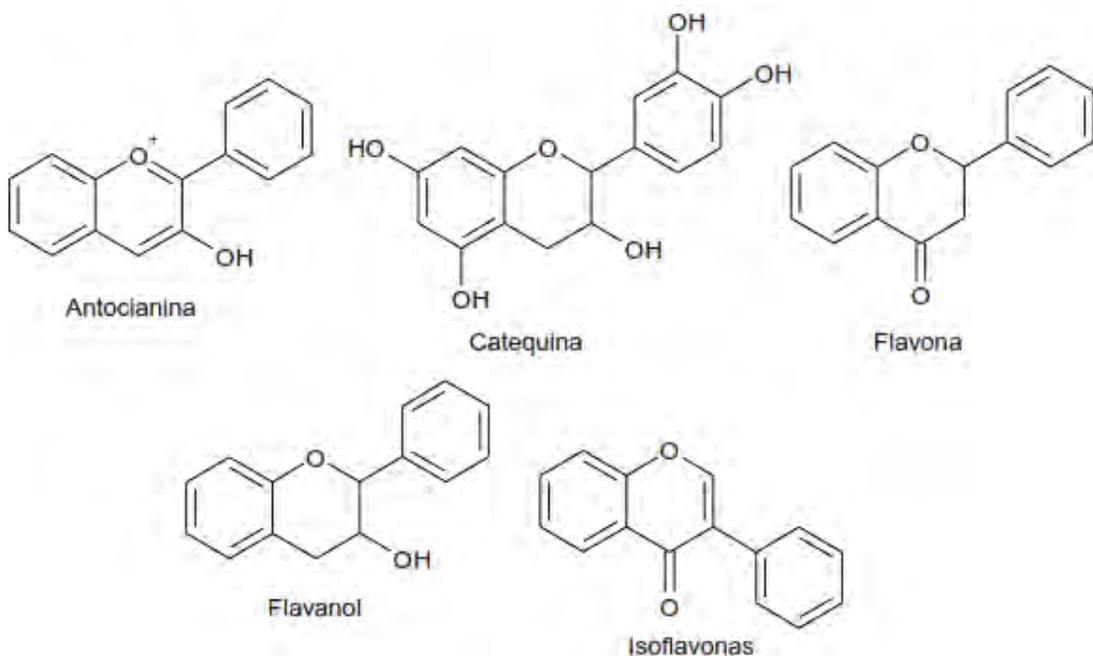
La presencia o ausencia de un grupo oxidrilo unido a la posición 3 determina la subdivisión en las dos clases principales de flavonoides:

- a) Los 3-hidroxi flavonoides (flavanoles, antocianidinas, flavonoles, leucoantocianidinas, flavanonoles, flavan-3,4dioleso, a, proantocianidinas o taninos condensados) y,
- b) Los flavonoides no hidroxilados en la posición 3 (flavononas, isoflavonas, flavanas) (García, 2005).

La Figura 4, muestra los principales flavonoides presentes en los vegetales.

Figura 4.

Estructura química de algunos flavonoides



Fuente: Shahidi y Naczk (1995)

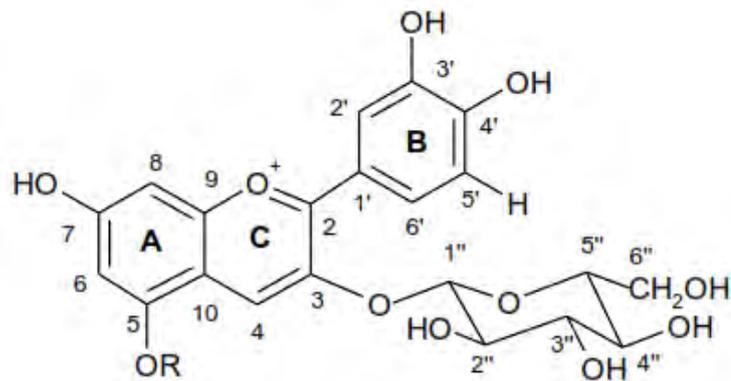
2.4.2. Antocianinas

Son derivados del catión 2-fenilbenzopirilio, no se encuentran de forma libre en la naturaleza por la poca solubilidad que tiene con el agua, pero si la encontramos

en su forma glucosilada siendo una de las más abundantes la cianidina-3-glucósido (Walford, 1980) (Figura 5), estos compuestos son las responsables del color característicos de frutas y hortalizas, sus tonalidades van desde rojos, azulados y violetas.

Figura 5.

Estructura más común de la antocianina glucosilada



Cianidina 3-glucósido, R=H
Cianidina 3,5-diglucósido, R=glucosa

Fuente: Walford (1980)

En general las antocianinas se encuentran en la piel de los vegetales; pero también suelen hallarse en la porción carnosa de ciertas variedades (Sellappan, *et al.*, 2002).

La pigmentación roja, producida por las antocianinas es frecuente en flores, frutos, hojas en desarrollo, y menos frecuente en tallos, hojas maduras (colorada) y en otras partes del vegetal. La pigmentación azul y púrpura causada por las antocianinas está restringida casi siempre a las flores y frutos (Sellappan, *et al.*, 2002).

2.4.3. Carotenos

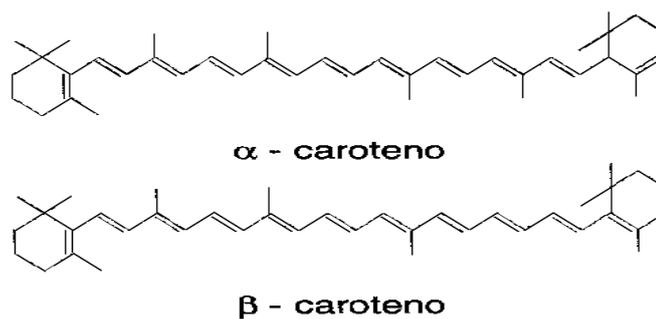
Los carotenos son los pigmentos responsables de la mayoría de los colores amarillos y anaranjados de los vegetales (Wills *et al*, 1998), algunos son precursores de la vitamina A como los betacarotenos, pigmentos vegetales que cuando ingresan al organismo se transforman en vitamina A, además son considerados antioxidantes (Nalubolay y Nestel, 1999).

El licopeno es la estructura base de los carotenoides, compuesto de una cadena de 8 unidades de isopreno (C40) y un sistema conjugado de dobles enlaces, considerado grupo cromóforo responsable del color (Figura 6).

- Carotenoides, Hidrocarburos insaturados de 40 carbonos con unidades cíclicas de alfa y beta iona.

Figura 6.

Estructura del caroteno



Fuente: Walford (1980)

- Xantofilas, son carotenoides oxigenados (hidroxicarotenoides), presentes en la alfalfa, marigol y potros, es empleado para la pigmentación de huevos.

2.4.4. Polifenoles

Los colores rosa, rojo, azul, malva y violeta de ciertos vegetales se deben a la presencia de los polifenoles (Coultate, 1984), los cuales actúan como antioxidantes, resguardando al cuerpo humano del efecto dañino de los radicales libres. Además, por algún otro mecanismo inhiben la iniciación, promoción y progresión de tumores (Coultate, 1984).

2.5. COLOR DE ALIMENTOS

El color es una experiencia visual, una impresión sensorial que recibimos a través de los ojos, independiente de la materia colorante de la misma (Moreno-Arribas, 2017).

En la Industria alimentaria, el color es considerado un indicador de calidad, deterioro, estado higiénico-sanitario, valor nutricional, es un parámetro en base al cual se clasifican productos, se inspeccionan materias primas, se hace control de procesos y se miden indirectamente otros parámetros, además nos anticipa y proporciona sensaciones de otras propiedades sensoriales, como el olor y el sabor (Moreno-Arribas, 2017).

La claridad u oscuridad o la cantidad relativa de blanco o negro son términos de valor del color, la variación de estos términos nos da como resultado a los llamados tintes y matices, es así que el incremento de blanco a cualquier color para formar tonos más claros, nos da como resultado los tintes, mientras que incrementó del oscuro forma tonos oscuros llamados matices (Brosnan y Sun, 2004).

El color es un atributo percibido por el consumidor y representa un parámetro de calidad de los alimentos, muchos de estos pigmentos se relacionan con los compuestos bioactivos, los cuales presentan beneficios para la salud, reduciendo el colesterol, enfermedades cardiacas, esclerosis entre otras (Santanna *et al.*, 2013).

Para medir la composición cromática de un elemento generalmente se usa el espacio de color $L^* a^* b^*$. En este espacio de color, L^* indica la luminosidad, a^* y b^* las coordenadas de color; la Figura (7) muestra el color en $a^* b^*$ desde el plano horizontal con un valor de L^* constante y en la Figura (8) se indica las direcciones de color: $+a^*$ es la dirección del rojo, $-a^*$ es la dirección verde, $+b^*$ es la dirección del amarillo y $-b^*$ es la dirección azul (Casassa y Sari, 2006).

Figura 7.

Representación en el plano horizontal del espacio de color $L^* a^* b^*$

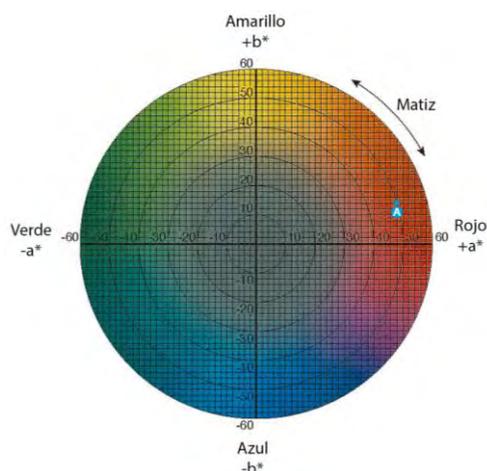
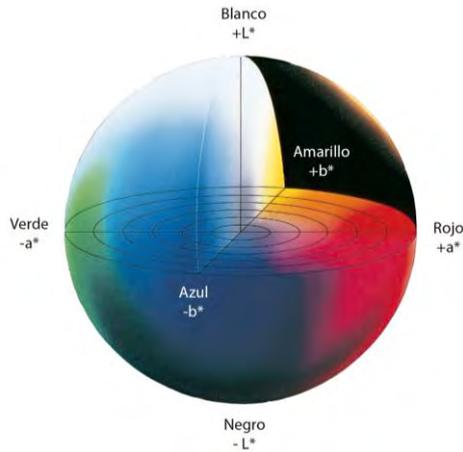


Figura 8.

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



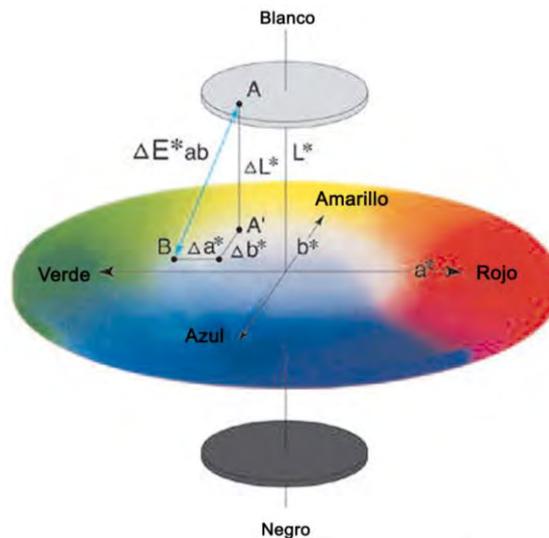
La diferencia de color se puede expresar a través de un valor numérico representado por ΔE^*_{ab} (ecuación 1), el cual expresa la magnitud entre dos colores; la Figura 9 explica mejor este concepto; para analizar la diferencia total en la luminosidad, la saturación y el tono entre dos colores.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Donde: ΔE^*_{ab} es la diferencia entre dos colores; ΔL^* , Δa^* , Δb^* : es la diferencia entre L^* a^* b^* de la referencia y L^* a^* b^* de comparación.

Figura 9.

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



Por otra parte Casassa y Sari (2006), considera que ΔE^* mide la diferencia de percepción de color, para el ojo humano, asimismo Ramírez-Navas (2014) define como el Índice general de diferencia de color, los valores de ΔE para una muestra en referencia al estándar permiten evidenciar si el observador podrá o no percibir la diferencia de color, estos juicios se presentan en la Tabla 3, aunque Casassa y Sari (2006), menciona que para valores de ΔE menores a 2.70 la diferencia de color no será perceptible.

Tabla 3.

Relación entre el juicio del observador y ΔE

Diferencia percibida sensorialmente	Valor de ΔE (Instrumental)
Ninguna	0.0 – 0.70
Ligera	0.70 – 2.50
Notable	2.50 – 3.00
Apreciable	3.00 – 6.00
Considerable	6.00 – 12.00
Extraordinaria	> 12.00

Fuente: Casassa y Sari (2006)

La diferencia de saturación ΔC^*_{ab} ($[C^*_{ab}]_{observado} - [C^*_{ab}]_{referencia}$) puede ser relacionado con diferencias de saturación percibido visualmente. La medida de color C^* y del ángulo de tono h se definen por las ecuaciones (2) y (3) (ASTM).

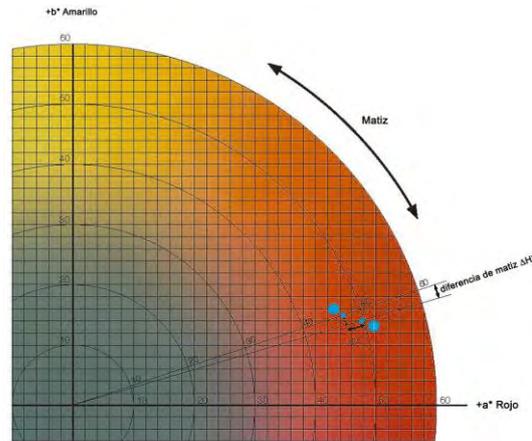
La Figura 10 muestra el concepto.

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

$$h = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right), (grados) \quad (3)$$

Figura 10.

Diagrama de cromaticidad



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

ATRIBUTOS DE COLOR

Para medir el grado de diferencia de un tono en comparación con un gris con la misma claridad se usa el croma (C^*), considerado el atributo cuantitativo de colorido, mientras más altos son los valores del croma, más alta es la intensidad de color de las muestras percibidas por los humanos, para estímulos acromáticos los valores van de 0 hasta 150 y para estímulos monocromáticos los valores superan valores de 1000 (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).

El ángulo de tono (H^*), se define como la diferencia de un determinado color con referencia al color gris con la misma ligereza, está relacionado con las diferencias de absorbancia a diferentes longitudes de onda, además este atributo cualitativo

de color define los colores como rojizo, verdes entre otros. Un ángulo de tono más alto representa un carácter amarillo menor en los ensayos (Abdullah, 2004).

Los ángulos de 0° o 360° representan el tono rojo, mientras que el ángulo de 90° representa el tono amarillo, el de 180° el tono verde y 270° el tono azul, son muy usados para la evaluación de parámetros de color en vegetales, frutas y carnes verdes (Gordillo, 2012).

INDICES DE COLOR

Con el fin de determinar la variación en el color en función de diferentes variables es posible emplear los índices de color, uno de ellos es el Índice de Amarillo/Azul

Este valor indica el grado en que la superficie de la muestra es diferente del color ideal en el sentido del amarillo. Cuando la diferencia desde el blanco ideal se incrementa, el índice de amarillo/azul (IA), se incrementa. Así, si el valor crece en la escala positiva IA (+) indica diferencia hacia el amarillo y si lo hace hacia la escala negativa, IA (-) indica diferencia hacia el azul. Su cálculo es posible empleando la ecuación (4) (Francis y Clydesdale, 1975).

$$IA = 142.86 \left(\frac{b^*}{L^*} \right) \quad (4)$$

Una manera general de encontrar el color a través de un solo valor es a través del índice de color – IC, el cual puede ser evaluado mediante la ecuación (5)

$$IC^* = \frac{a^*1000}{L^*b^*} \quad (5)$$

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 al naranja intenso.
- e) Si IC^* es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo.

2.6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Udoro et al. (2020), caracterizaron harina de yuca, de Sudáfrica y sus posibles propiedades de uso final. El objetivo fue evaluar las propiedades morfológicas y fisicoquímicas. Los resultados del análisis colorimétrico del parénquima radicular revelaron que el índice $L^* a^* b^*$, la blancura y el color marrón de la raza blanca fueron significativamente diferentes ($p < .05$) de los de la raza roja. La harina de mandioca mostró una variación significativa en los índices a^* , b^* y marrón, pero el índice de claridad y blancura no fue significativamente diferente ($p > .05$). Los resultados de todos los ácidos fenólicos (grupos de ácidos benzoico y cinámico) identificados en las muestras de raíz no fueron significativamente mayores en la raza blanca.

Xingli et al. (2020), el objetivo de la investigación fue caracterizar la masa reológica y pan al vapor fortificado con harina de camote morado extruida. En comparación con la harina de camote morado sin extrusión (UP), la adición de EP aumentó significativamente la temperatura térmica de la masa y disminuyó el contenido de agua congelable, lo que indica que mejoró la unión de los componentes de la masa

con las moléculas de agua. En conclusión, los resultados sugieren poderosamente que la adición de harina de batata morada extruida podría ser una forma eficaz de mejorar la tecnología y la nutrición del pan al vapor compuesto.

Nascimento y Canteri (2018), el objetivo de la investigación fue obtener harina de papa y evaluar el efecto del blanqueo en las características fisicoquímicas de este producto después de 3 meses de almacenamiento a temperatura ambiente. El cultivo de papas Agata se usó para hacer harina no blanqueada y blanqueada, mediante tratamiento térmico a 97 ° C por 5 min. La harina de papa sin blanquear presentaba contenidos significativamente más pequeños de humedad ($p = 0.006$), proteínas ($p = 0.001$) y fibras solubles ($p = 0.024$), así como alteración del color. Sin embargo, presentó un mayor contenido de compuestos fenólicos (23.77%). La harina de papa blanqueada presentó una calidad nutricional similar en comparación con la harina de papa cruda, y también una mayor vida útil, ya que la deshidratación puede reducir aproximadamente el 95% de la humedad. El tratamiento térmico (blanqueo) mejoró el suministro de proteínas y fibras solubles del producto final, así como evitó la reacción de pardeamiento enzimático que daría como resultado una alteración del color del producto. Sin embargo, el tratamiento redujo el contenido total de compuestos fenólicos.

Cui et al. (2018), el objetivo de la investigación fue realizar un estudio de la preparación de harina integral de papa y sus efectos sobre la calidad de los productos de harina. Se observó que, la papa tiene un alto contenido de agua en su composición durante la cosecha, esto podría dificultar su transporte y almacenamiento. Para ayudar a resolver las dificultades de transporte, muchas empresas de procesamiento de alimentos hacen la papa en harina integral. La

harina integral puede ser usado como ingrediente en la elaboración de productos, además presenta un alto valor nutricional, es beneficiosa para la salud.

Xing *et al.*, (2016), evaluaron la influencia de la harina de patata en las propiedades reológicas de la masa y la calidad del pan al vapor. El objetivo fue evaluar la influencia de la harina de papa (0–35%) en la reología de la masa y la calidad del pan al vapor. La adición de harina de patata influyó significativamente en las características reológicas de la masa y calidad del pan al vapor, la estabilidad de la masa, la absorción de agua y la fase tangente se pueden utilizar para predecir la calidad tecnológica del pan al vapor. Concluyeron que incluir harina de papa para la producción de pan al vapor no solo mantendrá la calidad tecnológica, sino que también puede mejorar el valor nutricional del pan al vapor.

Díaz (2015), la investigación tuvo como objetivo determinar 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 de la harina de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*). La temperatura de gelatinización oscilo entre 63.9 a 70.0 °C; la claridad de pastas reporto valores de 59.9 a 80.2 %; la viscosidad estuvo entre 9960 a 12266.7 cP; el índice de absorción de agua oscilo entre 6.332 a 10.278 g gel/g muestra; el índice de solubilidad en agua entre 2.03 a 2.85 g soluble/g muestra; mientras que el poder de hinchamiento oscilo entre 6.380 a 10.253 %.

