

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



Presentado por:

Bach. DANNYA ARONE PALOMINO

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES
FÍSICOQUÍMICAS, TECNOFUNCIONALES Y
MICROBIOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA
(*Arracacia xanthorrhiza*) DE LAS VARIEDADES
BLANCA, AMARILLA Y MORADA**

Asesora:

Ing. GINA GENOVEVA TORO RODRIGUEZ

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL
ANDAHUAYLAS – APURÍMAC – PERÚ**

2019

DEDICATORIA

A mi padre Damián, hermano Ayrton, mi abuelo Faustino y abuela Teresa, quienes se encuentran en la gloria de Dios, a pesar de no encontrarse a mí lado, siento que están conmigo siempre y aunque faltaron cosas por vivir juntos. Sé que este momento hubiera sido tan especial para ustedes como lo es para mí.

A mis familiares, gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, en especial a mi madre Enedina quien me hace llenar de orgullo, que siempre me acompaña y me da las fuerzas para no desmayar en los momentos más difíciles, a mi hermano Herson por darme el amor de hermano y sobre todo padre, él fue mi principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, con el que siempre comparto mis alegrías, en el tengo el espejo en el cual me quiero reflejar por sus virtudes infinitas y su gran corazón el cual me llevan a admirar cada día más.

Dannya.

AGRADECIMIENTO

- En primer lugar, agradecer a Dios por guiar mis pasos, por la fortaleza que me da y acompañarme lo largo de estos años.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EPIA), de la Universidad Nacional José María Arguedas y a cada uno de los docentes que formaron parte de mi formación profesional.
- A mi madre, quien es mi mayor admiración, por apoyarme en todo momento; así mismo a mi hermano por haberme brindando el apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A mi asesora, Ing. Gina Genoveva Toro Rodriguez, por sus valiosos aportes, sugerencias, comprensión y paciencia durante la ejecución de la tesis.
- A los miembros del jurado evaluador, Ing. MSc. David Choque Quispe, Ing. MSc. Fidelia Tapia Tadeo e Ing. MSc. Carlos Alberto Ligarda Samanes, por sus aportes al desarrollo y culminación de la presente tesis.
- A mis amigas y amigos, en especial a Edith, Luz Clarita, Flor, Sandra, Aneliz, krovieko, Clayvely y Cilma gracias por su amistad en las buenas y en las malas, y por darme ánimos para seguir.
- A cada uno de los docentes de la escuela profesional de ingeniería agroindustrial, mi eterna gratitud quienes me brindaron sus conocimientos a lo largo de mi formación profesional y me apoyaron en los momentos más difíciles, en especial al Al Ing. Fredy Taype Pardo, Ing. MSc. Thomas Ancco Vizcarra y Ing. Betsy Suri Ramos Pacheco.
- Al Dr. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar (Vicepresidente de Investigación), Dr. Yalmar Temistocles Ponce Atencio (Coordinador de la Facultad de Ingeniería), Lic. Marcos huachaca Camacho, CPC Giovanna Oscorima Aguilar, Ing. Violeta Yupanqui Huacre, Ing. Diego Elio peralta Guevara e Ing. Andrea Ochoa Tapia a todos ellos mi agradecimiento infinito por el apoyo en los trámites administrativos realizados.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPITULO II: ANTECEDENTES	5
2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	5
2.2. ANTECEDENTES NACIONALES:.....	6
2.3. ANTECEDENTES REGIONALES:.....	7
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO.....	9
3.1. BASES TEÓRICAS.....	9
3.2. MARCO CONCEPTUAL	25
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	28
4. Materiales Y Métodos	28
4.1. Lugar de ejecución.....	28
4.2. Materiales, Equipos e Insumos	28
4.3. Población y muestra	30
4.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31
4.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS	32
4.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	34
4.6.1. Métodos de Análisis.....	34
4.6.1.1. Propiedades Físicoquímicas.....	34
4.6.1.2. Propiedades tecnofuncionales:.....	39
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES	46
5.1. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.	46
5.1.1. Densidad aparente del almidón (g/ml) de arracacha	46
5.1.2. Color	47
5.1.3. Humedad del almidón de arracacha.....	49
5.1.4. Actividad de agua (aw) del almidón de arracacha	51
5.1.5. pH y acidez del almidón de arracacha	52
5.1.6. Contenido de amilosa y amilopectina.....	55
5.1.7. Contenido de proteína.....	57
5.1.8. Contenido de grasa.....	59
5.1.9. Contenido de ceniza	61

5.1.10.	Contenido de fibra cruda.....	62
5.1.11.	Contenido de carbohidratos.....	63
5.2.	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.....	65
5.2.1.	Temperatura de gelatinización.....	65
5.2.2.	Claridad de pasta.....	67
5.2.3.	Índice de absorción de agua (IAA).....	69
5.2.4.	Índice de solubilidad en agua (ISA).....	70
5.2.5.	Poder de hinchamiento (g de agua/ g de almidón).....	72
5.2.6.	Viscosidad (cP).....	74
5.2.7.	Sinéresis.....	76
5.3.	PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.....	78
5.3.1.	Coliformes totales UFC/g.....	78
5.3.2.	Coliformes termotolerantes (<i>Escherichia coli</i>) UFC/g.....	79
	CONCLUSIONES.....	82
	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84
	ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Criterios microbiológicos de la calidad sanitaria límites máximos permisibles.....	25
Tabla 2. Equipos e instrumentos	28
Tabla 3. Materiales de vidrio.	29
Tabla 4. Materiales de plástico.....	29
Tabla 5. Reactivos e insumos.	30
Tabla 6: Matriz de diseño experimental para las características fisicoquímicas y tecnológicas del almidón.	43
Tabla 7: Elementos para el análisis de varianza para el DCA	45
Tabla 8. Densidad del almidón (g/mL).....	46
Tabla 9: Color L* a* b*	47
Tabla 10: Humedad.....	50
Tabla 11: Actividad de agua del almidón	51
Tabla 12. pH y acidez	53
Tabla 13. Contenido amilosa y amilopectina	55
Tabla 14. Contenido de proteína de almidones	58
Tabla 15. Contenido de grasa	59
Tabla 16. Contenido Ceniza	61
Tabla 17. Contenido de carbohidratos	64
Tabla 18. Temperatura de gelatinización (°C).	65
Tabla 19: claridad de pasta	67
Tabla 20: índice de absorción de agua (IAA).....	69
Tabla 21: índice de solubilidad en agua (ISA)	70
Tabla 22: Poder de hinchamiento.....	72
Tabla 23: Viscosidad cP.....	74
Tabla 24: Porcentaje de sinéresis	76
Tabla 25: Coliformes totales UFC/g.....	78
Tabla 26: Escherichia coli UFC/g	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de la amilosa.....	13
Figura 2.Estructura química de la amilopectina	14
Figura 3. Representación en el plano horizontal de color $L^* a^* b^*$	17
Figura 4.Representación tridimensional del espacio de color $L^* a^* b^*$	18
Figura 5. Perfil de viscosidad de pasta de almidón obtenido en el RVA.	19
Figura 6.Composición de una placa Petrifilm.....	25
Figura 7. Diagrama de bloque de obtención de almidón.....	32
Figura 8. Diagrama de identificación de variables.	43
Figura 9.Diagrama de medias para la densidad	46
Figura 10.Diagrama de medias para $*L$	48
Figura 11.Diagrama de medias para el tono $*a$	48
Figura 12.Diagrama de medias para $*b$	49
Figura 13.Diagrama de medias para % humedad	50
Figura 14.Diagrama de medias para la actividad de agua	52
Figura 15.Diagrama de medias para el pH	53
Figura 16.Diagrama de medias para la acidez	54
Figura 17.Diagrama de medias para el porcentaje de Amilosa.....	56
Figura 18.Diagrama de medias para la amilopectina.....	56
Figura 19.Diagrama de medias para la proteína.....	58
Figura 20.Diagrama de medias para % grasa	60
Figura 21.Diagrama de medias para % ceniza	61
Figura 22.Diagrama de medias para % carbohidratos.....	64
Figura 23.Diagrama de medias para la Temperatura de gelatinización	66
Figura 24.Diagrama de medias para la claridad de pasta (% de transmitancia)	68
Figura 25. Diagrama de medias para el índice de absorción de agua	69
Figura 26.Diagrama de medias para el índice de solubilidad en agua	71
Figura 27.Diagrama de medias para el poder de hinchamiento.....	73
Figura 28: Diagrama de medias para la viscosidad cP	74
Figura 29: Diagrama de medias para la sinéresis.....	77