Lucas *et al.* (2013), los investigadores tuvieron como objetivo caracterizar las propiedades química, térmica, funcional y morfológica de la harina de guineo AAea (*Musa sapientum* L.). Los reportes mostraron un rendimiento de 33.33%

para harina y 3.61% para almidón. La temperatura de gelatinización para la harina fue de 68 °C, respectivamente, con entalpía de gelatinización de 2.38 J/g.

Avula y Singh (2009), tuvo como objetivo mostrar la potencialidades de la harina de la papa, a través de la revisión literaria de las propiedades funcionales de la harina de papa y su papel en el desarrollo de productos. La harina de patata es un producto de valor agregado viable debido a su versatilidad en función como espesante y mejorador del color o sabor. Se utiliza en productos de panadería, salsas, productos extruidos o snacks elaborados y también en mezclas de sopas secas. La harina de patata se prepara secando las rodajas peladas en un secador de aire caliente o secando el puré cocido en un secador de tambor en hojuelas seguido de molienda y tamizado. La severidad del tratamiento térmico durante el proceso de secado influye en los cambios / degradaciones del almidón y las propiedades de la harina. Las propiedades de la harina también pueden modificarse mediante tratamientos químicos y enzimáticos y las propiedades como la viscosidad de la pasta, la reología de la masa, las propiedades de formación de gel y la capacidad de hinchamiento son importantes para determinar la idoneidad de la harina en las formulaciones alimentarias. La alta estabilidad de las harinas secadas en tambor y secadas con aire caliente durante los procesos de calentamiento y enfriamiento demuestra su posible uso en productos que requieren esterilización, como alimentos para bebés. Las harinas modificadas con enzimas con alta viscosidad de la pasta actúan como buenos espesantes. Se discuten las propiedades funcionales de la harina de patata elaborada mediante diferentes procesos que implican tratamientos físicos, químicos o enzimáticos.

Von *et al.* (2005), tuvieron como objetivo, caracterizar harinas y almidones exentos de gluten, seleccionaron preparaciones a base de almidones y harinas exentas de gluten (araruta, polvillo ácido y dulce, harina de mandioca, almidón de maíz, fubá, harina de maíz, arrozín, crema de arroz, fécula de papa), utilizando harina de trigo como referencia. El color fue evaluado con un colorímetro. La fubá y crema de arroz presentaron los valores de croma más intensos. Concluyeron que las preparaciones a base almidones y harinas resultaron adecuadas para la preparación de dietas especiales.

2.7. MARCO CONCEPTUAL

PAPA NATIVA

Las papas nativas son cultivos con 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).

HARINA DE PAPA

Producto obtenido de la molienda de los tubérculos deshidratados, es un producto transformado que contiene almidón, gluten, agua, azúcares simples, materias minerales, materias grasas, vitaminas y enzimas.

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

Proceso mediante el cual la estructura cristalina (estructura ordenada) del almidón en presencia del agua e incremento de temperatura pasa a un estado desordenado.

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN

Es la temperatura específica a la cual el almidón contenido en la harina inicia el proceso de hinchamiento del granulo a temperaturas elevada en presencia de agua (Grace, 1977).

PODER DE HINCHAMIENTO

Inicia cuando los gránulos de almidón se introducen en agua, iniciando un proceso de absorción e hinchamiento, y con incremento de la temperatura, el volumen aumenta y se presenta una pérdida de cristalinidad (Sánchez, 2007).

SOLUBILIDAD EN AGUA

Este parámetro está relacionado con el contenido de amilosa-amilopectina, además de las características como peso molecular, grado y longitud de ramificación, y conformación de moléculas complejas de lípidos de estos dos componentes (Zhang *et al.*, 2005).

ABSORCIÓN DE AGUA

Parámetro que indica el rendimiento y consistencia de masa fresca empleado en la industria panificadora.

CLARIDAD DE LA PASTA

Medida del porcentaje de transmitancia, cuando un gel o pasta es sometido al paso de un haz radiante.

COMPUESTOS BIOACTIVOS

Pigmentos relacionados con la coloración de vegetales y frutas entre los cuales se encuentran las siguientes sustancias: flavonoides, carotenos, antocianinas, terpenos, entre muchos otros.

COLOR

El color es considerado un atributo de calidad, y estos pigmentos de los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalaínas y vitaminas (Santanna *et al.*, 2013).

CAPITULO III - HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis general

Las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de las harinas de papa nativa (*Solanum tuberosum*), presentan características adecuada que permitirían su uso en la industria alimentaria.

3.1.2. Hipótesis específicas

- Los valores de las propiedades funcionales: PH, IS, IAA, DA, TG, CP, V y el color de la harina de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum*), serán diferentes y mayores a otros productos.
- El contenido de compuestos bioactivos en la harina de papa disminuye ligeramente en comparación al valor inicial en las cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum*).

3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable independiente: Harina de variedades de papa

Variable dependiente:

- **Variable dependiente 01:** Propiedades funcionales

Indicadores: poder de hinchamiento- PH, índice de solubilidad – IS, índice de absorción de agua – IAA, temperatura de gelatinización – TG, claridad de pasta – CP y viscosidad – V., Color (L^* , a^* , b^*)

- **Variable dependiente 02:** Compuestos bioactivos

Indicadores: fenoles totales y antocianidinas

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En la Tabla 4, se presenta la operacionalización de las variables de estudio.

Tabla 4.
Operacionalización de variables

Variables	Definición de operaciones					
	Dimensiones	Indicador	Unidad	Técnica	Método	Instrumento
Harina de papa nativa	Variedad	Variedad	Variedad	Observación- Características	Observación	Observación
Propiedades funcionales	Propiedades funcionales	Poder de hinchamiento – PH	%	Absorción de agua	Gravimétrico	Medida indirecta
		Índice de solubilidad – IS	g soluble/g almidón	Solubilidad en agua	Gravimétrico	Medida indirecta
		Índice de absorción de agua – IAA	g de gel/g almidón	Absorción de agua	Gravimétrico	Medida indirecta
		Temperatura de gelatinización – TG	°C	Termométrica	Térmico	Termómetro
		Claridad de pasta – CP	% de Transmitancia	Espectrometría	Fotómetro	Espectrómetro
		Viscosidad – V	cP	Rotacional	Reológico	Viscosímetro
		Color	$L^* a^* b^*$	Colorimétrica	Colorimétrico	Colorímetro
Compuestos bioactivos	Compuestos bioactivos	Fenoles totales	mg/g	Espectrometría	Colorimétrico	Espectrómetro
		Antocianidina	mg/g	Espectrometría	pH diferencial	Espectrómetro

CAPITULO IV - MÉTODOS

4.1. Ámbito de estudio

El proyecto de investigación se realizó en los laboratorios de la Escuela Profesional Ingeniería Agroindustrial, 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.

4.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación corresponde a la aplicada, debido a que aplicó conceptos, teorías relacionadas con el tema para explicar el comportamiento de las propiedades funcionales y color de las harinas de papa nativa.

4.2.2. Nivel de investigación

- Según el objeto de estudio: Explicativa

Se utilizó los antecedentes, bases teóricas para explicar y discutir los hallazgos encontrados sobre comportamiento de las propiedades funcionales y color de las harinas de papa nativa.

- Según el tipo de datos empleados: Cuantitativa

Porque se emplearon instrumentos y/o equipos siguiendo procedimientos para medir el comportamiento de las propiedades funcionales y color de las harinas de papa nativa, para finalmente poder contrastar la hipótesis.

- Según la manipulación de variables: Experimental

Porque se manipuló la variable de estudio, en este caso la variedad de papa nativa; los tratamientos fueron aleatorios y se mostró a través de una matriz de diseño experimental.

- **Según el tipo de inferencia: Hipotético-deductivo**

Porque se plantearon afirmaciones para probar las hipótesis de los resultados en función a las propiedades funcionales y color de las harinas de variedades de papa nativa, que fueron probadas estadísticamente.

- **Según el periodo temporal: Transversal**

Porque se determinó el rendimiento de extracción, las propiedades funcionales y color de las harinas de papa nativa, en un solo periodo.

- **Según la relación de variables: Correlacional**

Debido a que se estudiaron la relación entre las variables de estudio, a fin de evaluar la correlación existente entre ellas.

4.3. Unidad de análisis

Estuvo referida a la harina de papa nativa, a las cuales evaluó las propiedades funcionales y el contenido de compuestos bioactivos.

4.4. Población

Se utilizaron cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum*) Leona, Winqu, Amachi y Muru Millcu, producidas en Centro Poblado de Champaccocha, del distrito de Andahuaylas, Provincia de Andahuaylas, Región Apurímac.

4.5. Muestra

Se consideraron 10 kg de papa nativa de cada variedad Leona, Winqu, Amachi y Muru Millcu, las cuales no presentaron magulladuras, golpes, ni cortes.

Las muestras de papa fueron cultivadas en el periodo vegetativo Octubre 2017 – Mayo 2018, procedieron de los campos de cultivo del Centro Poblado de Champacocha, ubicada a 13° 39' 26" S, 73°17'32" W, y 3582 m de altitud, de la provincia de Andahuaylas

4.6. Técnicas de recolección de información

4.6.1. Preparación y acondicionamiento de la materia prima

La materia prima, papa nativa, se seleccionó considerando los siguientes criterios: sin presencia de cortes, golpes o magulladuras, sin presencia de zonas putrefactas; tomadas en cuenta estas consideraciones, la materia prima fue llevada a un ambiente refrigerado a 10°C, a fin de evitar estrés térmico (Alonso et al., 2014).

4.6.2. Obtención de la harina de papa

La obtención de la harina de papa se desarrolló en el laboratorio de Química de la Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, para lo cual se adaptó la metodología propuesta por Ligarda *et al.* (2014) y Cerón *et al.* (2014), la cual consistió en tomar las papas nativas sin pelar de cada variedad papa nativa, estas fueron previamente lavadas, cocinadas y enfriada.

La cocción se realizó con vapor directo en una autoclave de acero inoxidable a una temperatura de 105°C, 5 psi, y 15 minutos (Cerón *et al.*, 2014).

Luego de esta operación la papa fue trozada para obtener un área superficial mayor, se llevó a un deshidratador de bandejas por aire forzado modelo ED 23, marca BINDER, a una velocidad de 6.0 m/s y a una temperatura de aire de 60 a 70°C, con el fin de que no haya ninguna clase de reacción de pardeamiento en el producto (Cerón *et al.*, 2014)

El producto se llevó hasta humedad entre 4 - 6%, para luego ser sometido a un proceso de molienda, y tamizado pasando el producto por una serie de tamices números 20, 30, 40, 50, 60 y 100 para obtener una harina fina (Cerón *et al.*, 2014).

4.6.3. Métodos de experimentación

4.6.3.1. Absorción de agua, Solubilidad en agua y poder de inchamiento

Para la determinar de IAA, ISA y PH, se adaptó la metodología propuesta por Anderson *et al.* (1969) con algunas modificaciones.

Se pesaron tubos ensayo, y se agregaron 1.0 g de harina de papa y 20 mL de agua destilada precalentada a 60°C, esta mezcla se introdujo en un baño isotérmico durante 30 min con agitación leve, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se centrifugo a 4900 RPM por 15 min, enseguida se extrajo el sobrenadante y se midió el volumen, mientras que el sedimento se llevó a secado a 70°C por 2 h (peso gel)

Se tomó 5 mL del sobrenadante (peso de solubles) en tubo de ensayo y se llevó a secado a 70°C por 24 h, luego se pesó el tubo.

El IAA, ISA y PH, se determinará de acuerdo con las ecuaciones 6,7 y 8.

$$IAA = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (6)$$

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles} * V * 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (7)$$

$$PH = \frac{\text{Peso de gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}} \quad (8)$$

4.6.4. Claridad de pasta

Se empleó el método propuesto por Craig *et al.* (1989), para lo cual se pesó en tubos de ensayo 200 mg de muestra, luego se suspendió la harina con 20 mL de agua destilada, los tubos se colocaron en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos, se agitó la suspensión cada 5 minutos, finalmente se colocaron las muestras en cubetas del espectrofotómetro, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se midió el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, empleando agua destilada como blanco.

4.6.5. Temperatura de gelatinización

Se pesó 10 g de harina de papa, y se diluyó con agua destilada hasta aforar a 100 mL, se tomó 50 mL de la suspensión, se agitó y calentó 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 (Fernández, 2008).

4.6.6. Viscosidad aparente

Se utilizó el método propuesto por Bello *et al.*, (2002), se preparó 200 mL de pasta de harina de papa al 5% (p/v) con agua destilada, la pasta se colocó en un baño termostático durante 15 min y posteriormente fue enfriada a temperatura ambiente (alrededor de 18 °C). La viscosidad aparente empleando un viscosímetro Brookfield a 25 °C, utilizando 4 velocidades de deformación (2, 4, 10 y 20 min⁻¹) y una aguja N°3.

4.6.7. Determinación de antocianinas totales

La cuantificación de antocianinas se realizó a través del método pH diferencial y espectrofotométrico, propuesto por Giusti et al. (2014), que consistió en:

A. Preparación del extracto metanólico

Se pesó 1.0 g de la muestra, y se adicionó 30 mL de metanol acidificado con HCl al 1% para su extracción con ultrasonido por 10 minutos, luego se centrifugo a 4000 rpm por 15 min a una temperatura de 0° C, se adicionó 10 mL de metanol acidificado y se le aplicó 10 minutos de ultrasonido, seguido de una centrifugación bajo las mismas condiciones. Posteriormente se aforo a 50 mL, y se almacenaron en refrigeración en frascos de vidrio ámbar.

B. Método de pH diferencial

Se empleo buffer KCl (pH 1.0) y CH₃COONa (pH 4.5), para preparar 2 disoluciones, en dos tubos se colocó 1mL de muestra concentrada y se añadió al primer tubo 13 mL de buffer KCl y 13 mL de buffer CH₃COONa al segundo tubo, luego se midió la absorbancia a 520 nm y 700 nm, finalmente las muestras se dejaron en reposo por 15 min protegidos con papel aluminio y en oscuridad para su estabilización.

La concentración de pigmentos monoméricos se calculó empleando la ecuación (9), y se expresó como cianidina-3-glucósido.

$$\text{Antocianinas monoméricos} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{A*PM*FD}{\epsilon*1} * 100 \quad (9)$$

Donde: A= Absorbancia, PM= peso molecular de la antocianina, FD= Factor de dilución, ϵ =Absortividad molar.

El valor final de la absorbancia se obtuvo a través de la ecuación (10).

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5} \quad (10)$$

donde: $A_{vis-max}$ es la lectura del pico más alto a pH 1 y pH 4.5, y $A_{\lambda\ 700}$ es la lectura a 700 nm, tanto para pH 1 como pH 4.5

La concentración final de antocianinas (mg/100g) se calculó con base al volumen de extracto y peso de la muestra empleado (PM: 449.2 g/mol y ϵ : 26900 L/mol cm). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

4.6.8. Determinación de Fenoles totales

Se utilizó el método espectrofotométrico con el reactivo de Folin Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999), cuyo principio esta relacionado con la oxidación de grupos fenólicos (ácidos fosfomolibdicos y fosfotúngsticos), es así que al adicionar este reactivo se forma una coloración verde azulado en presencia de fenol medida a 765 nm.

Preparación de las muestras

Se molieron las muestras hasta obtener partículas finas, se pesó 1 g y se añadió 10 ml de CH₃OH al 70 % (p/v) y se mezcló por 5 min en el agitador vortex y durante 15 minutos en un agitador magnético a velocidad de 800 RPM a temperatura ambiente, los homogenizados se almacenaron por un periodo de 24 horas a 4 °C en oscuridad. Posteriormente se centrifugó los

homogenizado por 20 minutos a 3000 RPM a temperatura ambiente, finalmente se tomó el sobrenadante para las mediciones.

Curva de calibración

Se utilizó una solución de ácido gálico (0.1 g/L) a partir de la cual se realizó diluciones de 6, 12, 18, 24, 30, 36 mg/L. El blanco se preparó sin ácido gálico; con 1.0 mL de Folin Ciocalteu 1N, 2.1 mL de Na₂CO₃ al 20 % , se aforo a un volumen final de 5 ml con agua destilada y las diferentes concentraciones se preparó según la Tabla 5.

Tabla 5.

Datos de la curva estándar para fenoles totales

Concentración Ácido gálico (mg/L)	Ácido gálico (mL)	Folin Ciocalteu	Carbonato sodio 20 % (ml)	de Agua destilada (ml)
Blanco	0.00	1	2.1	1.90
6 mg/L	0.06	1	2.1	1.84
12 mg/L	0.12	1	2.1	1.78
18 mg/L	0.18	1	2.1	1.72
24 mg/L	0.24	1	2.1	1.66
30 mg/L	0.30	1	2.1	1.60
36 mg/L	0.36	1	2.1	1.54

Fuente: Singleton *et al.*, (1999).

Por último, se realizó la lectura de absorbancia a una longitud de onda de 765 nm en un espectrofotómetro UV-Visible.

La ecuación (11) de la curva estándar para la cuantificación de los compuestos fenólicos totales fue:

$$Y = aAbs + b \quad (11)$$

Dónde:

Y = mg de ácido gálico equivalente / ml

Abs = Absorbancia a 765 nm

a, b → Parámetros de la ecuación normalizada

Medición de fenoles totales

Se preparó una mezcla con 1.5 ml de cada extracto crudo y 2.25 ml de reactivo Folin Ciocalteu, se agitó durante 3 minutos y se agregó 2.25 ml de Na_2CO_3 . Luego se incubó por 15 minutos a 45°C . finalmente se midió la absorbancia a 765 nm, usando como blanco CH_3OH (80:20, v/v) y se empleó la ecuación (12) para el cálculo de compuestos fenólicos.

$$C.F.T = \frac{Y \cdot D \cdot V \cdot 100}{p} \quad (12)$$

Dónde:

$C.F.T$ = Compuestos fenólicos totales (mg de ácido gálico equivalente/ 100g de muestra fresca).

Y = miligramos (mg) de ácido gálico equivalente /mL

D = Dilución

V = Volumen de muestra

p = Peso de la muestra en gramos

4.7. Técnicas de análisis e interpretación de la información

4.7.1. Diseño experimental

El diseño experimental será un Diseño Completamente al Azar – DCA, debido a que se manipulará una sola variable: La variedad de harina de papa, tal como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6.

Diseño Completamente al Azar

Orden	Variable de entrada			
	Tratamientos	Rendimiento	Prop. funcionales	Compuestos bioactivos
3	Leona	---	---	---
1	Wingu	---	---	---
4	Amachi	---	---	---
2	Muru Millcu	---	---	---

4.8. Técnicas de prueba de hipótesis

4.8.1. Prueba de diferencia significativa

Se aplicó un análisis de varianza de un factor – ANOVA, con un nivel de confianza del 95% de confianza, cuya hipótesis nula a probar son:

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

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

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

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j \text{ para algún } i, j$$

4.8.2. Prueba de comparación múltiple

Al rechazar la hipótesis nula de análisis de varianza, se aplicó el test de Tukey a fin de identificar que tratamientos muestra diferencia significativa.

El test Tukey se aplicó para probar la Hipótesis nulas siguiente:

- H_0 , la media del rendimiento y propiedades funcionales de la harina de papa de al menos una variedad de papa no muestra diferencia significativa.
- H_0 , la media del color de la harina de papa extraído no muestra diferencia significativa con el color de la papa nativa fresca.

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

CAPITULO V – RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. MATERIA SECA

Los resultados de la materia seca de las variedades de papa sin piel se presentan en la Tabla 7, de ella se desprende que la variedad Winqu presento mayor valor 29.75 ± 0.22 g/100 g, mientras que la variedad Amachi reporto 25.09 ± 0.14 g/100 g, los valores encontrados muestran diferencia significativa (p-value < 0.05 , Anexo 01) tal como se evidencia en la Figura 11, estos resultados se encuentran dentro de los rango establecidos para este tipo de papas (Banse *et al.*, 1984; Fuenzalida, 2008; Cerrón, 2012), no obstante difieren ligeramente de los resultados reportados para las mismas variedades por Fonseca (2014), esto podría deberse a las condiciones de cultivo de los tubérculos tales como clima, piso altitudinal, tipo de suelo así como la madurez durante la cosecha.

Valores altos de materia seca conceden a la papa y sus derivados mejor textura (Bonierbale, 2004) así como mejoras del producto en frituras, de otra parte, bajos contenido de materia seca requerían de mayor energía durante el secado de las papas, del mismo modo están sujetos a la variedad y a la materia prima a usar como fuente de harina, tal como lo menciona Lucas *et al.* (2013).

Así de esta manera las papas en estudio podrían ser adecuadas para su uso en papillas, y por ende para su procesamiento como harinas.

Tabla 7.

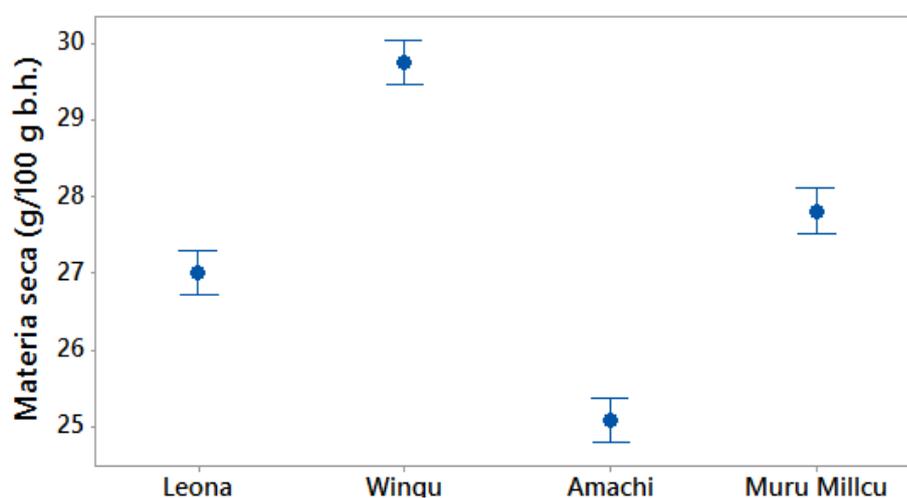
Materia seca de las variedades de papa nativa

Variedad	Materia Seca (g/100 g b.h.)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	27.02	\pm 0.24	0.88	A	
Winqu	29.75	\pm 0.22	0.72	B	
Amachi	25.09	\pm 0.14	0.57	C	
Muru Millcu	27.82	\pm 0.26	0.93	D	

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 01

Figura 11.

Diagrama de medias para la materia seca



5.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA HARINA DE PAPA

A. TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN

Los resultados de la temperatura de gelatinización (TG) se muestran en la Tabla 8, de ella se desprende que los valores se encuentran en el intervalo de 65.6 a 68.9 °C, presentando mayor valor la variedad Muru millcu (68.9 ± 0.5 °C), mientras que la variedad Amachi es la presente menor TG de 65.6 ± 0.6 °C, los resultados muestran diferencia significativa (p -value < 005, Anexo 02), sin embargo la variedad Leona y Winqu presentan similar TG (letras iguales en la

Tabla 8), tal como se evidencia en la Figura 12, similares resultados encontraron Diaz (2015) y Avula y Singh (2009)

Tabla 8.

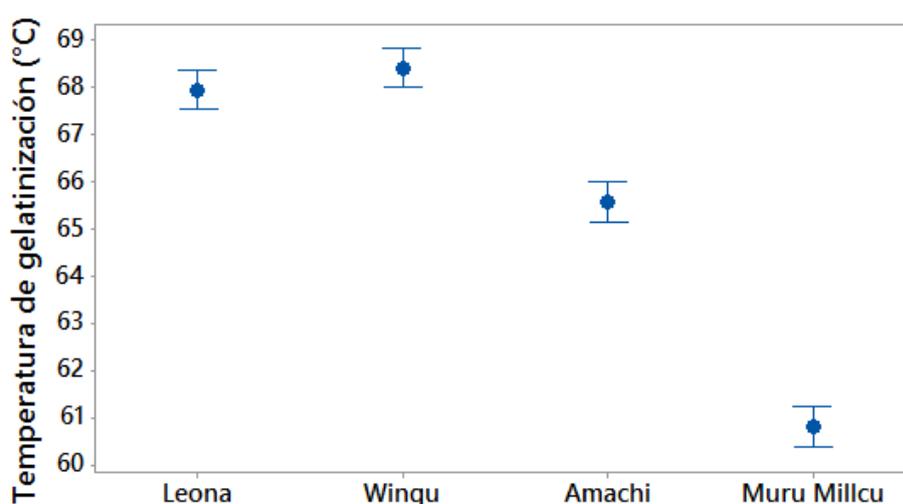
Temperatura de gelatinización de las variedades de harina

Variedad	TG (°C)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	68.0	\pm	0.4	0.5	A
Wingu	68.4	\pm	0.3	0.5	A
Amachi	65.6	\pm	0.6	0.8	B
Muru Millcu	68.9	\pm	0.5	0.7	C

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 02.

Figura 12.

Diagrama de medias para la TG



Bajos valores de temperatura de gelatinización indican que las harinas tienen un mayor porcentaje de digestibilidad (Pineda-Gómez *et al.*, 2011), la cual está condicionada principalmente por la concentración o cantidad de almidón que presenten las harinas (Rodríguez *et al.*, 2009; Diaz, 2015), no obstante, la TG de diversas harinas como el plátano, arrocillos, yuca, camote entre otros se encuentra entre 68 a 70°C (Lucas *et al.*, 2013, Xingli *et al.*, 2020).

Asimismo, bajos valores de TG en las harinas hacen permisible su aplicación en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos tipo chiclosos o natillas, pudines, entre otros. (Hernández et al., 2008), por otra parte, una mayor temperatura de gelatinización en harinas nativas refleja una mayor estabilidad interna del gránulo, normalmente asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas y a un mayor contenido de amilosa (Imberty, 1988).

Sin embargo, una mayor temperatura de gelatinización en las harinas nativas muestra mayor estabilidad interna del gránulo, normalmente asociada a la mayor presencia de zonas semicristalinas y altos contenidos de amilosa (Imberty, 1988).

Los valores encontrados se encuentran en el rango de harinas de este tipo, lo que sugiere que este producto presentaría buena gelatinización, permitiendo ser aplicado en la industria alimentaria.

B. INDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA)

Los resultados del índice de absorción de agua (IAA) se presentan en la Tabla 9, se observa que la variedad Leona presenta el mayor valor 10.34 ± 0.02 g gel/g, mientras que la variedad Muru Millcu 9.23 ± 0.01 g gel/g, de los resultados obtenidos se observó que estas presentan diferencia significativa (p -value < 0.05, Anexo 3), tal como se aprecia en la Figura 13, similares valores obtuvieron Techeira *et al.* (2014), Alonso *et al.* (2014), y Xing *et al.* (2016), aunque Díaz (2015) reporto valores relativamente menores de IAA para variedades de papa nativas.

El proceso y composición de las harinas afectan sus propiedades funcionales, puesto que al someter a tratamientos térmomecánicos, las harinas modifican sus propiedades funcionales, como lo es el IAA, puesto que estas están sujetas a la cantidad y disponibilidad del almidón que presenten, ya que estas logran hincharse con la adición del agua, mejorando esta capacidad de absorción con el aumento de la temperatura (Techeira et al., 2014, Xing et al., 2016), del mismo modo se relajan las fuerzas de atracción intermoleculares de los constituyentes de las harinas, permitiendo así el ingreso de agua a los intersticios intermoleculares, en ese sentido las variedades Leona y Winqu al presentar valores más altos de IAA, presentarían fuerzas intergranulares e intermoleculares más débiles en comparación a las otras variedades, lo que permite el esparcimiento de los componentes moleculares de los granulos de harina en el agua, incrementando su solubilidad (Jayakody, *et al.*, 2007; Freitas *et al.*, 2004).

Tabla 9.

IAA de las variedades de la harina de papa nativa

Variedad	IAA (g gel/g)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	10.34	\pm	0.02	0.21	A
Winqu	10.13	\pm	0.06	0.57	B
Amachi	9.36	\pm	0.04	0.45	C
Muru Millcu	9.23	\pm	0.01	0.12	D

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 03.

Figura 13.

Diagrama de medias para el ISA



Las variedades estudiadas presentan favorable índice de adsorción de agua, ya que permiten alrededor de 10 g/g, lo que hace que las harinas de las variedades tengan buena consistencia a la hora de preparar para su consumo.

C. INDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUAS (ISA)

El ISA indica el grado de relación existente (enlace intragranular) entre los polímeros de la harina de papa (Araujo *et al.*, 2004) además de conocer la capacidad de reaccionar y disolverse con agua, así los valores encontrados para las muestras, se muestran en la Tabla 10, en ella podemos apreciar que la variedad Muru Millcu presento mayor valor de ISA 34.74 ± 0.04 %, seguida de la variedad Leona 32.97 ± 0.16 % mientras que la variedad Winqu fue la que reporto el valor más bajo 19.13 ± 0.06 %, presentando las variedades diferencias significativas ($p\text{-value} < 0.05$, Anexo 04), tal como se aprecia en la Figura 14, resultados similares obtuvieron Xingli *et al.* (2020), Avula y Singh (2009), Alonso *et al.* (2014) para diferentes variedades papa; aunque estas diferencias en el ISA de las harinas de papas nativas estudiadas puede estar asociadas al tamaño y

forma de granulo o la fuente biológica (Lindeboom *et al.*, 2004), así como a las condiciones del cultivo.

Tabla 10.

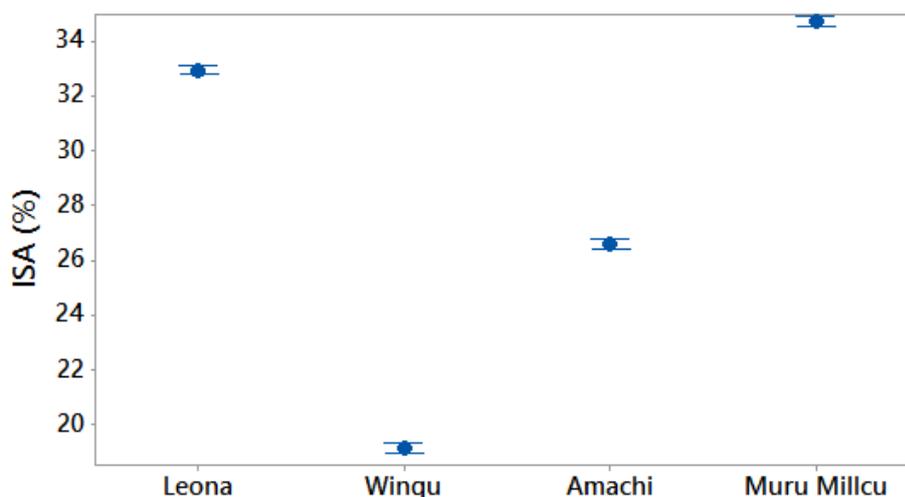
ISA de las variedades de la harina de papa nativa

Variedad	ISA (%)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	32.97	\pm 0.16	0.16	0.47	A
Wingu	19.13	\pm 0.06	0.06	0.31	B
Amachi	26.58	\pm 0.21	0.21	0.79	C
Muru Millcu	34.74	\pm 0.04	0.04	0.11	D

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 04.

Figura 14.

Diagrama de medias para el ISA



Al ser el ISA un parámetro que muestran la magnitud de la interacción entre las cadenas de almidón de la harina de papa, dentro de las secciones amorfas y cristalinas que la conforman (Sandoval *et al.*, 2012), así como también a la diferencia en la distribución en la longitud de la cadena como fue reportado en otros almidones (Bello, 1998), de otro lado las ramificaciones laterales de la amilopectina de las moléculas del almidón de las harinas y un menor tamaño del gránulo facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares,

aumentando la solubilidad de los polímeros, lo que se traduce como que el responsable del incremento del ISA se debe la mayor cantidad de amilopectina (Hwang y Kokini, 1992).

Las harinas estudiadas, presentan alta solubilidad, es decir pueden ser empleadas en la elaboración de diversos productos, desde papilaas, panes, y similares.

D. PODER DE INCHAMIENTO (PH)

Los resultados del poder de hinchamiento se presentan en la Tabla 11, de ella se desprende que la variedad Leona presentó mayor PH de 15.43 ± 0.00 g gel/g, seguido de la variedad Muru Millcu 14.14 ± 0.01 g gel/g, mientras que la variedad Winqu fue la que reporto menor valor (12.52 ± 0.08 g gel/g), de ello se concluye que presentan diferencias significativas ($p\text{-value} < 0.05$, Anexo 05), este mismo hecho se puede evidenciar en la Figura 15, similares resultados obtuvieron Alonso *et al.* (2014), Soto y Yantas (2012), y Xing *et al.*, (2016), aunque Cruz y Sierra (2015) mostraron valores menores para para variedades mejoradas de papa criolla cultivadas en Granada, Cundimarca, Bogota.

El mayor poder de hinchamiento en las papas nativas en estudio, se podrían deber al alto contenido de grupos fosfato en la amilopectina contenida en las harinas, que permite la repulsión en las cadenas poliméricas adyacentes, resultado en incremento en la hidratación por el debilitamiento de los enlaces dentro de la parte cristalina de los gránulos de almidón de la harina (Alonso *et al.*, 2014).

Tabla 11.

PH de las variedades de la harina de papa nativa

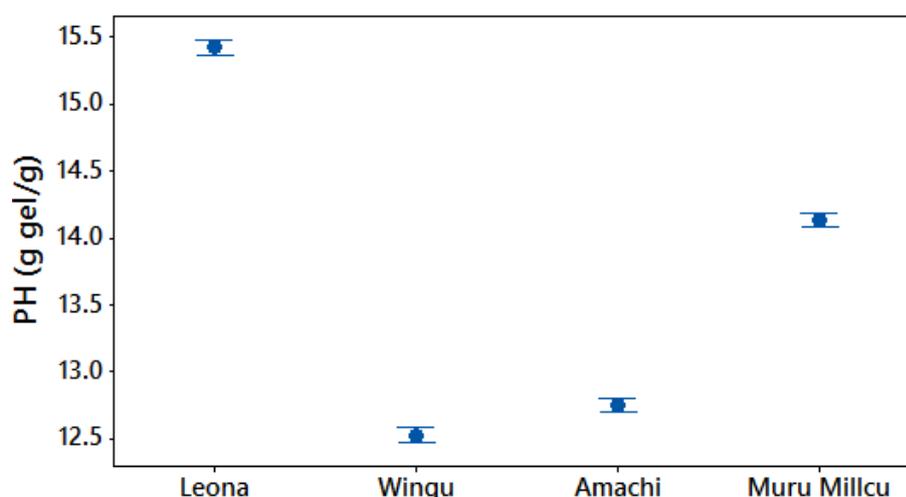
Variedad	PH (g gel/g sedimento)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	15.43	\pm 0.00		0.03	A
Winqu	12.52	\pm 0.08		0.60	B
Amachi	12.75	\pm 0.03		0.22	C
Muru Millcu	14.14	\pm 0.01		0.06	D

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 05

Aunque el poder de hinchamiento es relativamente bajo, estas harinas no podrían ser empleadas como ingrediente mayoritario en masas que requieran de incremento de volumen, esto debido a bajo contenido de amilopectina.

Figura 15.

Diagrama de medias para el PH



Durante un tratamiento hidrotérmico, el almidón de la harina de papa sufre una serie de modificaciones que van a influir sobre su estructura, pasando por tres fases importantes: gelatinización, gelificación y retrogradación, los cuales causan hinchamiento, hidratación, fusión y ruptura de los gránulos de harina (Rodríguez et al., 2006; Aristizábal y Sánchez, 2007).

La temperatura favorece el hinchamiento de los gránulos de almidón presentes en las harinas (Vaclavik, 2002), logrando aumentar unas 30 veces su volumen inicial (Bello, 1998), siendo el grado adecuado entre 65°C - 95°C (Whistler, 1984).

E. CLARIDAD DE PASTA

Los resultados de la claridad de las pastas se presentan en la Tabla 12, en ella se muestra que la variedad Muru Millcu presenta mayor claridad (36.3 ± 1.0 %), seguida de la variedad Leona (32.8 ± 0.6 %), mientras que las variedades Winqu y Amachi presentan similares valores (Letras iguales), el mismo hecho se manifiesta en la Figura 16, donde se evidencia que presentan diferencia significativa (p -value < 0.05, Anexo 6).

Tabla 12.

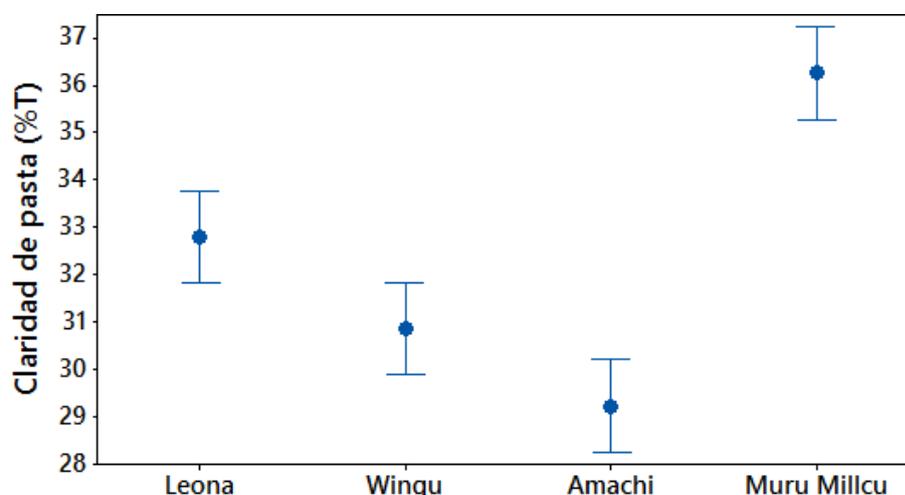
Claridad de pasta de las variedades de la harina de papa nativa

Variedad	Claridad de pasta (%T)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
Leona	32.8	± 0.6		1.8	A
Winqu	30.9	± 0.5		1.6	B
Amachi	29.2	± 0.8		2.6	B
Muru Millcu	36.3	± 1.0		2.7	C

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 06.

Figura 16.

Diagrama de medias para la CP



Duxbury (1989) menciona que las harinas presentan propiedades deseables como la claridad que permiten dotar de estabilidad en su aplicación, debido a las interacciones que existen entre la amilosa y la amilopectina, así las diferencias observadas en cuanto a la claridad de la harinas de papa nativa se debería a la distribución de las cadenas poliméricas (Bello et al., 2002), y la fracción de almidón que estas presentan (Techeira *et al.*, 2014), asimismo a la coloración que estas presentan debido a compuesto bioactivos (Nascimento y Canteri, 2018).

En cuanto a la claridad de la pasta de las harinas estudiadas, estas dependen del color natural del tubérculo, lo que permitiría diversificar el uso de estos productos.

F. VISCOSIDAD

La viscosidad de la pasta de harina de papa de las cuatro variedades se presentan en la Tabla 13, de ella se desprende que la variedad Amachi reporto

mayor viscosidad a las diferentes velocidades de deformación, mientras que la variedad Muru millcu menor valor, asimismo se observa que a medida que se incrementa la velocidad de deformación disminuye la viscosidad para todos los casos, siendo más pronunciada en la variedad Amachi y Muru millcu, y más conservador en las variedades Leona y Winqu, tal como se puede evidenciar en la Figura 18, aunque todas presentan diferencias significativas en cuanto a sus viscosidades (letras diferentes), similar comportamiento y resultados reportaron Lucas *et al.* (2013).