Figura 30: Diagrama de medias para coliformes totales	79
Figura 31: Diagrama de medias para coliformes termotolerantes (e coli UFC/g)	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Densidad del almidón (g/ml) de arracacha	93
Anexo 2: Color del almidón de arracacha *L *a *b.....	93
Anexo 3: Actividad de agua (aw) del almidón de arracacha	94
Anexo 4: pH y acidez del almidón de arracacha.....	94
Anexo 5: Porcentaje de amilosa y amilopectina	94
Anexo 6: Análisis proximal	95
Anexo 7: Temperatura de gelatinización	96
Anexo 8: Claridad de pasta	96
Anexo 9: Índice de absorción de agua (IAA).....	96
Anexo 10: Índice de solubilidad en agua (ISA)	97
Anexo 11: Poder de hinchamiento (g de agua/ g de almidón)	97
Anexo 12: Viscosidad cP.....	97
Anexo 13: Porcentaje de sinéresis de almidón	98
Anexo 14: Coliformes totales UFC/g.....	98
Anexo 15: e coli UFC/g	98
Anexo 16: Curva estándar para amilosa.....	99
Anexo 17: Anova y tukey para la densidad (g/ml).....	100
Anexo 18: Anova para l* a* b*	100
Anexo 19: Anova y tukey para la humedad en %	101
Anexo 20: Anova y tukey para la actividad de agua (aw)	101
Anexo 21: Anova y tukey para el ph y acidez (g/ml)	102
Anexo 22: Anova y lsd para el porcentaje de amilosa y amilopectina.....	103
Anexo 23: Anova y tukey para la proteína	104
Anexo 24: Anova Y Tukey Para Él % De Grasa	104
Anexo 25: Anova y tukey para él % de ceniza.....	105
Anexo 26: Anova y tukey para él % de carbohidratos.....	105
Anexo 27: Anova y tukey para la temperatura de gelatinización °c.....	105
Anexo 28: Anova y lsd para la claridad de la pasta	106
Anexo 29: Anova y lsd para el índice de absorción de agua (iaa).....	106

Anexo 30: Anova y lsd para el índice de solubilidad en agua (isa)	106
Anexo 31: Anova y tukey para el poder de hinchamiento (%).....	107
Anexo 32: Anova y tukey para la viscosidad (cp)	107
Anexo 33: Anova y tukey para el % de sinéresis	108
Anexo 34: Anova y tukey para los coliformes totales.....	108
Anexo 35: Anova y tukey para ecoli	108
Anexo 36: Informe de laboratorio del análisis proximal a los almidones de arracacha.....	109
Anexo 37: Tabla para la elección de husillos r.....	110
Anexo 38: Matriz de consistencia: caracterización fisicoquímicas y propiedades tecnológicas del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) de las variedad blanca, amarilla y morada.	111
Anexo 39: Panel fotográfico - fotos de la realización de la parte experimental	113

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

kg	: Kilogramos
L	: Litros
mL	: Mililitro
mg	: Miligramos
meq.	: Miliequivalente
min	: Minutos
msnm	: Metros sobre el nivel del mar
N	: Normalidad
M	: Molaridad
NTP	: Norma técnica peruana
NTC	: Norma técnica colombiana
OMS	: Organización mundial de la salud
pH	: Potencial de hidrógeno
s	: Desviación estándar
Sig.	: Significancia
T	: Transmitancia
T°	: Temperatura
°C	: Grados celsius
NaOH	: Hidróxido de sodio
ISA	: Índice de solubilidad en agua
IAA	: Índice de absorción de agua
PH	: Poder de hinchamiento
UFC	: Unidades formadoras de colonia
CV	: Coeficiente de variabilidad
p-valué	: Probabilidad evaluada
RPM	: Revoluciones por minuto
aw	: Actividad de agua

RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de Arracacha (*Arracacha Xanthorrhiza*) de las variedades blanco, amarillo y morado. La materia arracacha fue recolectada de la Comunidad de Posoccoy del distrito de Talavera, de la provincia de Andahuaylas, Apurímac. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas como densidad, color ($L^* a^* b^*$), humedad, actividad de agua, pH, acidez, contenido de amilosa, amilopectina, proteína, grasa, ceniza, fibra y carbohidratos. Asimismo, las propiedades tecnofuncionales como (TG), (CP), (IAA), (ISA), (PH), (V) y (S). De igual manera se determinó los coliformes totales y *Escherichia coli*. El análisis estadístico se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA), el test de Tukey y LSD (diferencia significativa) de Fisher al 5 % de significancia, asimismo para el análisis estadístico se utilizó el software estadístico Statgraphics Centurión XVI.I. Los almidones de arracacha presentaron valores de densidad de 0.43 ± 0.04 a 0.47 ± 0.01 g/mL, respecto al color se obtuvo valores de luminosidad de 59.58 ± 0.85 que tiende a blanco, el componente cromático a^* presentó valores de -0.19 ± 0.04 a -0.23 ± 0.06 , el componente cromático b^* obtuvo valores 2.17 ± 0.03 a 3.23 ± 0.14 , humedad 10.25 ± 0.05 a 11.16 ± 0.02 %, actividad de agua 0.52 ± 0.10 a 0.54 ± 0.02 , acidez 0.09 ± 0.01 a 0.17 ± 0.06 %, pH 5.26 ± 0.17 a 5.84 ± 0.28 , contenido de amilosa 29.49 ± 0.22 a 37.07 ± 0.42 %, amilopectina 62.93 ± 0.41 a 70.51 ± 0.22 %, proteína 0.38 ± 0.03 a 0.72 ± 0.03 %, grasa 0.035 ± 0.005 a 0.065 ± 0.015 %, ceniza 0.28 ± 0.02 a 0.32 ± 0.04 %, ausencia de fibra y carbohidratos 88.11 ± 0.06 a 88.87 ± 0.0 % respecto a las propiedades tecnofuncionales reportaron valores de (TG) 52.97 ± 0.12 a 55.83 ± 0.12 °C, (CP) 62.50 ± 4.23 a 69.07 ± 4.74 %T, IAA 6.51 (g gel/ g muestra) ± 0.67 a 7.91 ± 0.01 , ISA 1.29 ± 0.13 a 8.45 ± 0.98 (g soluble/ g muestra), PH 6.41 ± 0.01 a 7.27 ± 0.29 %, (V) 3239.23 ± 184.08 a 5327.63 ± 201.70 cP, sinéresis 0.01 ± 0.00 a 0.08 ± 0.01 %, se encontró valores de coliformes totales 60 ± 0 a 236.66 ± 11.55 UFC/g y *E. coli* 0 ± 0 a 13.33 ± 5.77 UFC/g, propiedades fisicoquímicas se encuentran dentro de lo establecido para los almidones y las propiedades tecnofuncionales la variedad morado presentan mejores propiedades que la variedad blanco y amarillo, en cuanto a las propiedades microbiológicas se encuentran dentro de los límites establecidos por el MINSA.

Palabras claves: Arracacha, almidón, propiedades tecnofuncionales, viscosidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the physicochemical, technofunctional and microbiological properties of Arracacha starch (*Arracacha xanthorrhiza*) of the white, yellow and purple varieties. The arracacha raw material was collected from the Posoccoy Community of the Talavera District, of the Province of Andahuaylas, Apurimac Region. In order to find new sources of starch for application in the industry and boost its commercial expansion. Therefore, analyzes were performed on physicochemical properties, the most important being the content of amylose (29.49 ± 0.22 to $37.07 \pm 0.42\%$) and amylopectin (62.93 ± 0.41 to $70.51 \pm 0.22\%$), as well as a proximal analysis. Like the tech-functional properties such as gelatinization temperature (52.97 ± 0.12 to 55.83 ± 0.12 ° C), viscosity (3239.23 ± 184.08 to 5327.63 ± 201.70 cP), among others. Similarly, microbiological properties such as total coliforms and thermotolerant coliforms are below the maximum permissible limits established by the MINSA. The statistical design used for the present investigation was a DCA (completely randomized design). The statistical analysis was performed through an ANOVA (significant difference at 5%), the Tukey test and LSD as the case may be. Likewise, for statistical analysis Statistical Centurion XVI.I statistical software was used, it is concluded that the physicochemical properties are within the established for starches, the techofunctional properties of the purple variety have better properties than the white and yellow variety, regarding microbiological properties, they are within the limits established by MINSA.

Keywords: Arracacha, starch, techofunctional properties, viscosity.