No obstante se pudo evidenciar que si bien es cierto que se reportaron valores diferentes de viscosidad a diferentes velocidades de deformación, estas no son del todo significativas ($p\text{-value} > 0.05$) tal como se evidencia en la Tabla 14, mientras que si hay evidencia de que la variedad concede viscosidades diferentes, esto se debe a la composición de la harina y los contenidos de amilosa y amilopectina que presentan, este mismo hecho se puede evidenciar claramente en la Figura 17.

Tabla 13.

Viscosidad de las variedades de harina de papa nativa

Variedades	Viscosidad (cP)			C.V. (%)	Diferencia significativa*
	\bar{x}	\pm	s		
2 RPM					
Leona	8650.0	\pm	50.0	0.6	A
Winqu	9166.7	\pm	76.4	0.8	B
Amachi	10966.7	\pm	104.1	0.9	C
Muru Millcu	7616.7	\pm	104.1	1.4	D
4 RPM					
Leona	8566.7	\pm	76.4	0.9	A
Winqu	9050.0	\pm	50.0	0.6	B
Amachi	10133.3	\pm	115.5	1.1	C
Muru Millcu	7336.7	\pm	56.9	0.8	D

10 RPM				
Leona	7473.3 ±	147.4	2.0	A
Winqu	7983.3 ±	65.1	0.8	B
Amachi	8666.7 ±	73.7	0.9	C
Muru Millcu	5386.7 ±	49.3	0.9	D
20 RPM				
Leona	7210.0 ±	26.5	0.4	A
Winqu	7800.0 ±	75.5	1.0	B
Amachi	8380.0 ±	52.9	0.6	C
Muru Millcu	5036.7 ±	37.9	0.8	D

*Evaluado con el test de Tukey al 5% de significancia, Anexo 07

Tabla 14.

ANOVA para viscosidad

Fuente	Fcal	p-value
RPM	2.09	0.155
Variedad	1098.98	0.000

Figura 17.

Diagrama de medias para la viscosidad

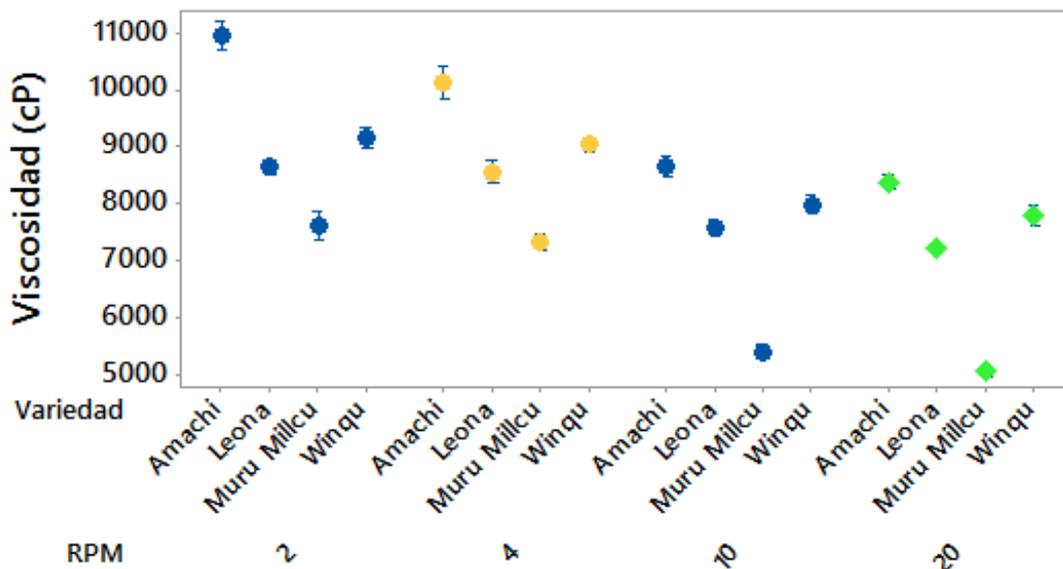
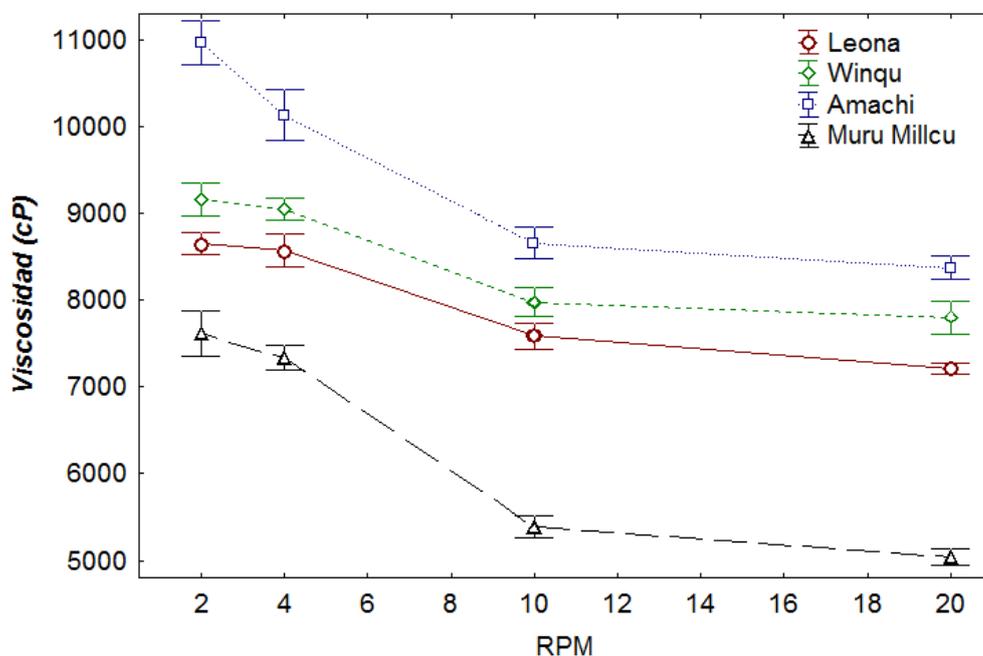


Figura 18.

Variación de la viscosidad para la harina de papa



Una propiedad funcional muy importante de las harinas es la viscosidad, es así que es deseable viscosidades altas para su manipulación tecnológica (Chen y Jane, 1994), la cual está vinculada a la estructura de la harina y almidón, básicamente al tamaño del granulo (Cui *et al.*, 2018; Lucas *et al.*, 2013; Espinoza-Solís *et al.*, 2009), es así que al observar que estas harina no se ven afectadas considerablemente por la velocidad de deformación ($p\text{-value} > 0.05$) son recomendables para puré, salsas, sopas y aglutinantes (Techeira et al, 2014).

G. COLOR

Los resultados del color de la papa fresca y en harina se presenta en la Tabla 15, en ella podemos observar que para la variedad Muru millcu la luminosidad L^* disminuye ligeramente 11.97 a 11.05 cuando se convierte en harina, aunque esta

variación no es significativa ($p\text{-value} > 0.05$), mientras que para las demás variedades en estudio L^* se incrementan considerablemente para la harina es decir tienden a colores más luminosos y claros, similar resultado fue reportado por Nascimento y Canteri (2018), en la producción de harina de papa con tratamiento de blanqueo y sin blanqueo; del mismo modo Udoro et al. (2020) para harina de yuca, observando que L^* no varía significativamente.

Por otra parte para el croma a^* se aprecia que para la papa fresca los valores se encuentran entre 32.43 a 42.70 (Tabla 15) observándose que no muestran diferencia significativa ($p\text{-value} > 0.05$, Tabla 16) (Letras iguales en la Tabla 15), esto indica que tiene alta tendencia al rojo, mientras que al ser sometidos al secado y posteriormente en harina el valor de a^* disminuye significativamente ($p\text{-value} < 0.05$, Tabla 16) para todas las variedades lo que indica que disminuye la potencia al rojo, tal como se evidencia en la Figura 19; mientras que para b^* se aprecia que la papa fresca reporto valores que se encuentran entre -46.10 a -56.67 es decir presentan alta tendencia al azul, y que este valor se incrementa significativamente, $p\text{-value} < 0.05$ (Tabla 16), para la harina es decir disminuye la coloración azul, este hecho se puede observar claramente en la Figura 19, donde se observa dos grupos bien definidos para L^* , a^* y b^* .

Por otra parte, se observó que las papas frescas de la variedad Muru millcu y Winqu presentan zonas claras cuya L^* es bien pronunciada, cercanas a 100 (Tabla 15) para ambos casos, mientras que a^* y b^* presenta valores muy débiles.

Tabla 15.

Color L^* a^* b^* para la papa Muru M

Variedad	L^*			C.V. (%)	Dif. Sig.**	a^*			C.V. (%)	Dif. Sig.	b^*			C.V. (%)	Dif. Sig.	Color
	\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s			
Papa fresca																
Muru M.	11.97	\pm	0.21	1.74		41.80	\pm	1.18	2.82		-55.20	\pm	1.67	3.03	A	
Amachi	12.10	\pm	0.26	2.19	B	39.97	\pm	1.21	3.02	A	-54.60	\pm	1.82	3.34	B	
Wingu	26.27	\pm	0.40	1.54		32.43	\pm	0.75	2.31		-46.10	\pm	0.85	1.85	B	
Leona	15.87	\pm	0.31	1.93	C	42.70	\pm	1.21	2.84	B	-56.67	\pm	1.50	2.64	B	
Harina																
Muru M.	11.05	\pm	0.55	4.98	A	15.60	\pm	1.40	8.97	A	-14.15	\pm	0.85	6.01	A	
Amachi	36.13	\pm	0.64	1.76	B	12.37	\pm	1.50	12.14	A	-18.67	\pm	0.98	5.26	A	
Wingu	46.13	\pm	0.68	1.48	C	13.47	\pm	1.27	9.40	A	-12.73	\pm	1.02	8.02	B	
Leona	40.57	\pm	0.74	1.82	D	12.37	\pm	1.42	11.45	A	-20.40	\pm	2.49	12.20	B	

**Evaluados a través del test de Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 8.

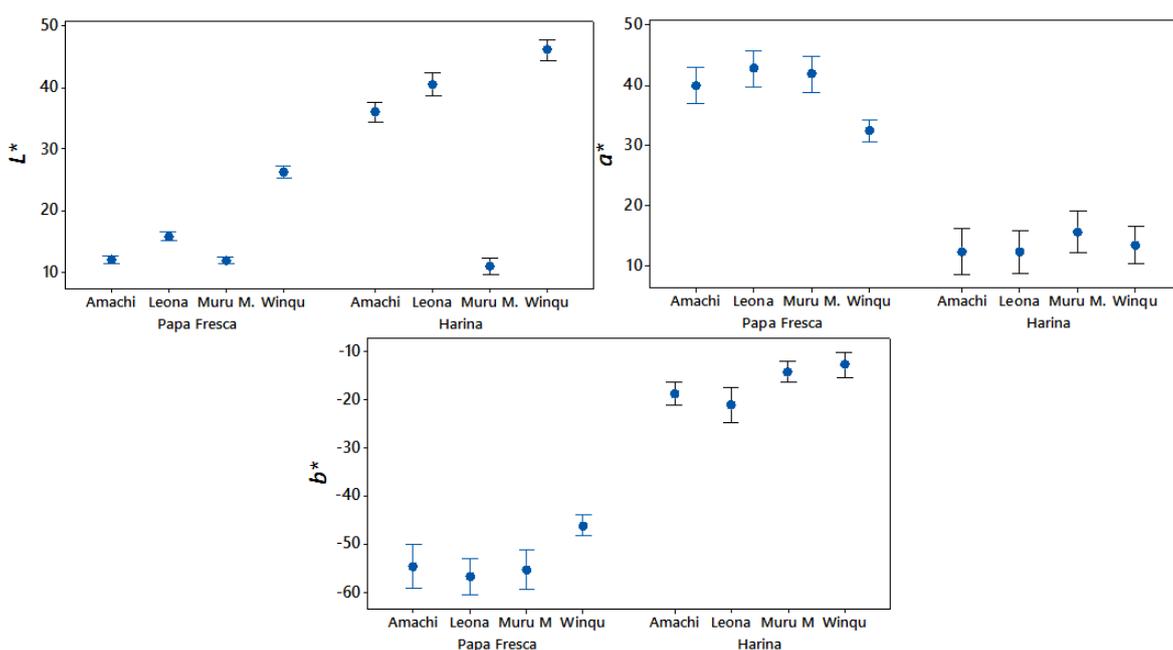
Tabla 16.

ANOVA para el color

	p-value	
	Harina papa	Papa fresca
L^*	0.000	0.000
a^*	0.067	0.000
b^*	0.000	0.000

Figura 19.

Diagrama de medias para el color



El color depende del observador y las condiciones en la cuales se observa un producto, y está acusada debido al contenido de macromoléculas coloreadas como antocianinas, flavonoides, clorofilas y carotenoide, es así que el reflejo indirecto del contenido de estos compuestos dotara a la papa de coloraciones variadas dependiendo del variedad, condiciones de cultivos y meteorológicas (Hidalgo *et al.*, 2014), y que estas al ser sometidos a diferentes procesos producen cambios debido a reacciones de pardeamiento y reacciones de REDOX (Rodríguez, 1998), provocando pardeamiento enzimático, que se origina por la polifenol oxidasa, lo que provoca un oscurecimiento (Udoro *et al.*, 2020; Fellows, 2007).

Otra de las razones por la cual se presenta un cambio en la coloración es la fotooxidación de los pigmentos por la acción de la luz, que en combinación con el oxígeno produce una grave decoloración, principalmente por la alteración de la clorofila, y otros compuestos bioactivos de la papa (Brandolini *et al.*, 2008; Rahman y Perera, 1999), por otra parte Hidalgo *et al.*, (2014) menciona que el tamaño de partícula de harina tiene una relación importante con el valor de L*, tal como lo menciona Von *et al.* (2005); del mismo modo los procesos tecnológicos de molienda, cocción similares influyen significativamente en los constituyentes de las harinas sobre todo en las cenizas, proteínas, pigmentos y contenido de almidón dañado, las cuales tienen influencia en la medición de color (Udoro *et al.*, 2020; Vásquez 2016; Posner, 2009).

Los resultados del índice de color (IC), se muestran en la Tabla 17, en ella se observa que para la papa fresca de la variedad Muru millcu, Amachi y Leona los valores de IC son menores a -40 esto es un indicativo de la coloración violeta

intenso, mientras que la variedad Winqu tiende a violeta azulado, y que al someter a la cocción y posterior secado mantienen el IC en el rango azul – violeta aunque para la variedad Leona con menor intensidad puesto que presenta un $IC = -14.46 \pm 1.06$, mostrando en todos los casos diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$, Tabla 18), por otra parte se observa que la variedad Muru millcu disminuye considerablemente el IC en para la Harina, llegando hasta un valor de -99.92 ± 7.95 , mientras que en los demás casos se incrementa significativamente ($p\text{-value} < 0.05$), tal como se evidencia en la Figura 20.

Tabla 17.

Índice de color (IC) para la papa

Variedad	Papa Fresca			C.V. (%)	Dif. Sig.*	Harina			C.V. (%)	Dif. Sig.*
	\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s		
Muru Millcu	-63.30	\pm 1.26	1.99	A	-99.92	\pm 7.95	7.96	A		
Amachi	-60.51	\pm 0.68	1.12	B	-18.31	\pm 1.56	8.54	B		
Winqu	-26.81	\pm 1.31	4.87	C	-22.93	\pm 1.11	4.83	C		
Leona	-47.50	\pm 0.73	1.53	D	-14.46	\pm 1.06	7.36	B		

*Evaluados a través del test de Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 8

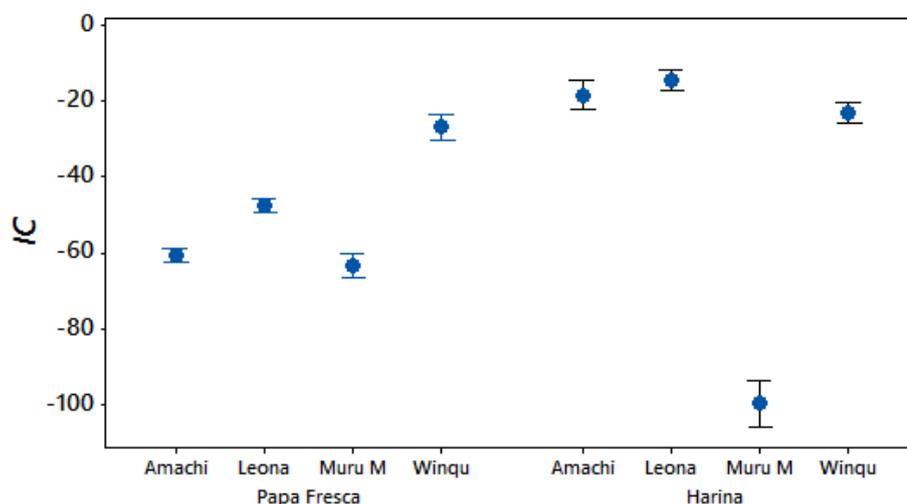
Tabla 18.

ANOVA para índices de color

	p-value	
	Harina papa	Papa fresca
IC	0.000	0.000
IA	0.000	0.000
ΔE	0.010	

Figura 20.

Diagrama de medias para el IC



Por otra parte la Tabla 19, presenta los valores del índice Amarillo/Azul (IA), en ella se observa que los valores son negativos en todos los casos, mostrando valores más bajos de IA para la papa fresca y con diferencia significativa entre variedades ($p\text{-value} < 0.05$), y que de acuerdo a Francis y Clydesdale (1975) indica que la pulpa de la papa presentan tendencia pronunciada al azul, mientras que después de haber sufrido la transformación hasta harina los valores de IA crecen significativamente ($p\text{-value} < 0.05$, Tabla 18) aunque persisten en el rango de color azul tenue o violeta claro, del mismo modo se aprecia que la variedad Muru millcu fresco y en harina presentan valores más bajos de IA tal como se evidencia en la Figura (21), este hecho está relacionado también con el IC para la misma variedad.

Tabla 19.

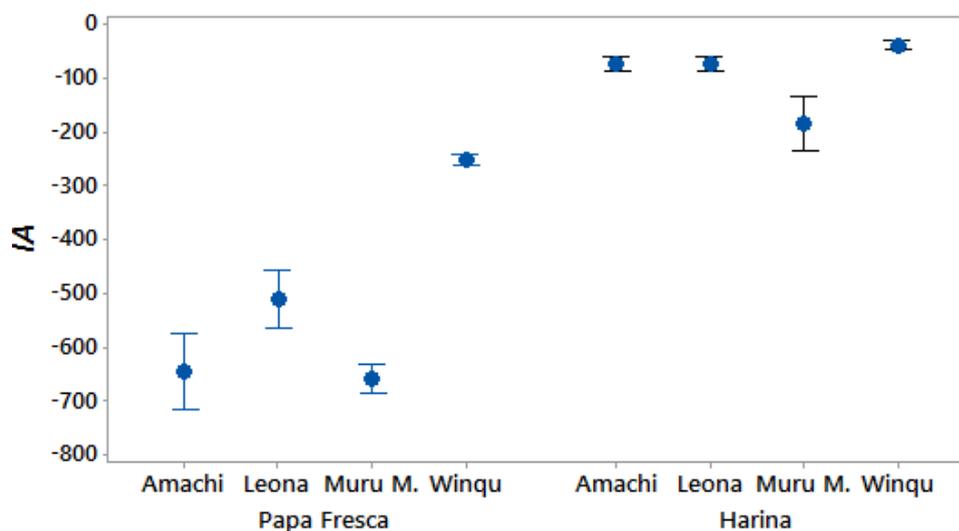
Índice Amarillo/Azul (IA) para la papa

Variedad	Papa Fresca			C.V. (%)	Dif. Sig.*	Harina			C.V. (%)	Dif. Sig.*
	\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s		
Muru Millcu	-658.91	\pm 10.81	1.64		-183.61	\pm 20.15	10.98			
Amachi	-644.93	\pm 28.71	4.45		-73.86	\pm 5.23	7.08			
Wingu	-250.74	\pm 4.19	1.67		-39.44	\pm 3.31	8.39			
Leona	-510.48	\pm 22.05	4.32		-74.20	\pm 5.20	7.01			

*Evaluados a través del test de Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 8.

Figura 21.

Diagrama de medias para el IA



Los valores de la diferencia de color ΔE para la harina de papa, se muestra en la Tabla 20, de ella se desprende que de acuerdo a Casassa y Sari (2006) presentan diferencia extraordinaria en comparación a la papa fresca, para todas las variedades, y que al comparar la variación de color entre variedades estas muestran diferencia significativa (p -value < 0.05, Tabla 18), aunque esta diferencia es más pronunciada entre la variedad Leona y Wingu, tal como se aprecia en la Figura 22.

Tabla 20.

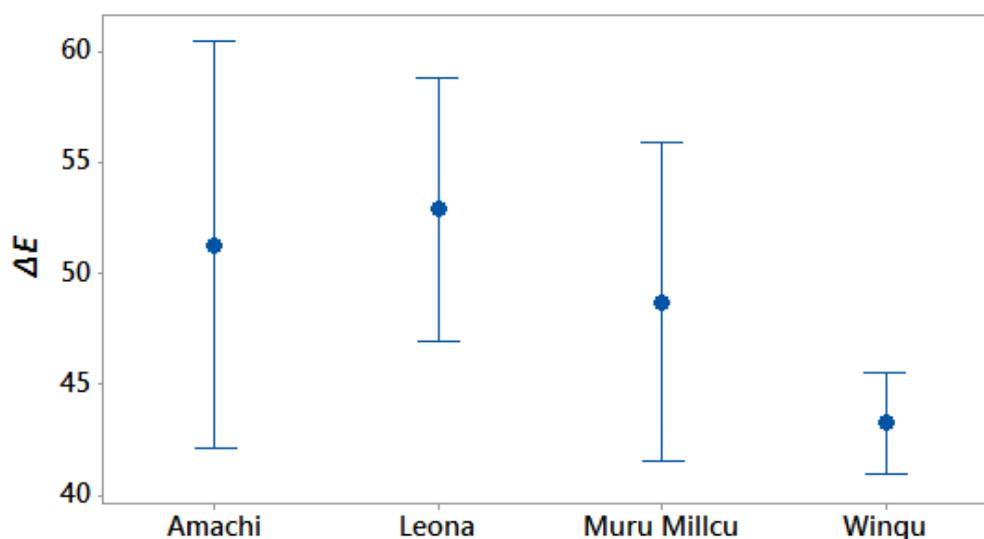
Diferencia de color ΔE para la papa

Variedad	ΔE			C.V. (%)	Dif. Sig.*
	\bar{x}	\pm	s		
Muru Millcu	48.71	\pm 2.89	5.93	5.93	A,B
Amachi	51.30	\pm 3.70	7.21	7.21	A
Wingu	43.24	\pm 0.93	2.15	2.15	B
Leona	52.91	\pm 2.39	4.52	4.52	A

*Evaluado a través del test Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 8.

Figura 22.

Diagrama de medias para la ΔE



En conclusión, el color de las harinas, permitiría diversificar su uso, debido a que estos colores son llamativos en la industria alimentaria, además de que son indicativo de presencia de compuestos bioactivos con capacidad antioxidante.

5.3. FENOLES TOTALES

Los resultados de los fenoles totales de las variedades de papa se presentan en la Tabla 21, de ella se desprende que las variedades de papa fresca presentan diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$) y que la variedad Leona presento mayor contenido 688.85 ± 5.50 mg AGE/100 g b.s., seguido de la variedad Wingu con

663.17 ± 4.11 mg AGE/100 g b.s., y que al ser sometidos a tratamientos para su transformación en harina la concentración disminuye ligeramente para todas las variedades, tal como se evidencia en la Figura 23, presentando concentraciones con diferencia significativa entre variedades (Letras diferentes en la Tabla 21).

Tabla 21.

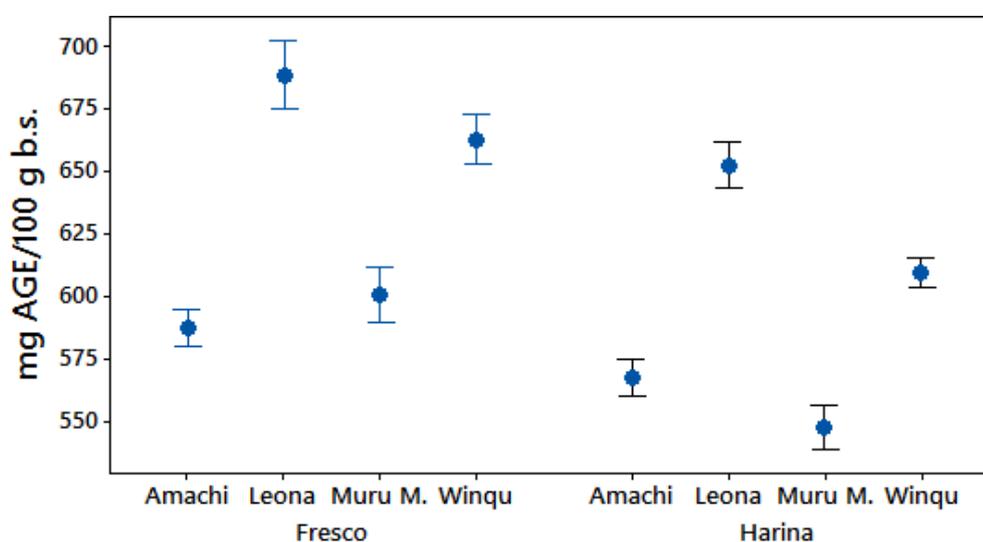
Fenoles totales (mg AGE/100 g b.s.) para la papa

Variedad	Fresco			C.V. (%)	Dif. Sig.*	Harina			C.V. (%)	Dif. Sig.*
	\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s		
Leona	688.85	\pm 5.50		0.80	A	652.84	\pm 3.75	0.57	A	
Wingu	663.17	\pm 4.11		0.62	B	609.75	\pm 2.50	0.41	B	
Amachi	587.37	\pm 2.96		0.50	C	567.98	\pm 2.96	0.52	C	
Muru Millcu	600.84	\pm 4.40		0.73	D	547.80	\pm 3.50	0.64	D	

*Evaluado a través del test Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 9.

Figura 23.

Diagrama de medias para Fenoles Totales



Los compuestos fenólicos de la papa presentan efectos benéficos, además de su actividad antioxidante, tales como actividad antimutagénica, anticarcinogénica y antiglicémica, sobre todo en lipoproteínas que se relacionan directamente con enfermedades cardiacas (Lister y Monro, 2000), puesto que

presentan alta con la capacidad antioxidante (Reyes y Cisneros-Zevallos, 2003), en ese sentido los valores encontrados son prometedores pues manifiestan altos contenidos en comparación a otra variedades de papa nativa crudas y tratadas valores similares fueron reportados por Fuenzalida (2008), no obstante Juli y Arias (2011) reportaron valores de 108.2 a 183.6 mg AGE/100 g b.h. para variedades mejoradas coloreado de papa nativa, Arcos (2015) encontró valores entre 5.181 y 5.133 mg AGE/100 g b.s., Andre *et al.* (2007) reporto entre 112 a 1237 mg AGE/100 g b.s., Shiroma *et al.*, (2008) encontró entre y 8.52 a 153.20 mg AGE/100 g b.s y Moenne-Locoz, (2008), alrededor de 8.32 mg AGE/100 g b., por lo que mientras más intenso sea el color de las papas estas presentaran mayor contenido de polifenoles (Villacrés *et al.*, 2010; Brown, 2005), pudiendo incrementar los niveles de polifenoles cuando se someten a cocción, aunque esto también depende de las condiciones agronómicas durante su cultivo (Shiromá *et al.*, 2008; Al-Saikhan *et al.*, 1995), claramente los valores encontrados en el estudio son relativamente superiores a los reportados, por lo que las papas en estudio poseen un alto valor agregado tanto en la industria alimentaria como en la nutracéutica (Nascimento y Canteri, 2018; Cui *et al.*, 2018).

5.4. ANTOCIANIAS MONOMERICAS

Los resultados del contenido de antocianinas como Cianidina-3-Glucocido en las papas nativas se muestran en la Tabla 22, observando diferencias significativas ($p\text{-value} < 0.05$, anexo 10) en su contenido para las variedades de papa fresca, y que la variedad Amachi presento mayor contenido 150.48 ± 0.82 mg C3G/100 g b.s., mientras que la variedad Winqu reporto 77.35 ± 0.73 mg C3G/100 g b.s.,

del mismo modo sucede para la harina de papa de las variedades de estudio, aunque el contenido disminuye ligeramente presentando diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$, anexo 10) en comparación con la papa fresca, este mismo hecho se puede observar en la Figura 24.

Tabla 22.

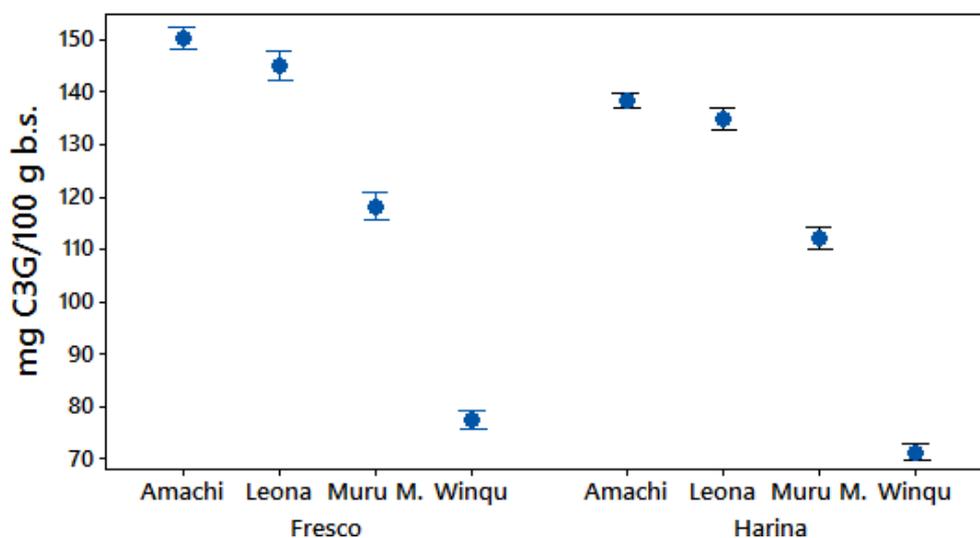
Antocianinas (mg C3G/100 g b.s.) para la papa

Variedad	Fresco			C.V. (%)	Dif. Sig.*	Harina			C.V. (%)	Dif. Sig.*
	\bar{x}	\pm	s			\bar{x}	\pm	s		
Leona	145.08	\pm 1.14		0.79	A	134.88	\pm 0.84		0.62	A
Wingu	77.35	\pm 0.73		0.94	B	71.31	\pm 0.69		0.97	B
Amachi	150.48	\pm 0.82		0.54	C	138.46	\pm 0.54		0.39	C
Muru Millcu	118.19	\pm 1.07		0.90	D	112.19	\pm 0.88		0.78	D

*Evaluado a través del test Tukey al 5% de significancia, datos completos en Anexo 10.

Figura 24.

Diagrama de medias para Antocianinas



Las papas coloreadas son una rica fuente de antocianinas en particular del tipo acilado (Eichhorn y Winterhater, 2005; Garzón, 2008), es así que se ha observado que las papas en estudio presentan diferentes contenido de antocianinas, esto se debe principalmente al número y orientación de los grupos

hidroxilo y metoxilo de la molécula, no obstante todas las variedades estudiadas tienden al violeta lo que es indicativo de una alta hidroxilación (Garzón, 2008; Segura 2004), no obstante estas pueden disminuir su concentración al ser sometidos a tratamientos tecnológicos como tratamientos térmicos o variación de pH y humedad, tal como sucedió en el presente trabajo (Wrolstad, 2000, Fennema, 2000; Hutchings, 1999), este fenómeno fue comprobado por Cerrón (2012) y Mixcan (2015) al someter las papas coloreadas a diferentes tratamientos térmicos observando disminución de antocianinas de hasta el 23%.

Rodríguez *et al.* (1998), Brown *et al.* (2005) y Lachman, *et al.*, (2008) reportaron contenidos de antocianinas entre 2 a 75 mg/100 g para papas de pulpa roja y moradas, los resultados encontrados superan a los resultados reportados por o autores en mención, sin embargo Mixcan (2015) y Juli y Arias (2011) reportaron valores similares, aunque Brown (2005), reporto concentraciones mayores para papas nativas, los cuales están condicionadas a las actividades agrícolas y las condiciones climáticas de cultivo, así como la variedad (Udoro *et al.*, 2020; Breakey *et al.*, 2002).

El nivel de antocianinas mostradas por estas harinas, permitirían su uso, no solo para personas con alguna deficiencia en salud, sino para mejorar aspectos que estén relacionados con la oxidación celular, como los problemas carcinógenos.

CONCLUSIONES

- El estudio de las propiedades funcionales y compuestos bioactivos de las harinas de papa nativa (*Solanum tuberosum*), brindaron información sobre la aplicabilidad y potencial uso de esta materia prima en la industria alimentaria.
- Las propiedades funcionales de la harina de papa de las variedades Leona, Winqu, Amachi y Muru Millcu presentan diferencias significativas (p -value < 0.05), es así que reportaron valores de materia seca entre 29.75 ± 0.22 a 25.09 ± 0.14 g/100 g, temperatura de gelatinización en el intervalo de 68.9 ± 0.5 a 65.6 ± 0.6 °C, IAA entre 10.34 ± 0.02 a 9.23 ± 0.01 g gel/g, ISA de 34.74 ± 0.04 a 19.13 ± 0.06 %, PH entre 15.43 ± 0.00 a 12.52 ± 0.08 g gel/g, claridad de pasta 36.3 ± 1.0 a 29.2 ± 0.8 %, viscosidad entre 5036.7 ± 37.9 a 10966.7 ± 104.1 cP disminuyendo significativamente (p -value < 0.05) con la velocidad de deformación aplicada entre 2 a 20 RPM, asimismo se observó que el para el color, la luminosidad L^* se incrementó significativamente en la harina de papa, mientras que el croma a^* tuvo tendencia al rojo y el croma b^* alta tendencia al azul, del mismo modo se observó que el Índice de color (IA) y el índice Amarillo-Azul (IA) muestra una tendencia marcada al violeta intenso, mostrando alta diferencia de color (ΔE) en comparación a la papa fresca.
- En cuanto a los fenoles totales se observó que las variedades de papa fresca presentan alto contenido entre 688.85 ± 5.50 a 587.37 ± 2.96 mg AGE/100 g b.s. disminuyendo significativamente (p -value < 0.05) para la harina en el intervalo de 652.84 ± 3.75 a 547.80 ± 3.50 mg AGE/100 g b.s., mientras el contenido de antocianinas monoméricas se encontró que para la papa fresca oscila entre 77.35 ± 0.73 a 150.48 ± 0.82 mg C3G/100 g b.s. disminuyendo significativamente

(p-value < 0.05), y para la harina de papa 71.31 ± 0.69 a 138.46 ± 0.54 mg C3G/100 g b.s.

- Las harinas de las variedades Amachi y Leona , mostraron mayor contenido de compuesto bioactivos, asimismo reportaron mejor comportamiento funcional y mayor estabilidad de color durante el proceso de transformación.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio del comportamiento térmico de la harina a través de termogramas y calorimetría de barrido
- Realizar el estudio de las isoterma de sorción, como condición de almacenamiento
- Evaluar la estructura superficial de los gránulos de harina de papa

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, M. Z., Guan, L. C., Lim, K. C., Karim, A. A. (2004). The applications of computer vision system and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. *Journal of Food Engineering* 61(1): 125-135.
- Alonso, J., García-Jarquín, K.Z., González-Lindo, K., Benavente, M. (2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *Nexo*, 27(2):99-114.
- Al-Saikhan, M.S., Howard, L.D., Miller, J. (1995). Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Science*, 60(2):341 – 343.
- 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.
- Andre, C., Ghislain, M., Bertin, P., Oufir, M., Herrera, M.R., Hoffmann, L., Hausman, J.F., Larondelle, Y., Evers, D. (2007). Andean Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a Source of Antioxidant and Mineral Micronutrients. *J. Agric. Food Chem.*, 55 (2):366-378.
- Araujo, C., Rincón, A., Padilla, F. (2004). Characterisation of *Dioscorea bulbifera* native starch. *Arch. latinoam. nutr*, 54(2):241-245.
- Arcos, C.F. (2015). Relación entre el Contenido de Polifenoles y la Digestibilidad de Almidón in vitro en Papas Nativas chilenas. Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Chile. p45.
- Aristizabal, J., Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón y harina de yuca. *Boletín de servicios agrícolas de la FAO*, p.163.
- ASTM, American S. Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates. Of the International Association for Testing Materials
- Avula, R., Singh, R. (2009). Functional Properties of Potato Flour and its Role in Product Development – A Review. *Global Science Books, Food*, 2:105-112.
- Badui, S.D. (2001). *Química de los alimentos*. Ed. Pearson. México D. F., 94-104.

- Banse, J., Heimlich, W., Barrientos, F., Contreras, A., Manquian, N. (1984). Composición química de 23 clones de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agro Sur*. 12 (1): 10-22.
- Bello, J. (1998). *Ciencia y tecnología culinaria*. Universidad de Navarra. España. Ed Diaz de Santos S.A.
- Bello, L.A., Contreras, S.M., Romero, R., Solorza, J., Jiménez, A. (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado de plátano *Musa paradisiaca* L. (Var. Macho). *Agrociencia*, 36(2):169-180.
- Beynum, G.M.A., Roels, J.A. (1985). *Starch conversion technology*. Ed. Marcel Dekker. Nueva York, Estados Unidos. pp. 360.
- Biliaderis, C.G. (1991). 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.
- Bonierbale, M., Amoros, W., Espinoza, J., Mihovilovich, E., Roca, W., Gomez, R. (2004). Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. *Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa 2004*.
- Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) whole meal flour. *Journal of Cereal Science*, 47:599-609.
- Breakey, J., Reilly, C., Connell, H. (2002) The Role of Food Additives and Chemicals in Behavioral, Learning, Activity, and Sleep Problems in Children. In: Branen AL, Davidson PM, Salminen S, Thorngate III JH, editors. *Food additives*. New York: Marcel Dekker Pg. 87-88.
- Brosnan, T., Sun, D. W. (2004). Improving quality inspection of food products by computer vision—a review. *Journal of Food Engineering* 61(1): 3-16.
- Brown, C. (2005). Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research*. 82: 163-172 p.
- Casassa, F., Sari, S. (2006). Aplicación del sistema Cie-Lab a los vinos tintos. Correlación con algunos parámetros tradicionales. *Revista de Enología*, 5, 1-15.