Chumasqa

Kay purina k'uskiykuy k'arqa yachanapaq propiedadninkunata físicoquímico, tecnofuncionanintapas qinallataq uchuy propiedadnintapas raqachapata, variedadninta ruyaqta. Qillupata qinallatacc kulli patapas kay raqachakunan quñusqa karqa posoccoy llaqtapi talaverapa ukumpi, antahuaylla apurimaq sullupi .kaypim yachaniku propiedadninkunata físicoquímica qinallataqmi colorninkunata umidaninkunata qayaqintapas amilosankunata proteinantapas wirantapas uchpantapas pusramntapas carbobnhidratuntapas quñiyntapas lluclyuanantapas, chuyayanantapas suquykuspa, yakuntapas yachani kay ruraypi qinallataq punkyninta, pipuyninta paskanakunantapas, yachani kay tapuyniype. Qinallataq kay uchuy kausaq vidakuna llapalan kuliformikuna qinallataq escherichia colipas .kay tapukuyniypi estadísticamente rurani kay ANOVA mandakuynimpi qina.

Kay tukey, LSD yachachihuanchick kaypin akunku kimsa pallqay raqacha kasqa sapakama munayniyuq 0.43 ± 0.04 a 0.47 ± 0.01 g/mL. Qinallataccmi colornin chuyarikuq 59.58 ± 0.85 qahuarin ruyaqman. Qinallataqmi tarikun componente cromático *a kasqa -0.19 ± 0.04 a -0.23 ± 0.06 , qinallataqmi componente cromático *b kasqa 2.17 ± 0.03 a 3.23 ± 0.14 , umidadnintaqmi 10.25 ± 0.05 a 11.16 ± 0.02 %, yaquntaqmi 0.52 ± 0.10 a 0.54 ± 0.02 , puchquynintaqmi kasqa 0.09 ± 0.01 a 0.17 ± 0.06 %, pH 5.26 ± 0.17 a 5.84 ± 0.28 , amilosanmi kasqa 29.49 ± 0.22 a 37.07 ± 0.42 %, amilopectina kasqa 62.93 ± 0.41 a 70.51 ± 0.22 %, proteína kasqa 0.38 ± 0.03 a 0.72 ± 0.03 %, wiranmi kasqa 0.035 ± 0.005 a 0.065 ± 0.015 %, uchpanmi kasqa 0.28 ± 0.02 a 0.32 ± 0.04 %, manan tarikunchu fibra, carbohidratos kasqa 88.11 ± 0.06 a 88.87 ± 0.0 %. Qinallataqmi kasqa propiedadninkuna tecnofuncionales paipa valornin quñiyanta lluklluyaynin kasqa 52.97 ± 0.12 a 55.83 ± 0.12 °C, chaynallataqmi chuyayainin kasqa 62.50 ± 4.23 a 69.07 ± 4.74 %T, IAA 6.51 (g gel/ g muestra) ± 0.67 a 7.91 ± 0.01 , ISA 1.29 ± 0.13 a 8.45 ± 0.98 (g soluble/ g muestra), PH 6.41 ± 0.01 a 7.27 ± 0.29 %, pupuynintaqmi 3239.23 ± 184.08 a 5327.63 ± 201.70 cP, kacharicuyninñataq kasqa 0.01 ± 0.00 a 0.08 ± 0.01 %. qinallataqmi uchuy kausaqchakuna kasqa coliformes lluchan 60 ± 0 a 236.66 ± 11.55 UFC/g qinallataqmi escherichia coli de 0 ± 0 a 13.33 ± 5.77 UFC/g, Tukupaynimpi kay propiedadninkuna físicoquímicas tarikun leypa mandacusqampi qina akunkupas tecnofuncionalnimpas kuyllkimpas sumaq yuraq qinallataq qillu yupaychasqa kasqa kay MINSA nisqampi. Tiksi rimaykuna: arracacha, akunku, tecnofuncionalnimpas, pipuyninkuna.

INTRODUCCIÓN

La arracacha constituye una valiosa herencia de los pueblos preincaicos que durante siglos las seleccionaron y cultivaron por su agradable sabor, que se caracteriza por desarrollarse en ambientes con frecuentes heladas y sequías, las cuales además son cultivadas generalmente sin el uso de fertilizantes y casi sin la aplicación de pesticidas.

En la provincia de Andahuaylas es una fuente de ingresos para los pequeños productores de arracacha además de formar parte de la canasta alimentaria. Uno de los mayores componentes de estas raíces es el almidón. El almidón representa una excelente materia prima y tiene un número enorme de aplicación como estabilizantes, adhesivo, ligante, etc.

Utilizando algunas tecnologías, es posible aprovechar este recurso agrícola (arracacha), obteniendo almidón que sirve como materia prima para la elaboración de diversos productos alimenticios. Debido a sus altas cantidades de almidón, la arracacha puede ser utilizada para reemplazar materias primas convencionales como la papa, el maíz y la yuca en la industria alimentaria, el uso de almidones en los alimentos aumento con el surgimiento de la industria de alimentos procesados y la disponibilidad del almidón. En la industria de los alimentos, es importante porque ofrece una amplia gama de propiedades tecno-funcionales que determina la calidad del producto final. Asimismo, poder fortalecer la agricultura, generar oportunidades y de este modo poder generar nuevas industrias en nuestra localidad.

En la presente investigación se estudiaron las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas de los almidones de tres variedades de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) blanca, amarilla y morada. Los cuales pueden ser utilizadas en la industria de alimentos, debido a que estos almidones de especies no exploradas y de fácil crecimiento se adecua en diferentes climas, con menor cuidado y casi sin la necesidad de utilizar tantas prácticas agronómicas como caso de la arracacha, debido a ello aumentaría el margen de beneficios a quienes lo producen para una posterior transformación.

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

Los almidones son la fuente de carbohidratos más abundantes en la naturaleza; sin embargo, muchos de estas fuentes no están caracterizadas; cómo es el caso del almidón de arracacha, siendo este un tubérculo que se cultiva en Andahuaylas y además existen diferentes variedades de arracacha en la sierra de nuestro país que están en peligro de extinción, razón principal que conlleva a investigarla.

El conocimiento de las propiedades fisicoquímicas: pH, acidez, densidad, humedad, color, contenido de amilosa y amilopectina; las propiedades tecnofuncionales: temperatura de gelificación, claridad de la pasta, sinéresis y poder de hinchamiento y las propiedades microbiológicas de las variedades de arracacha blanca, amarilla y morada que se cultivan en la comunidad de Posoccoy, ello conlleva a poder utilizar los almidones de maneras adecuadas como insumo en la agroindustria y así poder utilizar en el procesamiento de diversos productos alimentarios y no alimentarios. Siendo este un indicador para la pre cocción y su utilización en procesos de extrusión, secado, hidrolizados entre otros. Otra propiedad que es de importancia de la sinéresis, defecto en los almidones dado que se manifiesta con la salida del agua en productos elaborados con almidones siendo una limitante en su utilización. Utilizar los almidones de arracacha sería una limitante para darle valor agregado a la arracacha con peligro de extinción en nuestro país específicamente en Andahuaylas; además de ser una fuente de ingreso más para los que cultivan la arracacha. Además, existe preocupación por el uso de almidones modificados en la industria Alimenticia y es por ello que los consumidores demandan almidones no modificados, cómo es el caso del almidón de arracacha que es un almidón no modificado y es el objeto de estudio que se plantea conseguir.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los valores de las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarillo y morado?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son los valores de las propiedades fisicoquímicas, del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarillo y morado?
- ¿Cuáles son los valores de las propiedades las propiedades tecnofuncionales, del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarillo y morado?
- ¿Cuáles son los valores de las propiedades microbiológicas, del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarillo y morado?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo general

Determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y microbiológicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarilla y morada.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades fisicoquímicas del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarilla y morada.
- Determinar las propiedades tecnofuncionales del almidón de arracacha (*Arracaciam xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarilla y morada.
- Determinar las propiedades microbiológicas del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de las variedades blanca, amarilla y morada.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El almidón es un material natural, abundante, de bajo costo, constituye una parte importante en la dieta del hombre desde tiempo prehistórico. Siendo el segundo polisacárido más abundante después de la celulosa y es el primero en importancia desde el punto de vista comercial al utilizarse ampliamente en la industria alimentaria. Este es uno de los sectores de mayor crecimiento industrial. Por lo que sus expectativas cada día se encuentran en la búsqueda y obtención de productos alimenticios innovadores, para la cual los almidones en los últimos años están jugando un papel clave por su amplia gama de usos (Acosta y Blanco, 2013). Siendo la principal razón de esta investigación, que se oriente a la obtención y caracterización de almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de las diferentes variedades (blanca, amarilla y morada), como alternativa para sus diferentes usos en la industria alimentaria (espesante, aglutinante, emulsificante, estabilizador, gelificante, etc.) y como una nueva oportunidad para su comercialización utilizando nuestros recursos naturales como materia prima.

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

No obstante, la arracacha bajo la forma de almidón, requiere un estudio detallado de sus propiedades fisicoquímicas, tecnofuncoinales y microbiológicas, con el fin de informar el comportamiento para su utilización.

CAPITULO II: ANTECEDENTES

2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Zarate, et al. (2014), señalan que el almidón nativo de clones promisorios de papas nativos realizados en la Universidad de la Salla de Bogotá Colombia, en los análisis realizados llegaron a la siguiente principal conclusión respecto a la caracterización fisicoquímica presentó los siguientes rangos de humedad 9.33 a 21.67 %; amilosa 14.05 y 49 % y la amilopectina de 51 y 85.95 %, asimismo determinaron las propiedades funcionales con rangos de temperatura de gelatinización de 62 a 74 °C y sinéresis en congelación de 0.0-33.34%.

Espinoza (2012), desarrollo un análisis proximal del almidón de tres variedades de papa nativa, en la Universidad Austral de Chile. Llegando a la siguiente principal conclusión obteniendo valores de humedad de 8.13 a 8.43 %, en tanto el contenido de proteína para estas mismas muestras fue de 0.62 a 0.71 %; y el contenido de cenizas obtuvo rangos de 0.1 y 0.13 %.

Subramony et al. (2002), refieren que se presentan los valores promedio de esta composición química, encontrándose que la harina de arracacha contiene un alto contenido de almidón (74,47 g/100 g), almidón resistente (4,23 g/100 g) y fibra dietaria (4,87 g/100 g), pero un bajo contenido de grasa y proteína, característico de la mayoría de las harinas de raíces y tubérculos.

Armando (2008), realizaron un análisis físico-químico de almidones de papa y determinaron la viscosidad en su pasta, donde determinaron valores del contenido de humedad de 8.50 %; no encontraron ninguna diferencia significativa en el contenido de fibra que fue 0.05 %; obtuvieron también contenido de lípidos entre 0.30 a 0.35 %, la proteína presente en el almidón nativo fue de 0.60 a 0.62 % y el contenido de amilosa fue 24 %. En el IAA en el almidón de papa fue de 5.83 g gel/g muestra y el ISA fue de 2.97 g soluble/g muestra.

Garnica (2010), caracterizaron funcionalmente a almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa y señalan que el porcentaje de transmitancia fue mayor del 40 %; reportando valores de 54.53 y 82.9 %. La temperatura de gelatinización osciló entre 61 a 65 °C, el IAA estuvo entre 6.5 y 15.04 g gel/g muestra, el ISA presentó valores de 0.74 a 5.29 g soluble/ g muestra, el poder de

hinchamiento fue de 6.58 hasta 15.45% y la viscosidad presentó variación entre los datos que fue de 770 a 12920 cP.

Parovuori (1995), refieren que, a fin de aumentar las aplicaciones industriales, los almidones son modificados por los tratamientos enzimáticos físico y químico. Los resultados de oxidación en almidones parcialmente convertidos o degradados que son capaces de producir los altos pastas de fluidez a alta concentración de sólidos, siendo clasificada como thinboiling almidones. El peróxido de hidrógeno es uno de los reactivos empleados para producir los almidones oxidados y las reacciones que se producen durante la modificación del almidón se describen como muy complejo

Wang (2006), mencionan que el almidón oxidado también se está volviendo cada vez más importante en la industria alimentaria por sus propiedades funcionales únicas, tales como baja viscosidad, alta estabilidad, claridad, formador de película, y las propiedades de unión. Esto se puede utilizar como un agente de recubrimiento y sellado en la confitería, como un emulsionante, como un acondicionador de la masa para el pan, como un sustituto de árabe goma, y como un agente de unión en las aplicaciones de rebozado.

2.2. ANTECEDENTES NACIONALES:

Alayo (2015), caracterizo fisicoquímica y reológicamente almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) variedad amarilla procedente de la provincia san ignacio-departamento de Cajamarca, extrajo el almidón y evaluó el rendimiento, sus propiedades fisicoquímicas y reológicas. Los resultados obtenidos indican que el almidón presentó un rendimiento de 11.1%, con un contenido de humedad de 4.71 %, 0.27 % de cenizas, amilosa 15.16% y amilopectina 84.84%, presentó un índice de absorción de agua 16.03 g gel/ g muestra, una baja solubilidad de 15.36 % almidón. La temperatura de gelatinización del almidón fue 65.3 °C, se observó que la sinéresis a 24 h fue 6.35 % y a 48 h 6.9 %.

Peña (2017), determino las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los almidones extraídos de papas nativas procedentes de llave (Puno, Perú), las variedades utilizadas fueron las denominadas papas nativas dulces (Imilla Blanca e Imilla Negra) y las papas nativas amargas (Lo'cka, Piñaza y Ocucuri Blanca), el contenido de amilosa (23,6- 30,0 %) y fósforo (550,75-827,07 ppm), debido a su

importancia en algunas propiedades funcionales de los almidones. La retrogradación de los almidones se ha determinado mediante la medición de la sinéresis y claridad.

Soto et al. (2012), evaluaron la calidad del almidón de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) capiro, huayro moro y amarilis-inia cultivadas en la provincia de Jauja. La investigación consta de tres etapas: 1º etapa: Obtención de las muestras de variedades de papa y sus análisis químico proximales. La 2º etapa: extracción del almidón y su rendimiento. La 3ª etapa: se evaluó la composición química-proximal y la calidad del almidón. Los carbohidratos representan el principal componente de las variedades del tubérculo del 75%, luego se obtuvo el contenido de carbohidrato del almidón 99.21 g, 97.86 g y 99.21 g, de capiro, huayro-moro y amarilis-inia respectivamente. En la viscosidad el mejor almidón fue de la variedad huayro-moro con 23000 cp, que es diferente estadísticamente con la variedad capiro 22000 cp y con la de amarilis-inia de 11533 cp. En el poder de hinchamiento y de índice de absorción de agua, el del almidón de la variedad capiro fue el mejor, siendo el valor más alto de 24.6741 y de 22.4689g gel/g muestra respectivamente, comparada a las otras dos variedades de papa.

2.3. ANTECEDENTES REGIONALES:

Palomino (2018), en su investigación extracción, caracterización funcional y color del almidón de papa nativa de las variedades: waka waqra, alq'a wayruru, phusi k'achun waqachi y puka viruntus (*solanun tuberosum* ssp. *andigenum*). Evaluó el rendimiento de extracción (%R), índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA), poder de inchamiento (PH), Claridad de la pasta (CP), Temperatura de gelatinización (TG), Porcentaje de pulpa (%P), acidez titulable, pH y el color $L^*a^*b^*$, se aplicó un diseño completo al azar, los datos se analizaron a través de una ANOVA y prueba múltiple de medias Tukey a 5% de nivel de significancia. Los resultados mostraron que el %R fue mayor a 12%, la TG oscila entre 63.5°C a 60.3°C, el ISA entre 11.43 a 7.13 g solubles/g, el IAA 7.02 a 14.87 g gel/g, el PH entre 8.42 a 15.85 g sedimento/g, la CP entre 67.77 a 89.87 % de transmitancia, acidez entre 0.002 a 0.005 meq de ácido láctico/g, y el %P entre 0.25 a 0.37%, en cuanto al color la luminosidad L^* está por encima de 95.

Diaz (2015), determino las propiedades físicas, químicas, tecno-funcionales y la estabilidad en congelación/descongelación del almidón de cuatro variedades de *solanum tuberosum* ssp. *Andigenum* (papa nativa), dentro de las propiedades funcionales evaluó la temperatura de gelatinización, claridad de pastas, viscosidad, índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua, poder de hinchamiento y la estabilidad en congelación/descongelación por el porcentaje de sinéresis. El valor obtenido de la temperatura de gelatinización tuvo rangos de 63.9-70.0 °C; la claridad de pastas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 59.9-80.2 %; una viscosidad de 9960-12266.7 cP; índice de absorción de agua 6.332-10.278 g gel/g muestra; índice de solubilidad en agua 2.03-2.85 g soluble/g muestra; poder de hinchamiento 6.380-10.253 %.

Leguia (2017), en su investigación evaluación de las propiedades funcionales, rendimiento de extracción y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*solanun tuberosum* ssp. *andigenum*), la propiedad funcional de temperatura de gelatinización tuvo rangos de entre 63.4 a 59.9 °C; la claridad de pastas obtuvo valores de porcentaje de transmitancia de 82.35 a 37.59 %T; índice de absorción de agua 12. 60 a 6.64 g gel/g muestra; un índice de solubilidad en agua 12.60 a 8.60 g soluble/g muestra; un poder de hinchamiento 15.80 a 6.97g sedimento/g muestra y la densidad aparente presentó valores entre 0.777 a 0.409 g/mL.