- 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.
- Cerón, A. F., Bucheli, M. A., Osorio, O. (2014). Elaboración de galletas a base de harina de papa de la variedad Parda Pastusa (*Solanum tuberosum*). *Acta Agronómica*, 63(2), 1-12
- Cerrón, L. M. (2012). Evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo. Tesis de pregrado, Universidad del Centro del Perú. p90.
- Chen, J., Jane, J. (1994). Preparation of granular cold-water-soluble starches prepared by alcoholic-alkaline treatment. *Cereal Chemistry* 71: 618-622.
- Córdova, A., Luna, J. A. Ronquillo, A. M. (2010). producción y comercialización de pan de harina de papa en la ciudad de Guayaquil. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas, Universidad de Guayquil, Ecuador.
- Coultate, T. P. (1984). Alimentos, química de sus componentes: Pigmentos. Trad. M. C. Díaz. Zaragoza, ESPAÑA. Editorial Acribia. p.104
- Craig, S.A.S., Maningat, C.C., Seib, P.A. Hosney, R.C. (1989). Starch Paste Clarity. *Cereal Chem.*, 66(3),173-182.
- Cruz, D. A., Sierra, G. (2015). Desarrollo de un puré deshidratado a partir de tres clones candidatos a registro de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería, Universidad de La Salle, Colombia. p. 114.
- Cui, L., Tian, Y., Tian S., Wang Y., Gao, F. (2018). Preparation of Potato Whole Flour and Its Effects on Quality of Flour Products: A Review. *Grain & Oil Science and Technology*, 1(3), 145-150. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1447.GOST.2018.18037>.
- De La Torre, L., Chel, L., Betancur, D. (2008). Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chemistry*. 106, 1138- 1144.

- Debet, R.M., Gidley, J.M. (2006). Three classes of starch granule swelling: Influence of surface proteins and lipids. *Carbohydrate Polymers*, 64 (3), 452-465.
- Díaz, Y. (2015). Determinación de las propiedades físicas, químicas, funcionales y la estabilidad en congelación/ descongelación del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp. *Andigenum*). Tesis de pregrado, E.P. Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú.
- Duxbury, D.D. (1989). Modified starch functionalities-no chemicals or enzymes. *Food Processing*, 50, 35–37.
- Eichhorn, S., Winterhalter, P. (2005). Anthocyanins From Pigmented Potato (*Solanum tuberosum* L.) Varieties. Institute of Food Chemistry, Technical University of Braunschweig, Schleinitzstr. 20, 38106. Braunschweig, Germany. *Food Research International* 38:943-948.
- Espinoza-Solis, V., Jane, L. J., Bello-Perez, L. A. (2009). Physicochemical characteristics of starches from unripe fruits of mango and banana. *Starch/Stärke*. 61:291 – 299.
- Fellows, P. J. (2007). *Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y práctica*. Edit ACRIBIA, p.752.
- Fennema, O. R. (2000). *Química de los alimentos*, Editorial Acribia S.A Zaragoza - España.
- 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.
- Fonseca, C. (2009). Informe de trabajo. Alianza Institucional para el Desarrollo Competitivo de la Tunta. 2009. Centro Internacional de la Papa, Puno, Perú. 11 pp
- Fonseca, C., Burgos, G., Rodríguez, F., Muñoa, L., Ordinola, M. (2014). Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica. Lima: Centro Internacional de la Papa. p29.

- Francis, F. J., Clydesdale, F. M. (1975). Food colorimetry: Theory and Applications. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Connecticut
- Freitas, R., Paula, R., Feitosa, J., Rocha, S., Sierakowski, M. (2004) Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Dioscorea alata*) and cassava (*Manihot utilissima*) starches. *Carbohydr. Polym.* 55:3-8.
- Fuenzalida, N.F. (2008). Determinación de la cantidad de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas nativas pigmentadas. Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile, Chile. p108.
- Funglie, K.C., Oates, C.G. (2001). Starch markets in asia. In: Sweetpotato post-harvest research and development. Proceedings of an international workshop. Chengdu, China. November 7-8.
- García, A. (2005). Evaluación *in vitro* e *in vivo* de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes. Tesis doctoral Europea. Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Murcia, España
- Garzón, G.A. (2008). Anthocyanins as Natural Colorants and Bioactive Compounds. A Review. Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia.
- Giusti, M. M., Polit, M. F., Ayvaz, H., Tay, D., and Manrique, I. (2014). Characterization and Quantitation of Anthocyanins and Other Phenolics in Native Andean Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(19), 4408-4416. DOI: 10.1021/jf500655n
- Gordillo, B. (2012). Relación color-composición fenólica en vinos tintos de clima cálido, evaluación de la copigmentación por colorimetría triestímulo. Tesis de posgrado. Universidad de Sevilla, España. p302.
- Grace, M.R. (1977). Elaboración de la yuca. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma.
- Hernández, M.; Torruco, J.; Chel, L., Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3):718-726.
- Hidalgo, A., Fongaro, L., Brandolini, A. (2014). Wheat flour granulometry determines colour perception. *Food Research International* 64:363-370.

- Hutchings, B. (1999), Food Color and Appearance. Chapman and May Food Science Book.
- Hwang, J., Kokini, J. (1992). Contribution of the side branches to rheological properties of pectins. Carbohydrate polymers, 19(1):41-50.
- Imberty, A.; Chanzy, H.; Pérez, S.; Bulèon, A., Tran, V. (1988). The double-helical nature of the crystalline part of A-starch. Journal of Molecular Biology, 201(2), 365-378.
- Jayakody, L., Hoover, R., Liu, Q., Donner, E. (2007). Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* spp.) starches in Sri Lanka. Carbohydr. Polym. 10:1016-1023.
- Juli, D.M., Arias, E. (2011). Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del genero *Solanum* de pulpa azul y roja. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, Perú. p114.
- 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.
- Konica Minolta Sensing (2007), Inc.: Color control from perception to instrumentation.
- Lachman, J., Hamouz, K., Sulc, M., Orsák, M., Pivec, V., Hejtmánková, A., Cepl, J. (2008). Cultivar Differences of Total Anthocyanins And Anthocyanidins In Red And Purple-Fleshed Potatoes And Their Relation To Antioxidant Activity. Food Chemistry,
- Lai, L., Kokini, S. (1991). Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (A review). Biotechnology Progress, 7 (3), 251-266.
- Ligarda, C. A., Choque-Quispe, D., Ramos-Pacheco, B. S. (2014). Propiedades físico-químicas, tecnofuncionales y morfológicas de almidones extraídos de clones de papa nativa (*Solanum tuberosum*) cultivados en la provincia de

- Andahuaylas. Proyecto de Investigación, Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú. p. 138.
- Lindeboom, N., Chang, P., Tyler, R. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. *Starch Stärke*, 56(3-4):89-99.
- Lister, C., Monro, J. (2000). Red de papa. *Boletín de papa* 2(23). Art. La humilde papa. Disponible en: <http://www.redepapa.org/boletinveintinueve.html>
- 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.
- Lucas, J.C., Quintero, V.D., Valencia, C.A.C. (2013). Caracterización de harina y almidón obtenidos a partir de plátano guineo AAAea (*Musa sapientum* L.). *Acta Agronómica*, 62(2):83–96.
- Macheix, J., Fleuriet, A. Billiot, J. (1990). *Fruit Phenolics*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Fl. EUA.
- Mathias-Rettig, R., Ah-Hen, H. (2014). Color in food as a measurable quality criterion. *Agro Sur* 42(2): 39-48 . DOI:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07
- MINAGRI, 2020. Análisis de mercado de la papa. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima, Perú. p86.
- Mixcan, C. D. (2015). Evaluación de fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.) de la Región Cusco. Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú. p99.
- Moenne-Loetz, D.K. (2008). Potencial antioxidante de papas y harina de papas nativas de Chiloé. Tesis de pregrado. Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración. Universidad de la Frontera, Chile.
- Moreno-Arribas, M. V. (2017). La importancia del color en los alimentos. *Revista Alimentaria*, 486. <https://www.revistaalimentaria.es/vernoticia.php?volver=¬icia=la-importancia-del-color-en-los-alimentos>

- Nalubola, R., Nestel, P. (1999). The effect of Vitamin A nutriture on health. A review IISI Press, p.6 En: Vitamina A. Estructura química, absorción, metabolismo, funciones, requerimientos, recomendaciones y normas, toxicidad. Disponible en: <http://www.nutrinfo.com.ar/pagina/info/vitamina0.html>
- Nascimento, R. F. do, Canteri, M. H. G. (2018). Effect of blanching on physicochemical characteristics of potato flour. Horticultura Brasileira, 36(4), 461-465. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180406>
- Núñez, M.C., Bello, L.A., Tecante, A. (2004). Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological of banana (*Musa paradisiaca*) starch. Carbohydrate Polymers, 56:65-75.
- OEEE, MINAGRI (2020). Series Históricas de producción agrícola – Compendio Estadístico. OFICINA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS Y ESTADÍSTICOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA. <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>
- Pineda-Gómez, P., Coral, D F., Ramos-Rivera, D., Rosales-Rivera, A., Rodríguez-García, M. E. (2011). Thermo-alkaline treatment. A process that changes the thermal properties of corn starch. Procedia Food Science, 1:370 – 378.
- Posner, E. S. (2009). Wheat flour milling. In K. Khan, & P. R. Shewry (Eds.), Wheat chemistry and technology. p. 119–152 (4th Ed.). St Paul, MN, USA: AACC International.
- Quilca, N. E. (2007). Caracterización física, morfológica, organoléptica, química y funcional de papas nativas para orientar sus usos futuros. Tesis de maestría, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
- Rahman, M.S., Perera, C.O. (1999). Drying and food preservation. p. 173-216. In: Rahman, M.S. (ed.). Handbook of food preservation. Marcel Dekker, New York, NY. 809 p.
- Reyes, L. F., Cisneros-Zevallos, L. (2003). Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(18), 5296-300. DOI: 10.1021/jf034213u

- 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., Fernández, A., Alonso, L., Ospina, B. (2006). Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. *Ingeniería & Desarrollo*, 19: 17-30.
- Rodríguez, P., San Martín, M.E., González de la Cruz, G. (2009). Calorimetría diferencial de barrido y rayos-x del almidón obtenido por nixtamalización fraccionada. *Superficies y Vacío* 13:61 - 65.
- Rodriguez-Sandoval, E.; Lascano, A.; y Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Rev. UDCA Actual. Divulg. Cient.* 15 (1):199 - 207.
- Rodriguez-Saona, L., Giusti, M., Wrolstad, R. (1998). Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. *J. Food Sci.* 63: 458-465.
- 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.
- Sánchez, I. (2007). Propiedades físicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Santanna, V., Gurak, Poliana D., Marczak, D., Tessaro, C. (2013) Tracking bioactive compounds with colour changes in foods - A review. *Dyes and Pigments* 98(3):601–608. DOI: 10.1016/j.dyepig.2013.04.011

- Segura, D. (2004). Evaluación del potencial funcional de 15 genotipos de papa nativa. Lima, 2004, Tesis de pregrado. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Sellappan, S.; Akoh, C. C.; Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural of Food Chemistry*, 50, 2432-2438. DOI. <http://dx.doi.org/10.1021/jf011097r>
- Shahidi, F., Naczk, M. (1995). *Food Phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Applications* Technomic Publishing., Inc. P. 247-260.
- Shiroma, C., Tay, D., Manrique, I., Giusti, M., Rodriguez-Saona, L.E. (2008). Improving the screening process for the selection of potato breeding lines with enhanced polyphenolics content. *J Agric Food Chem*. 56: 9835-9842.
- 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.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R.M. (1999): Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*. 299:152-178. DOI: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., Sosa, F. (2014). Caracterización físicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), batata (*Ipomoea batatas* Lam) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3):191-197.
- Tester, F.R., Karkalas, J., Qui. X. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal of Cereal Science* 39(2):151-165. DOI: 10.1016/j.jcs.2003.12.001
- Tester, R.F., Debon, S.J.J. (2000). Annealing of starch—a review. *International journal of biological macromolecules*, 27(1), 1-12. DOI: 10.1016/S0141-8130(99)00121-X
- Torre, G.L., Chel, G.L., Betancur, A.D. (2008). Functional properties of square banana (*Musa balbisiana*) starch. *Food Chemistry*, 106(3):1138–1144. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.07.044

- Túpac Yupanqui A. (2001). Postcosecha y comercialización de tubérculos andinos con énfasis en papas nativas y ulluco. Perú.
- Udoro, E. O., Ansavi, T. A., Obiefune, A. I. (2020). Characterization of the root and flour of South African *Manihot esculenta* Crantz landraces and their potential end-use properties. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 820-838. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1759625>
- Vaclavik, V. (2002). *Fundamentos de ciencia de alimentos*. Kluwer Academic/ Plenum Publishers. New York. USA.
- Vásquez, F. (2016). Control y mejora de la panificación de masas bajas en harina de trigo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. p208.
- Villacrés, E., Quilca, N., Monteros, C., Reinoso, T. (2010). Caracterización física, nutricional y funcional de las papas nativas. INIA.
- 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.
- Walford, J. (1980). *Developments in Food Colors*. Applied Science Publishers (Ed). London. 116-142.
- Wang, S., Jinglin. Y., Jiugao. Y., Haixia, C., Jiping. P., Hongyan. L. (2007). Partial characterization of starches from *Dioscorea opposita*. *Journal of Food Engineering*, 88(3):287-293. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.11.016
- Whistler, R., Bemiller J., Paschall, E.(1984).*Starch: Chemistry and Technology*. Estados Unidos de América. Orlando, Florida, Academic Press. p718.
- Wills, R., Mcglasson, B., Grahem, D. (1998). *Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales: Cap.2: Estructura y composición*. Trad. J. Burgos. Zaragoza, ESPAÑA. Editorial Acribia.
- Wrolstad, R. E. (2000). Anthocyanins. In: Lauro GJ, Francis FJ, editors. *Natural Food Colorants*. New York, N. Y.: Marel! Dekker, Inc. p. 237-252.
- Xing-Li, L., Tai-Hua, M., Hong-Nan ,S., Miao, Z., Jing-wang, C. (2016). Influence of potato flour on dough rheological properties and quality of steamed bread.

Journal of Integrative Agriculture, 15(11):2666-2676.
[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61388-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61388-6).

Xingli, L., Longsong, Y., Shuangli, Z., Hua Z. (2020). Characterization of the dough rheological and steamed bread fortified with extruded purple sweet potato flour. *International journal of food properties*, 23(1):765–776.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1733600>

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.

Zhang, P., Wistler, L., Bemiller, J., Hamaker, B. (2005). Banana starch: production, physicochemical properties, and digestibility - a review. *Producción. Carbohydrate Polymers* 59, 443-458.

Zheng, W., Wang, S.Y. (2003). Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, chankeberries and lingoberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2):502-9. DOI: 10.1021/jf020728u

Zhao, D., Mulvaney, S., Chinnaswamy, R., Rayas-Duarte, P., Allvin, B., & Wang, M. (2010). Elastic properties of gluten representing different wheat classes. *Journal of Cereal Science*, 52(3), 432-437.

ANEXOS

Anexo 1. Datos para la materia seca

Variedad	R1	R2	R3
Leona	26.75	27.09	27.21
Wingu	29.54	29.74	29.97
Amachi	25.21	25.12	24.93
Muru Millcu	27.53	27.89	28.03

Tabla ANOVA para materia seca

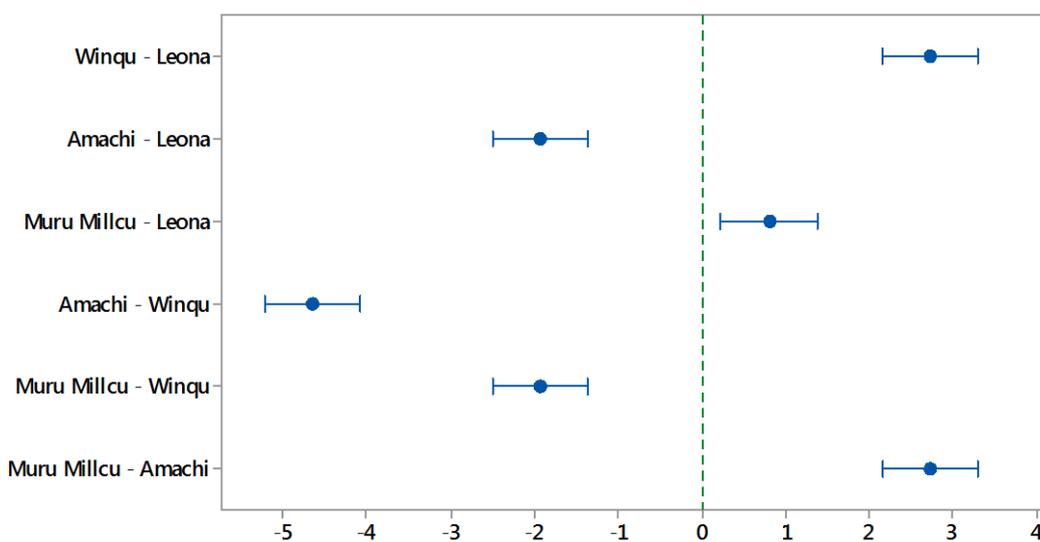
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	33.580	11.193	235.4	0.000
Error	8	0.380	0.048		
Total	11	33.960			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Wingu	3	29.75	A
Muru Millcu	3	27.817	B
Leona	3	27.017	C
Amachi	3	25.0867	D

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencia de las medias para Leona, Wingu, ...



Anexo 2. Datos para la Temperatura de gelatinización

Variedad	R1	R2	R3	R4
Leona	67.50	68.30	68.20	67.80
Wingu	68.90	68.40	68.30	68.10
Amachi	65.60	65.80	64.80	66.10
Muru Millcu	60.90	60.90	60.80	60.60

Tabla ANOVA para TG

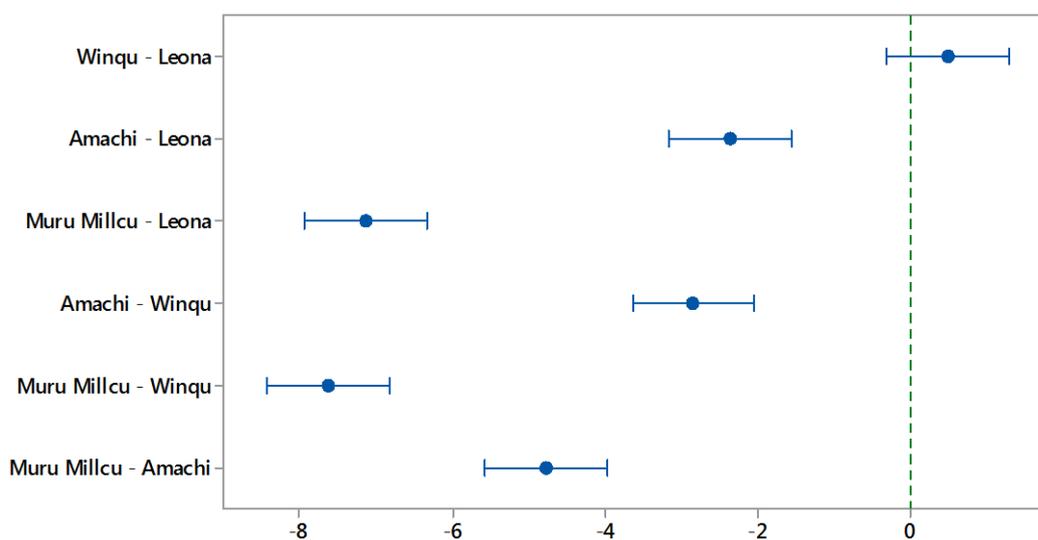
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	146.05	48.684	334.79	0.000
Error	12	1.745	0.1454		
Total	15	147.8			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Wingu	4	68.425	A
Muru Millcu	4	67.95	A
Leona	4	65.575	B
Amachi	4	60.8	C

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencia de las medias para Leona, Wingu, ...