Quispe (2018), en su investigación características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (*tropaeolum tuberosum*) de las variedades amarilla y negra, dentro de las características químicas (amilosa y amilopectina) se determinaron mediante el método de espectrofotometría, obteniéndose 24.16 % de amilosa en Variedad Negra, seguida por Variedad Amarilla con 23.58 %. El almidón de mashua negra presentó menor temperatura de gelatinización (59.57 °C), frente a la Variedad Amarilla (63.40 °C). El índice de absorción de agua fue similar en ambas variedades 27.73 g gel/g muestra en Variedad Amarilla y 28.73 g gel/g muestra en Variedad Negra. El almidón de mashua negra presentó alto poder de hinchamiento y alta solubilidad en agua, poder de hinchamiento de 39.51 % en Variedad Negra y 30.29 % en Variedad Amarilla, solubilidad de 18.02 % en Variedad Negra y 8.44 % en Variedad Amarilla.

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

3.1. BASES TEÓRICAS

3.1.1. Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

Esta planta es conocida con el nombre de Raqacha y Laqachu. Es de clima subtropical y no soporta las fuertes bajas temperatura. En el Perú se cultiva en la zona Yunga y en algunos valles de la Región Quechua hasta los 2.800 metros de altitud (Bravo, 2009).

3.1.2. Descripción Botánica.

Su característica botánica la define como una planta que posee unas cepas de 8 a 10 raíces de forma cónica de color blanco y púrpureo, la que son muy apreciadas por su sabor dulce agradable y reconocido valor alimenticio. La altura promedio que alcanza esta planta es de 1.30 m. Se reconoce la existencia de 3 tipos de arracacha por su coloración externa que puede ser indistintamente, blanco, amarillo o ligeramente morado (Bravo, 2009).

Muñoz (1969), refiere la clasificación botánica de la arracacha:

Reino: Plantae

División: Angiospermas

Clase: Magnoliatae (dicotiledónea)

Sub – clase: Archichlamydeae

Orden: Umbelliflorae

Familia: Umbelliferae (Apiácea)

Género: Arracacia

Especie: Xanthorrhiza Bancroft

3.1.3. Nombres comunes

Quechua (rakacha, laqachu, huiasampilla) Aymara (lakachu, lecachu) Español arracacha (Colombia, Perú), arracache (Costa Rica); racacha, apio criollo o simplemente apio (Venezuela), arrecate (América Latina); racacha, virraca, arracacha (Perú); zanahoria blanca (Ecuador) (Jiménez, 2005)

3.1.4. Descripción de la planta

Planta herbácea caulescente ramificada con 0.5 a 1.20 m. De altura, follaje escumuloso, hojas ampliamente ovaladas de 10 a 15 cm. De largo y ancho. Foliolos ovadolanceolados, acuminados, cuneados o redondeados en la base;

peciolos envainados. Inflorescencias con umbelas compuestas, flores púrpuras o grisáceas, pétalos oblongos u ovados. Fruto lanceolado u oblongo. Las semillas vistas en forma transversal son teretiformes. (Higuitia, 1968).

Es una umbelífera perenne, con cierto parecido al apio, especialmente por sus hojas, que tiene una gran raíz comestible ramificada en 8 a 10 partes, cada una de las cuales tiene la forma de una zanahoria corta. El peso total de la raíz y sus ramas llega a veces hasta 4 Kg. El color es blanco o amarillo, rara vez púrpura. La altura de la planta es de 60 a 100 cm, las flores son pequeñas, amarillas o purpúreas. (Bukasov, 1981).

El tallo se compone de una cepa llamada "madre" de forma cilíndrica corta de 3 a 10 cm. de largo por 2 a 8 cm. de diámetro, y cubierta por numerosos surcos transversales que forman una superficie rugosa. De la cepa parten ramificaciones cortas o brotes una vez separadas de la cepa, emiten raíces en sus extremidades inferiores y forman una planta nueva, en estructura similar a la cepa. Las hojas son pinnadas, largamente pecioladas y tienen de 3 a 7 foliolos a su vez muy recortados (Leon, 1964) .

El cuerpo de la raíz es recto o encorvado, aplanado a menudo en su parte superior por la presión de otras raíces y terminado en un ápice delgado que emite fibras de escasa longitud. Su superficie casi lisa, está cubierta por una delgada película que presenta cicatrices transversales, como las raíces de la zanahoria. Aunque las raíces más jóvenes tienen una epidermis lisa, las raíces viejas desarrollan unas capas corchosas de color pardo, que dan a las raíces cosechadas una ligera apariencia de yucas (Rodas, 1992).

3.1.5. Morfotipo

Los morfotipos que se conocen se diferencian de la siguiente manera por el color y tamaño de la raíz

3.1.6. Arracacha morada

La mata tiene una coloración morada al principio de los tallos, junto al tronco. Forma de la raíz fusiforme, el color de la piel presenta alternancia, color de la piel primario habano y la secundaria es rozada, la corteza es de color habano claro, color de medula habano, color de anillo vascular morada, (Álvarez, 2007).

3.1.7. Arracacha amarilla

La mata es verde por completo, aunque al madurar aparece un ligero amarillamiento en la base de los tallos, tiene un sabor peculiar entre menos dulce y algo amargo, se dice que son parecidos a la papa phureja es decir precoz y muy rendidora y con poco tronco, a los 8 meses las raíces empiezan a reventarse y deben cavarse porque antes del año se daña pudriéndose en la mata. Forma de raíz fusiforme, claviforme color de piel crema oscuro, color de corteza amarillo claro, color de medula anaranjado, (Álvarez, 2007).

3.1.8. Arracacha blanca

La planta es apariencia semejante a lo anterior, las raíces no son amarillos sino de color habano. Forma de raíz es claviforme, fusiforme, color de piel habano, color de corteza habano, color de medula habano, color de anillo vascular crema, (Álvarez, 2007).

3.1.9. Almidón.

El almidón es el principal carbohidrato de reserva sintetizado por las plantas y es una fuente de energía para muchos organismos, representa una fracción importante en un gran número de productos agrícolas como son: cereales, leguminosas y tubérculos con un contenido entre (30 al 80 %), (25 al 50 %) y (60 al 90 %) respectivamente (Espinosa, 2008).

Es un polisacárido propio de tejidos vegetales que tiene como unidad estructural moléculas de glucosa, se presenta en forma de gránulos, que habitualmente ofrecen una forma redondeada, irregular, con tamaños que oscilan entre 2 y 100 micras, tanto la forma como el tamaño de los gránulos son característicos de la especie vegetal y pueden utilizarse para identificar el origen de un almidón o harina. Como hidrato de carbono de reserva, el almidón se encuentra en especial abundancia en determinados tejidos vegetales, como los tubérculos y en el endospermo de las semillas. Sus propiedades funcionales son de importancia en muchos alimentos, el almidón se encuentra en las células vegetales bajo la forma de partículas insolubles o gránulos (Surco, 2004).

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

3.1.10. Estructura y composición química del almidón

Químicamente, el almidón está integrado por dos polímeros de diferente estructura la amilosa (es esencialmente un polímero lineal, soluble en agua) y amilopectina (es un polímero ramificado, insoluble en agua), estos se presentan juntos en los gránulos, pues el granulo de almidón es un sistema heterogéneo que consiste principalmente en estos dos compuestos (Surco, 2004).

Las cantidades relativas de estos dos polímeros y su organización física dentro de la estructura granula, le confieren las propiedades fisicoquímicas y funcionales características a los diferentes almidones (Espinosa, 2008). La proporción relativa de amilosa y amilopectina varía de un almidón a otro. En términos generales el almidón contiene aproximadamente 17-27 % de amilosa y el resto de amilopectina. Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui, 2006, pág. 81).

3.1.11. Propiedades fisicoquímicas del almidón.

Las propiedades físicas y químicas dependen de la organización física y química (las cantidades respectivas de estos polisacáridos), los cuales otorgan determinadas propiedades fisicoquímicas y características funcionales a los diferentes almidones (Singh, 2003). Además de la amilosa y amilopectina, existen otros componentes en pequeñas proporciones como: proteínas, lípidos, grupos fosfato y trazas de materiales inorgánicos; tanto la fuente botánica y las condiciones de almacenamiento de los almidones determinan el contenido de estos compuestos que imparten efectos drásticos en la propiedades fisicoquímicas (Moorthy, 2002)

3.1.12. Amilosa

La amilosa, es un polímero lineal que consta de moléculas de glucosa que se encuentran unidas entre sí por enlaces α -(1-4) que representan un 99 % de su estructura; también se ha comprobado la presencia ciertas ramificaciones unidas por enlaces α -(1-6), dichas ramificaciones se encuentran de manera espaciada e infrecuente, lo que permite observar su comportamiento esencialmente lineal (Tovar, 2008).

La abundancia de hidroxilos en la estructura de la amilosa otorga propiedades hidrofílicas al polímero, impartándole afinidad por el agua. Sin embargo, debido a su linealidad, los polímeros de la amilosa tienden a agruparse muy estrechamente en forma paralela mediante la formación de puentes de hidrógeno entre los hidroxilos de los polímeros adyacentes reduciendo así su afinidad por el agua.

Constituye del 20 al 30 % del total del almidón y posee la capacidad de formar geles. Presenta una estructura microcristalina, es la responsable de la adsorción y de la formación de geles, que luego precipitan, en el curso de la retrogradación después de la gelatinización

a continuación, se observa la estructura de la amilosa:

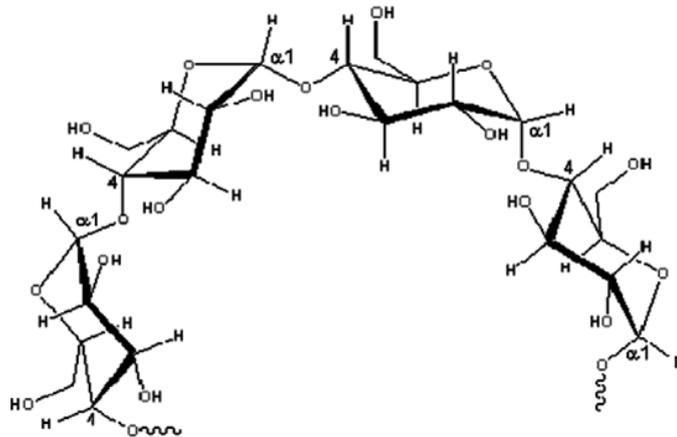


Figura 1. Estructura química de la amilosa.

Fuente: (Villagra, 2010)

Los almidones ricos en amilosa mantienen su forma cuando se moldean; gelifican, mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. Para concluir se puede destacar que la amilosa tiene riesgo de retrogradación, sinéresis o gelificación, muchas de sus propiedades pueden explicarse por la habilidad de la amilosa de adoptar diferentes estructuras moleculares (Villagra, 2010).

3.1.13. Amilopectina

Es un polímero ramificado formado por cadenas lineales constituidas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 4), estas cadenas están unidas entre ellas por enlaces α -D-(1 \rightarrow 6) que forman los puntos de ramificación (Aristizabal et al. 2007).

La amilopectina es el componente mayoritario del almidón, se encuentra en una proporción de 70 a 80 % de los almidones, en ciertos casos alcanza niveles de hasta 98 y 99 %, este tipo de almidones son definidos como cerosos.

A continuación, estructura química de la amilopectina:

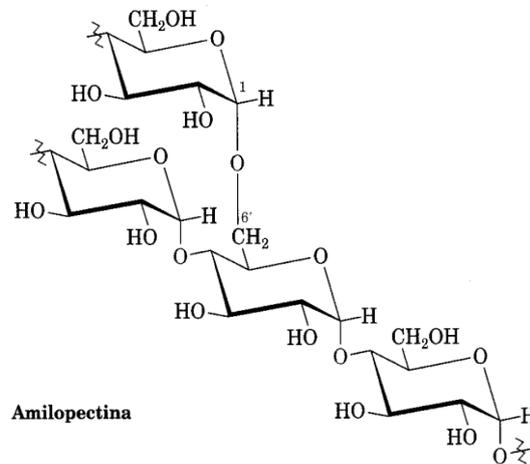


Figura 2. Estructura química de la amilopectina

Fuente: (Villagra, 2010)

La amilopectina no tiene estructura microcristalina, presentando un grado de cristalinidad inferior al de la amilosa. Los monómeros están interconectados débilmente, constituyendo una especie de formación cristalina que se rompe con facilidad. Es la responsable de la pegajosidad y viscosidad del almidón, debido a que durante la cocción absorbe una importante cantidad de agua, siendo la responsable del hinchamiento del gránulo de almidón, sin embargo, no interviene en la formación del gel, por lo tanto, no retrograda. Los gránulos ricos en amilopectina son más fáciles de disolver en agua a 95 °C, que los que contienen mucha amilosa”; así como también menciona que la amilopectina no tiene tendencia a la recristalización y que las soluciones de amilopectina no retrogradan (Villagra, 2010).

3.1.14. Proteínas.

Los almidones de tubérculos contienen pequeñas cantidades de proteína (<0,1 %); a diferencia de los cereales, los cuales contienen de 0,25 a 0,6 % (Debet R. M., 2006). Al igual que los lípidos, las proteínas se encuentran asociadas con el gránulo, y en la periferia del mismo. Las proteínas confieren al almidón un aroma y sabor a harina, además de cierta capacidad espumante. Cerca del 10 % de las

proteínas asociadas al almidón, se encuentran en la superficie del granulo y pueden ser fácilmente extraídas con agua o soluciones salinas (Beymun, 1985).

Entre las proteínas asociadas a la superficie del granulo esta la enzima α -amilasa, cuya acción hidrolítica afecta las propiedades reológicas de almidón en dispersión, de ahí la importancia de eliminarlas durante el proceso de obtención de este polímero (Moorthy, 2002). La presencia de proteínas en el almidón es causa de los diferentes lavados que sufre durante su obtención, ya que el agua ayuda a arrastrar a las proteínas (Pérez, 2002).

La presencia de estas también está dada por la morfología del almidón y por el tamaño del granulo (Lawal, 2005). El contenido de proteínas en el almidón de papa presenta un rango de 0.6 % (Guízar, 2009).

3.1.15. Lípidos

Los lípidos presentes en los gránulos de almidón se encuentran formando complejos de inclusión con las moléculas de amilosa, dichos complejos son insolubles en agua fría. Los principales ácidos grasos que conforman los lípidos contenidos en los almidones se encuentran el ácido palmítico, ácido oleico, ácido linoleico y fosfolípidos. El contenido de lípidos en almidones de tubérculos como la papa, el camote la tapioca es muy pequeña menor a 0,1 % (Tester, 2004). La presencia de grasas o lípidos en el almidón afecta a las propiedades funcionales, al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento (Wolfgang, 1999). Además, contribuyen a elevar las temperaturas de gelatinización y disminuyen la retrogradación. Por lo tanto, los lípidos desempeñan un papel muy importante en la calidad y en la propiedades físicas y funcionales de los almidones (Singh et al. 2003).

3.1.16. Humedad

Es una variable física definida formalmente como la cantidad de agua presente o absorbida en un sólido. Se puede expresar tanto en base húmeda como seca (Barrios, 1989).

La evaluación de esta variable permite, determinar la estabilidad del almidón en el tiempo. El contenido de humedad es un factor que depende tanto de la materia prima como del método de obtención y las condiciones del proceso de

deshidratación. Un contenido de humedad menor al 10 % resulta conveniente para evitar el deterioro de los almidones durante su almacenamiento. El contenido de humedad para el almidón se encuentra entre 7.0 a 13.3 % (Hoover R. , 2001). Un contenido superior de humedad puede ocasionar daño microbiano y por tanto, el deterioro en la calidad de polímero (Beymun G & Roels, 1985). El contenido de humedad del almidón se debe a la cantidad de amilosa presente, debido que tiene un ligero comportamiento higroscópico, las partículas pueden embeber una pequeña cantidad de agua; ya que estas moléculas presentan terminales polares, los cuales atraen moléculas de agua, es así que altos contenidos de amilosa atraerán mayor contenido de agua (Vaclavick V. A., 2002).

3.1.17. Color en los alimentos

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

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

Los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos, principalmente orgánicos, algunos de los cuales son el resultado del procesamiento y manejo del alimento. Otros son pigmentos naturales o colorantes sintéticos añadidos. Cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, debido a las reacciones de caramelización y de Maillard (Badui, 2006, pág. 436).

3.1.18. Color

El color es una de las principales características de calidad de los alimentos y la principal característica perceptible por el consumidor. Varios pigmentos presentes en los alimentos se correlacionan con el contenido en compuestos bioactivos tales como compuestos fenólicos, carotenoides, betalainas y vitaminas. Han revelado en varios estudios que su consumo diario promueve la

salud de los seres humanos mediante la reducción de los niveles de colesterol, esclerosis coronaria, factores de riesgo cardiovascular, entre otros efectos beneficiosos (Santana et al. 2013).