Anexo 3. Datos para el IAA

Variedad	R1	R2	R3
Leona	10.3511	10.3537	10.3154
Wingu	10.0822	10.1113	10.1937
Amachi	9.3955	9.3153	9.3754
Muru Millcu	9.2226	9.2157	9.2371

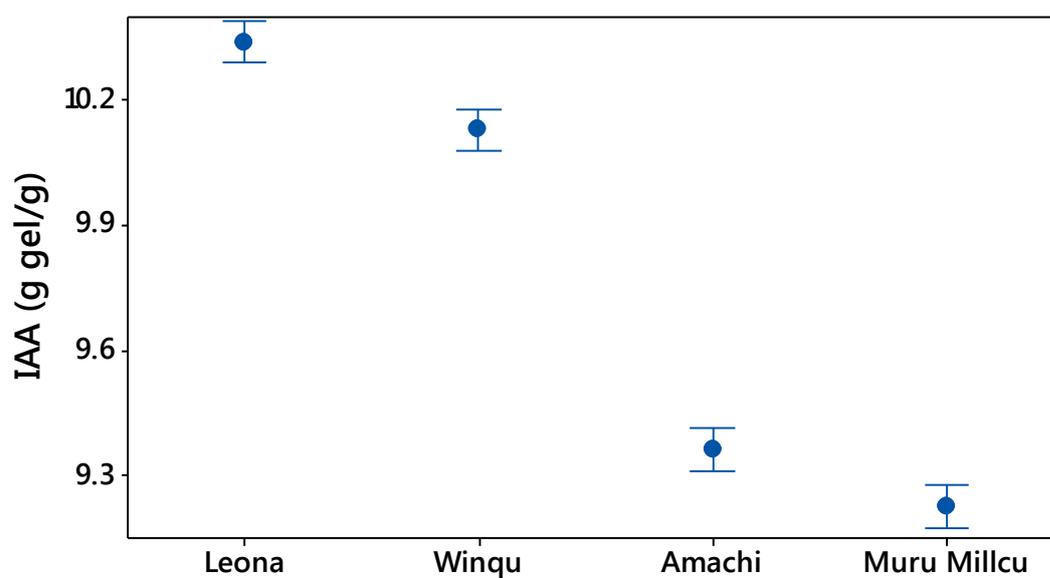
Tabla ANOVA para IAA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	2.751	0.917	647.7	0.000
Error	8	0.011	0.001		
Total	11	2.762			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Leona	3	10.3401	A
Wingu	3	10.1291	B
Amachi	3	9.3621	C
Muru Millcu	3	9.22513	D

Gráfica de intervalos de Leona, Wingu, ...
95% IC para la media



Anexo 4. Datos para el ISA

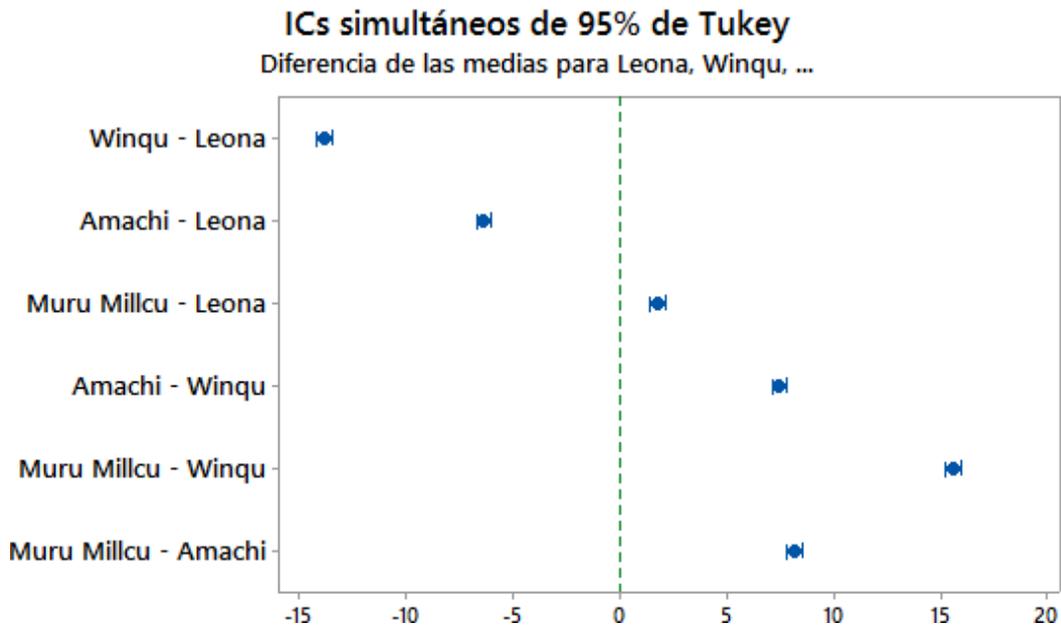
Variedad	R1	R2	R3
Leona	32.90	32.87	33.15
Wingu	19.16	19.06	19.17
Amachi	26.35	26.77	26.61
Muru Millcu	34.75	34.78	34.70

Tabla ANOVA para ISA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	451.17	150.39	8199.55	0.000
Error	8	0.15	0.02		
Total	11	451.31			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Muru Millcu	3	34.74	A
Leona	3	32.97	B
Amachi	3	26.58	C
Wingu	3	19.13	D



Anexo 5. Datos para el PH

Variedad	R1	R2	R3
Leona	15.4264	15.4223	15.4307
Wingu	12.4711	12.4923	12.6113
Amachi	12.7573	12.7203	12.7750
Muru Millcu	14.1341	14.1293	14.1453

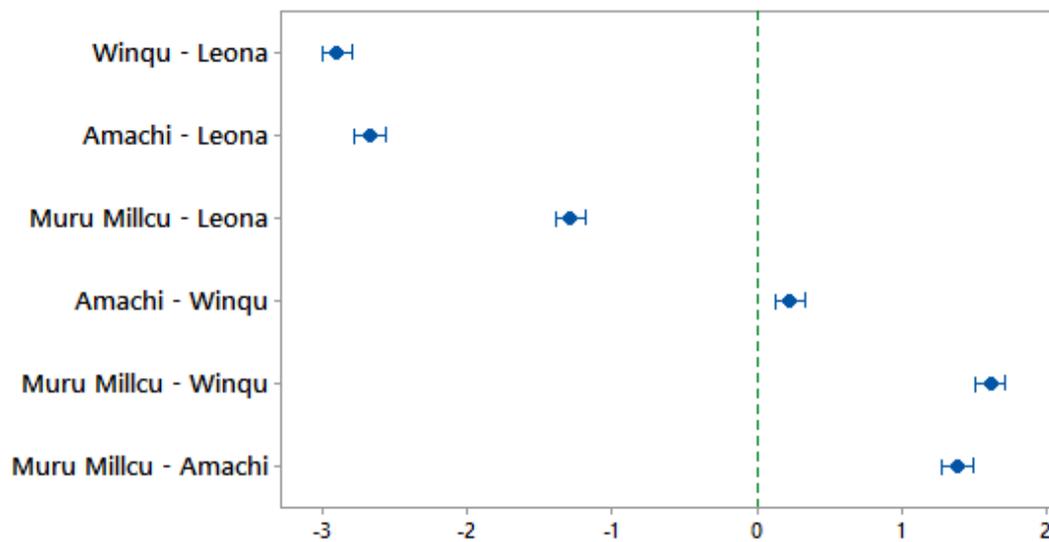
Tabla ANOVA para PH

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	16.36	5.45	3319.73	0.000
Error	8	0.01	0.00		
Total	11	16.37			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Leona	3	15.4264	A
Muru Millcu	3	14.1362	B
Amachi	3	12.7508	C
Wingu	3	12.5249	D

ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencia de las medias para Leona, Wingu, ...



Anexo 6. Datos para la CP

Variedad	R1	R2	R3
Leona	32.2	33.4	32.8
Winqu	30.4	30.8	31.4
Amachi	28.4	29.4	29.9
Muru Millcu	36.5	37.1	35.2

Tabla ANOVA para CP

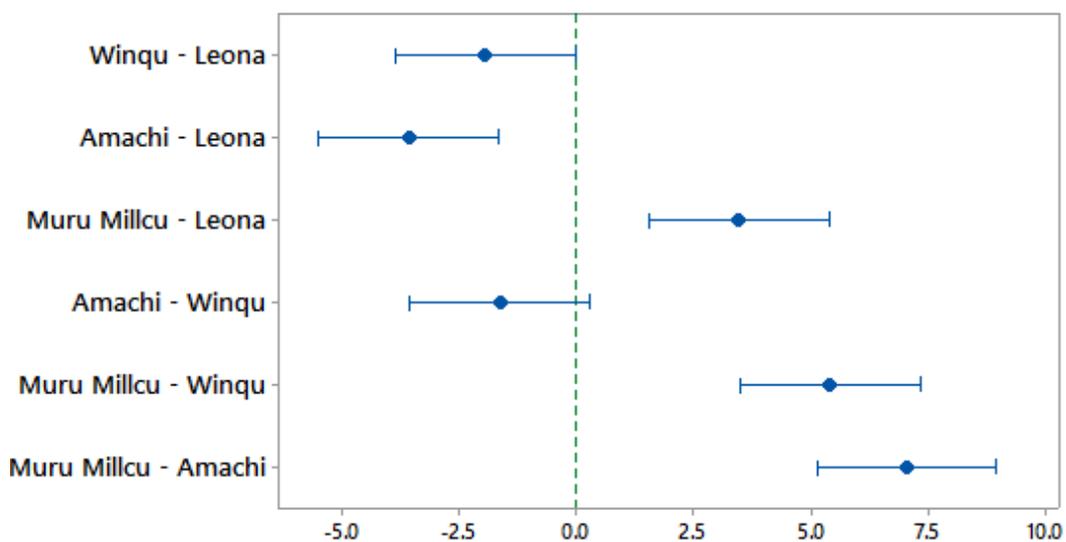
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Fcal	p-value
Factor	3	82.33	27.44	51.3	0.000
Error	8	4.28	0.54		
Total	11	86.61			

Comparaciones en parejas de Tukey

Factor	N	Media	Agrupación
Muru Millcu	3	36.267	A
Leona	3	32.8	B
Winqu	3	30.867	C
Amachi	3	29.233	C

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencia de las medias para Leona, Winqu, ...



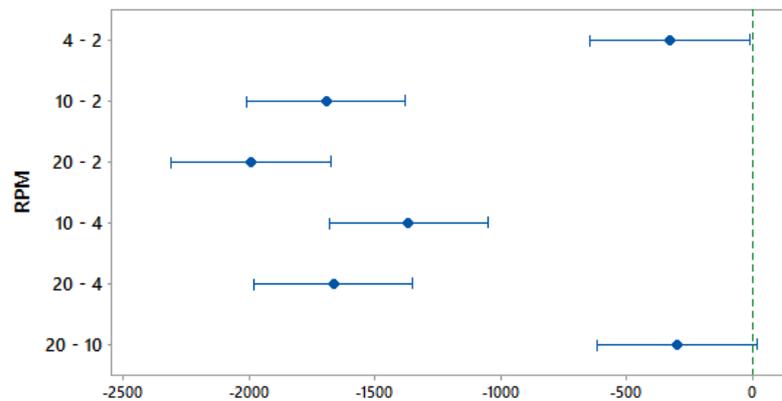
Anexo 7. Datos para la Viscosidad

RPM	Leona	Wingu	Amachi	Muru Millcu
2	8700	9250	11050	7650
2	8650	9100	10850	7500
2	8600	9150	11000	7700
4	8650	9100	10200	7400
4	8550	9000	10000	7320
4	8500	9050	10200	7290
10	7640	8050	8750	5420
10	7600	7920	8640	5410
10	7520	7980	8610	5330
20	7230	7870	8400	5010
20	7180	7810	8320	5080
20	7220	7720	8420	5020

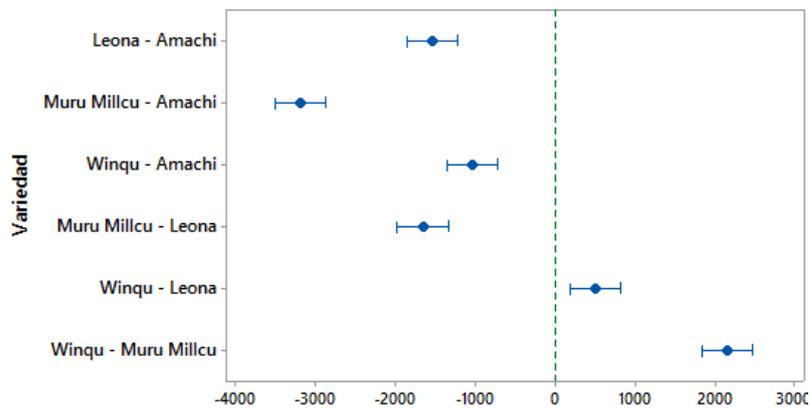
Tabla ANOVA para Viscosidad

Fuente	GL	SC	MC	Fcal	p-value
RPM	3	3.50E+07	1.17E+07	2.09	0.155
Variedad	12	6.71E+07	5.59E+06	1098.98	0.000
Error	32	162733.33	5085.42		
Total	47	1.02E+08			

ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para Viscosidad (cP)



ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para Viscosidad (cP)



Anexo 8. Datos para el color

PAPA FRESCA

Sample	L	a*	b*
Muru Millcu 1 B	94.4	-2.6	2.34
Muru Millcu 2 B	95.4	-2.4	2.4
Muru Millcu 3 B	94.6	-2.5	2.5
Muru Millcu 1 A	11.9	42.1	-55.5
Muru Millcu 2 A	12.2	42.8	-56.7
Muru Millcu 3 A	11.8	40.5	-53.4
Amachi 1	11.8	40.1	-55.5
Amachi 2	12.2	38.7	-52.5
Amachi 3	12.3	41.1	-55.8
Wingu 1 B	90.6	2.6	-1.5
Wingu 2 B	91.2	2.8	-1.4
Wingu 3 B	90.5	2.6	-1.5
Wingu 1	26.7	31.7	-46.9
Wingu 2	25.9	33.2	-46.2
Wingu 3	26.2	32.4	-45.2
Leona 1	15.8	44	-57.9
Leona 2	16.2	41.6	-55
Leona 3	15.6	42.5	-57.1

HARINA DE PAPA

Sample	L	a*	b*
Muru Millcu 1	10.50	17.0	-15.0
Muru Millcu 2	11.60	14.2	-13.3
Muru Millcu 3	11.05	15.6	-14.2
Amachi 1	36.50	11.5	-18.1
Amachi 2	35.40	14.1	-19.8
Amachi 3	36.50	11.5	-18.1
Wingu 1	45.60	13.0	-12.0
Wingu 2	45.90	14.9	-13.9
Wingu 3	46.90	12.5	-12.3
Leona 1	40.00	11.6	-17.7
Leona 2	41.40	11.5	-20.9
Leona 3	40.30	14.0	-22.6

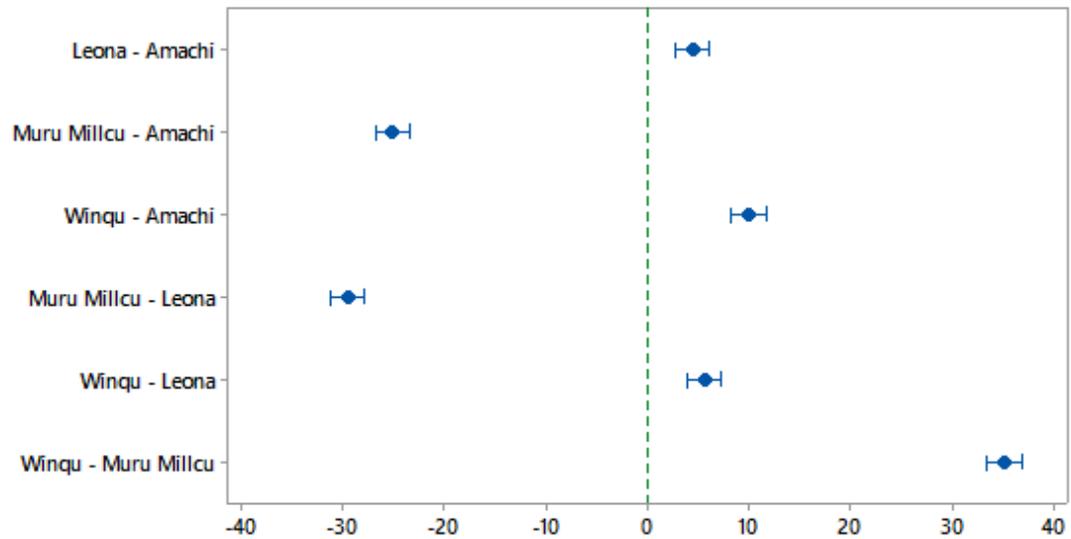
ANOVA para L* - HARINA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	2161.4	720.47	1682.86	0.000
Error	8	3.4	0.428		
Total	11	2164.8			

Comparaciones en parejas de Tukey para L* - HARINA

Sample	N	Media	Agrupación
Wingu	3	46.133	A
Leona	3	40.567	B
Amachi	3	36.133	C
Muru Millcu	3	11.05	D

ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para L*



ANOVA para a* - HARINA

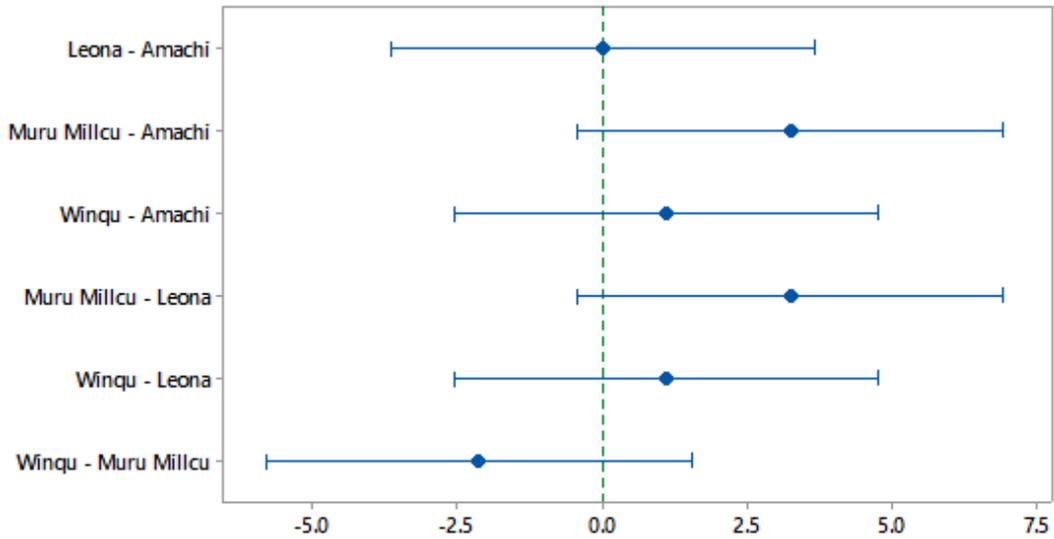
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	20.91	6.97	3.57	0.067
Error	8	15.64	1.955		
Total	11	36.55			

Comparaciones en parejas de Tukey para a* - HARINA

Sample	N	Media	Agrupación
Muru Millcu	3	15.6	A
Wingu	3	13.467	A
Leona	3	12.367	A
Amachi	3	12.367	A

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencias de las medias para a*