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

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

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

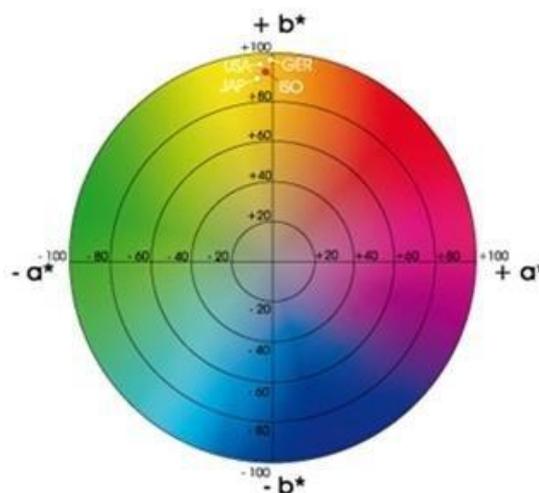


Figura 3. Representación en el plano horizontal de color $L^* a^* b^*$

Fuente: Ferreira, (1981).

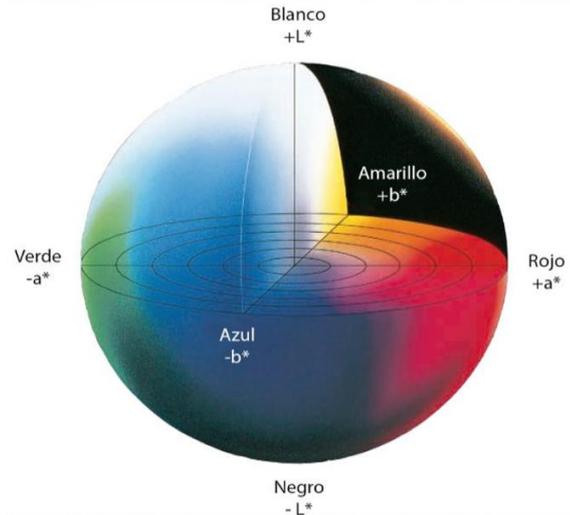


Figura 4. Representación tridimensional del espacio de color $L^* a^* b^*$

Fuente: Ferreira, (1981).

3.1.19. Viscosidad

Es la propiedad de un fluido que se caracteriza su resistencia a fluir; se muestra un comportamiento único de viscosidad con el cambio de temperatura y concentración. Se cree que la viscosidad de las dispersiones de los almidones está fuertemente influenciada por el hinchamiento de los gránulos. Este comportamiento se puede medir a través de un viscosímetro. (Fernandez, 2008)

Cuando una suspensión acuosa de almidón es calentada por encima de la temperatura de gelatinización, los gránulos individuales gelatinizan y se hinchan libremente hasta absorbe virtualmente de toda el agua disponible, incrementando su volumen. El continuo calentamiento particularmente en presencia de agitación constante produce pasta cocidas, las cuales son mezclas de gránulos hinchados y gránulos fragmentados los cuales están adheridos unos con otros formando una matriz consistente y en consecuencia la viscosidad de la pasta aumenta considerablemente (Soriano Colchado, 1986).

La viscosidad aumenta marcándose después de que los gránulos han hinchado lo suficiente, de manera que chocan con frecuencia. En algunos casos, la fricción llega a ser tan grande que los gránulos, ahora frágiles, se rompen en fragmentos que originan reducción de la viscosidad. Debido a que la viscosidad depende, en principio de la colisión y rotura de los gránulos hinchados, la temperatura a la que aparece notable aumento, así como los posteriores cambios, depende

fundamentalmente de la concentración inicial de la suspensión del almidón (Carrera Carazas, 1996). La viscosidad depende del tamaño y la forma del granulo, el cual incide en el aumento de la solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad, cuanto menor sea el tamaño del granulo existirá mayor capacidad de absorción de agua (Hwang & Kokini, 1992).

Los equipos comúnmente usados para registrar los cambios de viscosidad de soluciones o pastas de almidón calentadas son: Viscosímetro Scott, el Viscosímetro de Brookfield y Viscosímetro de Brabender (Carrera Carazas, 1996).

Los parámetros determinados para analizar las propiedades de pasta según Sandu y Singh (2017) citado por (Valcárcel, 2010) son:

a) **Pico de viscosidad o viscosidad máxima:** es el valor máximo de viscosidad alcanzado por la curva viscoamilografica.

b) **Resistencia o viscosidad mínima:** corresponde a la viscosidad mínima registrada después de la fase de temperatura constante.

c) **Inestabilidad del gel o breakdown:** medición de la etapa de cocido o desintegración del almidón. Es la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad mínima.

d) **Viscosidad final:** indica la capacidad del almidón para formar una pasta viscosa. Es el valor de viscosidad máxima que se registra al final la curva viscoamilografica.

e) **Tendencia retrogradación o setback:** Corresponde a la diferencia entre la viscosidad mínima y la viscosidad final.

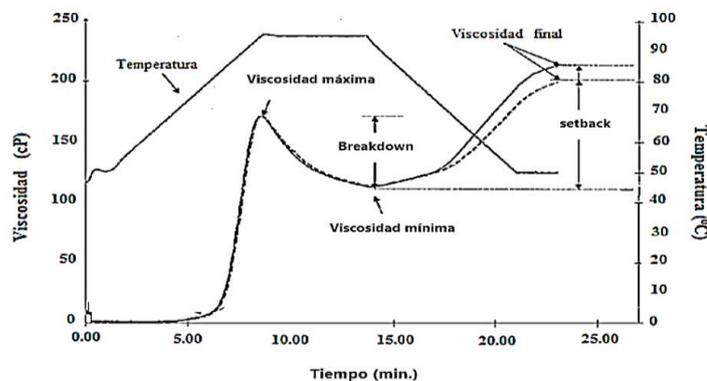


Figura 5. Perfil de viscosidad de pasta de almidón obtenido en el RVA.

Fuente: (Valcárcel, 2010).

3.1.20. Propiedades tecnofuncionales del almidón.

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

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

3.1.21. Gelatinización

La gelatinización del almidón tiene lugar en exceso de agua y condiciones de humedad limitadas en un intervalo de temperatura, que se conoce como temperatura de gelatinización y depende de la variedad. Como consecuencia del aporte de calor se rompen los puentes de hidrogeno que mantienen ordenadas las cadenas de amilosa y amilopectina dejando libres los grupos polares hidroxilo. Durante la gelatinización del almidón, parte de la amilosa difunde del gránulo y las regiones de amilopectina cristalina absorben agua, dando lugar a un hinchamiento de los gránulos de almidón. La amilopectina es la máxima responsable del hinchamiento debido a que se encuentra en mayor proporción en el almidón y a que presenta menor grado de cristalinidad como consecuencia de su estructura ramificada. Estos cambios van acompañados de un aumento de viscosidad del producto debido a que los gránulos de almidón se adhieren unos a otros (Fernandez, 2008).

3.1.22. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización depende de varios aspectos como es el porcentaje de amilosa, forma y el tamaño del granulo del almidón, por lo que cada almidón tiene un intervalo de gelatinización diferente (Sánchez, 2007). El contenido de amilosa influye en la temperatura de gelatinización, es decir es

inversamente proporcional a esta, ya que a mayor contenido de amilosa menor temperatura de gelatinización y viceversa, (Lindeboom et al. 2004).

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

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

3.1.23. Claridad de la pasta.

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

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

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

3.1.24. Poder de hinchamiento

El poder o capacidad de hinchamiento se manifiesta debido a las fuerzas de enlaces presentes en el interior del gránulo, por lo tanto, gránulos de almidón altamente asociados con una estructura micelar extensa y frecuentemente enlazada, generalmente muestran una gran resistencia al hinchamiento (Tester y

Morrison, 1990) Aunado a esto la presencia de lípidos puede inhibir el hinchamiento de los gránulos, debido a la formación de complejos insolubles con la fracción de amilosa (Yoshimoto, 2000).

El poder de hinchamiento es una medida de la capacidad del almidón para hidratarse bajo condiciones específicas tales como: temperatura y disponibilidad de agua (Hoover, 1996)

El poder de hinchamiento y la solubilidad se correlacionan y presentan un comportamiento similar porque dependen de la proporción y el arreglo de las moléculas de amilosa y amilopectina, el peso molecular de las débiles, la distribución del peso molecular, el grado de ramificación y la conformación y extensión de las cadenas externas de la amilopectina (Moreira, 2007).

3.1.25. Uso de los almidones.

Los almidones tienen una infinidad de usos tanto para la alimentación como para la industria. En la alimentación, se le usa como ingrediente de diferentes preparados y a nivel industrial su uso es como materia prima básica o producto auxiliar de industrias alimentarias, textiles, etc. (Tarazona, 1995).

Dentro de los almidones comercializados los que tienen mayor aceptación en la industria de los alimentos son el almidón de tapioca (yuca) y el de papa (Cenzano, 1996).