ANOVA para b* - HARINA

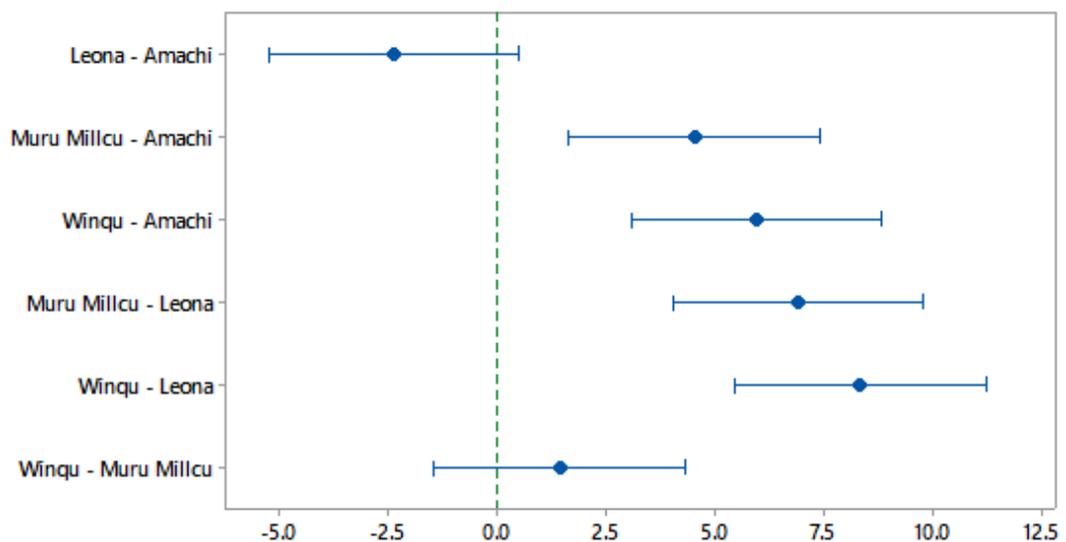
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	135.492	45.164	37.23	0.00
Error	8	9.705	1.213		
Total	11	145.197			

Comparaciones en parejas de Tukey para b* - HARINA

Sample	N	Media	Agrupación
Winqu	3	-12.73	A
Muru Millcu	3	-14.15	A
Amachi	3	-18.67	B
Leona	3	-21.07	B

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencias de las medias para b*



ANOVA para L* - PAPA FRESCA

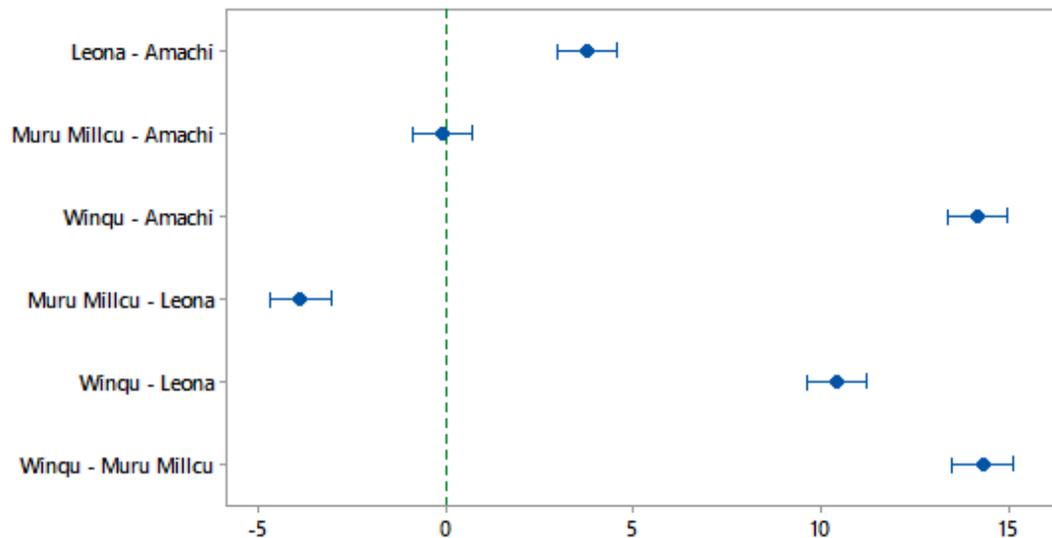
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	407.07	135.69	1466.92	0.00
Error	8	0.74	0.092		
Total	11	407.81			

Comparaciones en parejas de Tukey para L* - PAPA FRESCA

Sample	N	Media	Agrupación
Winqu	3	26.27	A
Leona	3	15.87	B
Amachi	3	12.10	C
Muru Millcu	3	11.97	C

ICs simultáneos de 95% de Tukey

Diferencias de las medias para L* Fresca



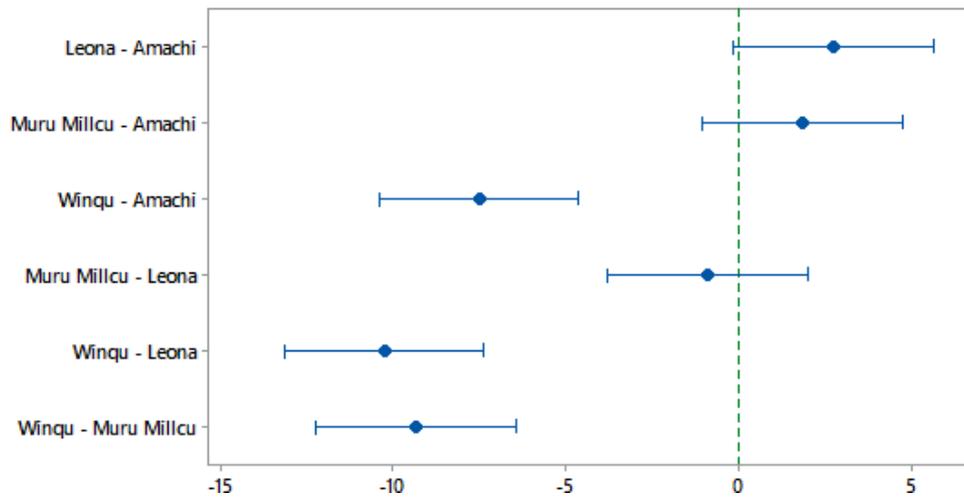
ANOVA para a* - PAPA FRESCA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	196.15	65.38	53.63	0.00
Error	8	9.75	1.22		
Total	11	205.90			

Comparaciones en parejas de Tukey para a* - PAPA FRESCA

Sample	N	Media	Agrupación
Leona	3	42.70	A
Muru Millcu	3	41.80	A
Amachi	3	39.97	A
Winqu	3	32.43	B

ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para a* Fresca



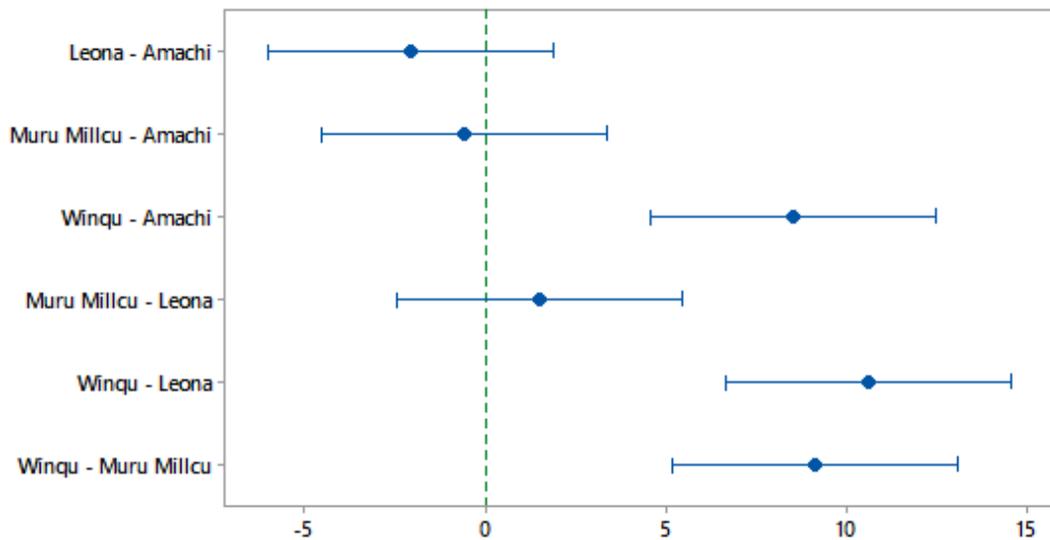
ANOVA para b* - PAPA FRESCA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	205.12	68.37	30.08	0.00
Error	8	18.19	2.27		
Total	11	223.31			

Comparaciones en parejas de Tukey para b* - PAPA FRESCA

Sample	N	Media	Agrupación
Wínqu	3	-46.1	A
Amachi	3	-54.6	B
Muru Millcu	3	-55.2	B
Leona	3	-56.7	B

ICs simultáneos de 95% de Tukey
Diferencias de las medias para b* Fresca



ANOVA para IC - HARINA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	14876.2	4958.73	1832.03	0.00
Error	8	21.7	2.71		
Total	11	14897.8			

Comparaciones en parejas de Tukey para IC - HARINA

Sample	N	Media	Agrupación
Leona	3	-14.46	A
Amachi	3	-18.31	A
Wingu	3	-22.93	B
Muru Millcu	3	-99.58	C

ANOVA para IC – PAPA FRESCA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	2491.81	830.60	775.02	0.00
Error	8	8.57	1.07		
Total	11	2500.38			

Comparaciones en parejas de Tukey para IC - PAPA FRESCA

Sample	N	Media	Agrupación
Wingu	3	-26.807	A
Leona	3	-47.499	B
Amachi	3	-60.512	C
Muru Millcu	3	-63.297	D

ANOVA para ΔE

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	161.7	53.90	7.53	0.010
Error	8	57.28	7.16		
Total	11	218.98			

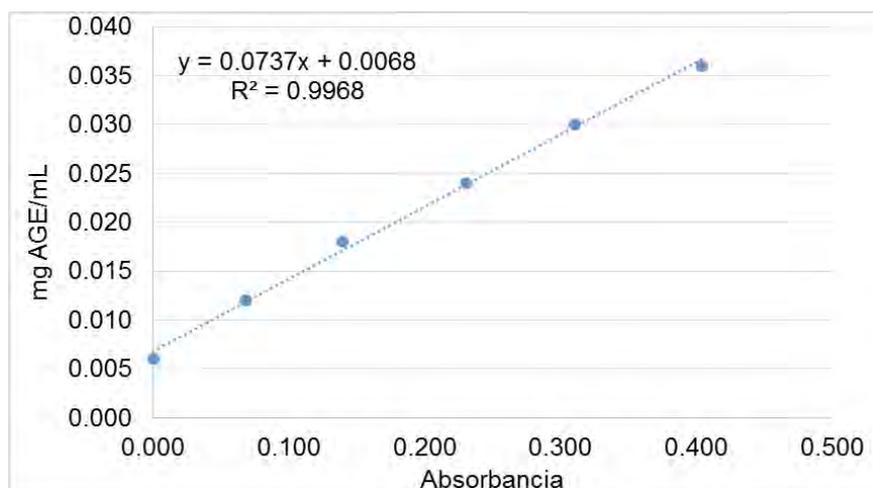
Comparaciones en parejas de Tukey para ΔE

Sample	N	Media	Agrupación
Leona	3	52.91	A
Amachi	3	51.3	A
Muru Millcu	3	48.71	A,B
Wingu	3	43.237	B

Anexo 9. Datos para Fenoles Totales

Curva de Calibración

AGE (mg/mL)	Absorbancia
0.000	0.000
0.006	0.068
0.012	0.139
0.018	0.231
0.024	0.311
0.030	0.404
0.036	0.512



Datos de absorbancia para la papa

Variedad	Fresca	Harina
Leona 1	0.287	0.272
Leona 2	0.293	0.268
Leona 3	0.291	0.271
Wingu 1	0.313	0.281
Wingu 2	0.311	0.282
Wingu 3	0.316	0.279
Amachi 1	0.211	0.201
Amachi 2	0.212	0.202
Amachi 3	0.209	0.199
Muru Millcu 1	0.254	0.221
Muru Millcu 2	0.251	0.219
Muru Millcu 3	0.249	0.223

Materia seca

Variedad	%
Leona	27.02
Wingu	29.75
Amachi	25.09
Muru Millcu	27.82

Variedad	mg AGE/100 g b.h.		mg AGE/100 g b.s.	
	Fresco	Harina	Fresco	Harina
Leona 1	184.4825	177.1862	682.85	655.84
Leona 2	187.4011	175.2406	693.65	648.64
Leona 3	186.4282	176.6998	690.05	654.04
Wingu 1	197.1295	181.5640	662.62	610.30
Wingu 2	196.1566	182.0504	659.35	611.93
Wingu 3	198.5887	180.5912	667.53	607.03

Amachi 1	147.5146	142.6504	588.02	568.63
Amachi 2	148.0010	143.1368	589.96	570.57
Amachi 3	146.5418	141.6776	584.14	564.75
Muru Millcu 1	168.4307	152.3788	605.50	547.80
Muru Millcu 2	166.9714	151.4060	600.26	544.30
Muru Millcu 3	165.9986	153.3517	596.76	551.29

ANOVA para Fenoles totales en papa fresca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	21384.4	7128.13	378.53	0.00
Error	8	150.6	18.83		
Total	11	21535			

Comparaciones en parejas de Tukey para Fenoles totales en papa fresca

Sample	N	Media	Agrupación
Leona	3	688.85	A
Winqu	3	663.17	B
Muru Millcu	3	600.84	C
Amachi	3	587.37	D

ANOVA para Fenoles totales en papa en Harina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	19561.4	6520.46	631.7	0.00
Error	8	82.6	10.32		
Total	11	19644			

Comparaciones en parejas de Tukey para Fenoles totales en papa en Harina

Sample	N	Media	Agrupación
Leona	3	652.84	A
Winqu	3	609.75	B
Amachi	3	567.98	C
Muru Millcu	3	547.8	D

ANOVA para Fenoles totales de dos factores: Variedad - Estado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Var	3	39761	13253.7	177.59	0.00
Estado	1	9823.5	9823.5	131.63	0.00
Error	19	1418	74.6		
Falta de ajuste	3	1184.7	394.9	27.09	0.00
Error puro	16	233.2	14.6		
Total	23	51002.5			

Anexo 10. Datos para Antocianinas

Datos de absorbancia

Variedad	pH 1.0		pH 4.5		pH 1.0		pH 4.5	
	Fresco		Fresco		Harina		Harina	
	520 nm	700 nm						
Leona 1	1.7134	0.0313	0.0876	0.0811	1.6310	0.0531	0.0801	0.0721
Leona 2	1.7314	0.0323	0.0901	0.0813	1.5992	0.0442	0.0731	0.0715
Leona 3	1.7030	0.0342	0.0852	0.0803	1.6241	0.0512	0.2910	0.2710
Winq 1	1.2310	0.2121	0.1231	0.0921	1.1332	0.1923	0.1131	0.0801
Winq 2	1.2120	0.2082	0.1112	0.0812	1.1227	0.1875	0.1131	0.0938
Winq 3	1.2612	0.2431	0.1201	0.0932	1.1027	0.1803	0.1227	0.0987
Amachi 1	1.6345	0.0213	0.0911	0.0872	1.5342	0.0454	0.0920	0.0874
Amachi 2	1.6523	0.0237	0.1021	0.0984	1.5397	0.0401	0.0912	0.0838
Amachi 3	1.6391	0.0204	0.0982	0.0897	1.5234	0.0411	0.0921	0.0907
Muru Millcu 1	1.4721	0.0439	0.1229	0.0986	1.3897	0.0517	0.1027	0.0923
Muru Millcu 2	1.4529	0.0410	0.1107	0.0937	1.4125	0.0579	0.1104	0.1027
Muru Millcu 3	1.5131	0.0472	0.1361	0.0901	1.3945	0.0524	0.1127	0.1008

F.D.	14		
PM	449.2	g/mol	Cianidina-3-Glucocido
E	26900	L/cm.mol	

Antocianinas (mg/100 g)

	AT Fresco	AT Harina	AT Fresco	AT Harina
Leona 1	39.1729	36.7018	145.00	135.85
Leona 2	39.5166	36.3161	146.27	134.42
Leona 3	38.8994	36.3044	143.98	134.38
Winq 1	23.0956	21.2253	77.63	71.35
Winq 2	22.7659	21.4123	76.52	71.97
Winq 3	23.1727	21.0032	77.89	70.60
Amachi 1	37.6222	34.6987	149.97	138.32
Amachi 2	37.9876	34.8853	151.43	139.06
Amachi 3	37.6440	34.6211	150.06	138.01
Muru Millcu 1	32.8208	31.0372	117.99	111.58
Muru Millcu 2	32.6101	31.4877	117.23	113.20
Muru Millcu 3	33.1950	31.0980	119.34	111.80

ANOVA para Antocianinas en papa fresca

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	10049.7	3349.92	3681.56	0.00
Error	8	7.3	0.91		
Total	11	10057			

Comparaciones en parejas de Tukey para Antocianinas en papa fresca

Sample	N	Media	Agrupación
Amachi	3	150.483	A
Leona	3	145.082	B
Muru Millcu	3	118.186	C
Wingu	3	77.349	D

ANOVA para Antocianinas en papa en Harina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Sample	3	8580.72	2860.24	5107.78	0.00
Error	8	4.48	0.56		
Total	11	8585.2			

Comparaciones en parejas de Tukey para Antocianinas en papa en Harina

Sample	N	Media	Agrupación
Amachi	3	138.46	A
Leona	3	134.882	B
Muru Millcu	3	112.19	C
Wingu	3	71.306	D

ANOVA para Antocianinas de dos factores: Variedad - Estado

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	p-value
Var	3	18589.1	6196.36	2215.04	0.00
Estado	1	440.2	440.18	157.35	0.00
Error	19	53.2	2.8		
Falta de ajuste	3	41.4	13.8	18.77	0.00
Error puro	16	11.8	0.73		
Total	23	19082.4			

Anexo 11. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicador	Unidad	Técnica	Método	Instrumento	Metodología
<p>General</p> <p>¿Cómo serán las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>)?</p> <p>Específicos</p> <p>¿Cuáles serán los valores de las propiedades funcionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización, claridad de pasta, y viscosidad, y color) de cuatro variedades de harina papa nativa?</p> <p>¿Cuál será el contenido de compuestos bioactivos (fenoles totales, antocianinas) la harina de papa nativa?</p>	<p>General</p> <p>Evaluar las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de la harina de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>).</p> <p>Específicos</p> <p>Evaluar las propiedades funcionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización, claridad de pasta, y viscosidad, y color) de cuatro variedades de harina papa nativa</p> <p>Determinar el contenido de los compuestos bioactivos la harina de papa nativa</p>	<p>General</p> <p>Las propiedades funcionales y los compuestos bioactivos de las harinas de papa nativa (<i>Solanum tuberosum</i>), presentan características adecuadas que permitirían su uso en la industria alimentaria.</p> <p>Específicos</p> <p>Los valores de las propiedades funcionales (poder de hinchamiento, índice de solubilidad, índice de absorción de agua, temperatura de gelatinización, claridad de pasta, y viscosidad, y color), serán diferentes y mayores a otros productos</p> <p>El contenido de compuestos bioactivos en la harina de papa disminuye ligeramente en comparación al valor inicial en las cuatro variedades de papa nativa</p>	Independiente	Variedad	Variedad	Observación	Observación	Ficha de registro	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo: Experimental</p> <p>Población Variedades de papa nativa</p> <p>Muestra Harina de papa nativa</p> <p>Técnica Laboratorial</p>
			Variable dependiente 1	Poder de hinchamiento – PH	%	Absorción de agua	Gravimétrico	Medida indirecta	
			Propiedades funcionales	Índice de solubilidad – IS	g soluble/g almidón	Solubilidad en agua	Gravimétrico	Medida indirecta	
				Índice de absorción de agua – IAA	g de gel/g almidón	Absorción de agua	Gravimétrico	Medida indirecta	
				Temperatura de gelatinización – TG	°C	Termométrica	Térmico	Termómetro	
				Claridad de pasta – CP	% de Transmitancia	Espectrometría	Fotómetro	Espectrómetro	
				Viscosidad – V	cP	Rotacional	Reológico	Viscosímetro	
				Color	$L^* a^* b^*$	Colorimétrica	Colorimétrico	Colorímetro	
			Variable dependiente 2	Fenoles totales	mg/g	Espectrometría	Colorimétrico	Espectrómetro	
			Compuestos bioactivos	Antocianidina	mg/g	Espectrometría	pH diferencial	Espectrómetro	

Anexo 12. Variedades de Papa Nativa utilizadas



PANEL FOTOGRÁFICO