En la industria alimentaria, el almidón juega un papel determinante en la textura de varios alimentos, factor importante en la palatabilidad y aceptabilidad y es usado para los siguientes propósitos:

- Industria textil; para mejorar el acabado de las telas después del procesamiento de teñido, blanqueado y estampado.
- Industria papelera. Como agente para el encolado interno y recubrimiento del papel con el objeto de mejorar las uniones entre fibras y para retener las cargas y partículas finas.
- Industria farmacéutica. En la elaboración de cremas, pomadas y en comprimidos como agente de relleno, aglutinante, dispersante y en revestimiento de capsulas.
- Industria cosmética. Para las formulaciones de talcos perfumados y en la elaboración de maquillajes.

- Industria de alimentos. Como agente espesante en los enlatados, sopas y salsas. En la industria de la panificación y manufactura de galletas. Como ingrediente en las formulaciones de alimentos en polvo y deshidratados.
- Agente para espolvorear, combinado con azúcar en polvo en gomas caramelos y gomas de mascar.
- Como protector contra la humedad de diversos productos en polvo (azúcares), pues los almidones absorben humedad sin apelmazarse.
- Como aglutinante, para el ligamento de componentes, en la preparación de salchichas y embutidos cocidos para mejorar la consistencia de las pastas y mantiene la unión de los ingredientes.
- Como emulsificantes, produce una emulsión estable en la preparación de mayonesa y salsas similares; donde se necesita emulsiones estables.
- En la mezcla con harinas para bajar el contenido de proteínas y la fuerza del gluten en proteínas.
- Como espesante y estabilizante en los helados, sopas, salsas y mazamorras.
- Otros usos. Como agente adherente y de recristalización en la manufactura de explosivos y fósforos. En la industria de la construcción como aglutinante para tabiques de concreto y adhesivo para madera laminada. En la elaboración de baterías de celda seca pues las paredes de estas son tratadas con almidón y otras sustancias. Otra aplicación importante es en la elaboración de materiales de empaque biodegradables.

3.1.26. Propiedades microbiológicas del almidón.

3.1.26.1. Microbiológico

En particular, la producción primaria no se debe llevar a cabo en zonas donde exista la presencia de sustancias posiblemente peligrosas, agua contaminada con microorganismos patógenos que conduzcan a un nivel inaceptable de estas sustancias en los productos; se debe cumplir con la correcta producción higiénica, manipulación, almacenamiento y transporte; además de llevar a cabo la limpieza, mantenimiento e higiene involucrado en la producción.

3.1.26.2. Importancia de un análisis microbiológico

El análisis microbiológico no mejora la calidad del alimento, sino que permite valorar la carga microbiana, señalando los posibles puntos de riesgo de contaminación o multiplicación microbiana. Muchos de los alimentos no pasan por un análisis microbiológico por lo que se convierten en un riesgo para la salud, debido a que pueden ocasionar enfermedades como:

- Salmonella
- Estafilococo áureo o dorado (*Staphylococcus aureus*)
- Enteritis necrótica o gangrena gaseosa (*Clostridium perfringens*)
- Gastroenteritis (*Vibrio parahaemolyticus*)

3.1.26.3. Placas petrifilm

Las placas Petrifilm son un método rápido que proporciona resultados más rápidos, fueron desarrollados en el campo de la microbiología para simplificar los procedimientos de recuento microbiológico. Su constitución lo hace un método fiable para la detección de la contaminación microbiana de materias primas, productos terminados, además pueden ser empleadas para control ambiental. (Manual de Medios de Cultivo, 1998)

3.1.26.4. Composición de placas petrifilm

Las placas Petrifilm están constituidas básicamente por:

- Película de polipropileno
- Indicador
- Gel soluble en agua
- Medios nutritivos deshidratados
- Papel con cuadrícula impresa

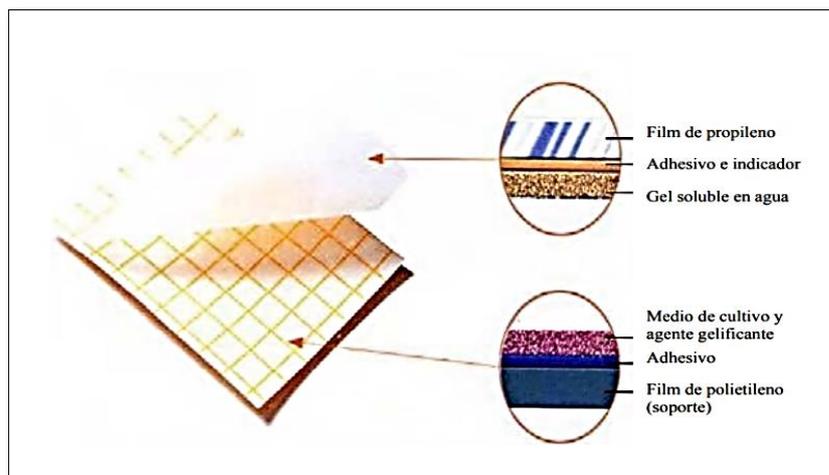


Figura 6. Composición de una placa Petrifilm
Fuente: (Manual de Medios de Cultivo, 1998)

3.1.26.5. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de la calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos.

Tabla 1: Criterios microbiológicos de la calidad sanitaria límites máximos permisibles

FÉCULAS Y ALMIDONES						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Limite por g	
					M	M
Mohos	2	3	5	2	10^3	10^4
Escherichia Coli	5	3	5	2	10	10^2
Bacillus Cereus	7	3	5	2	10^3	10^4
Salmonella sp	10	2	5	0	Ausencia/25

Fuente: NTS N° 591-2008/MINSA

3.2. MARCO CONCEPTUAL

Almidón

El almidón es un biopolímero formado por residuos de D-glucosa unidos mediante enlaces glucosídicos y constituye el producto final de la fijación fotosintética del CO₂ atmosférico, es el principal polisacárido de reserva sintetizado por las plantas superiores (Beynum y Roels, 1985).

Humedad

La humedad en los cereales, la humedad de los gránulos varía de 10 a 12 %, y en almidones de tubérculos y raíz varía de 14 a 19 %. Un mayor contenido de humedad puede disminuir la calidad del polímero por daño microbiano; la determinación de humedad se podría realizar mediante un humidímetro o estufa (Narváez, 2013).

Propiedades tecnofuncionales

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

Gelatinización

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

Temperatura de gelatinización

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

Claridad de la pasta

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

Poder de hinchamiento

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

Actividad de agua (aw)

Las propiedades reológicas y de textura de un alimento dependen de su contenido de agua, aun cuando éste también influye definitivamente en las reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas. El agua se dividió en “libre” y en “ligada”; la primera sería la única disponible para el crecimiento de los microorganismos y para intervenir en las otras transformaciones, ya que la segunda está unida a la superficie sólida y no actúa por estar “no disponible o inmóvil”. Es decir, bajo este sencillo esquema, sólo una fracción del agua, llamada actividad del agua, aw, es capaz de propiciar estos cambios y es aquella que tiene movilidad o disponibilidad. Medida del agua libre o agua disponible en una matriz alimentaria. La aw Es un factor técnico muy importante en tecnología alimentaria, ya que influencia los tipos de microbios que pueden desarrollarse, y su capacidad para desarrollarse dentro de un producto alimentario. La eficiencia de las altas presiones como técnica de inactivación microbiológica, depende muy significativamente de los niveles de actividad de agua en el producto: alimentos muy secos o alimentos con un valor de Aw por debajo de 0.87 constituyen un objetivo más difícil para HPP, debido a la reducción de la eficacia de la presión isostática a la hora de inactivar microbios en tales condiciones de baja actividad de agua. (Badui, 2006, pág. 15 y 16)

Color

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

CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4. Materiales Y Métodos

4.1. Lugar de ejecución

El presente proyecto de investigación se ejecutó en la “Universidad Nacional José María Arguedas”, en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, en Santa Rosa–Talavera. El trabajo de investigación se ejecutó en los laboratorios de Química, Biotecnología y Control de Calidad, de la Universidad en mención. Se realizaron las pruebas experimentales en el laboratorio de fisicoquímica de los alimentos (análisis proximal) y de la Facultad de química en la “Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco”, ubicada en la ciudad de cusco.

4.2. Materiales, Equipos e Insumos

En la Tabla (2) se muestran los equipos e instrumentos utilizados para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 2. Equipos e instrumentos

Cantidad	Descripción
01	Refrigeradora
01	Viscosímetro rotacional
01	Determinador de actividad de agua
01	Incubadora
01	Balanza analítica, campo de pesado 0.1 mg – 120 g.
01	pH metro digital
02	Termómetro digital (0 – 100 °C)
01	Baño María
01	Estufa de secado
01	Agitador magnético
01	Centrifuga de 4000 rpm
01	Espectrofotómetro UV-Visible
01	Licadora

En la Tabla (3) se muestran los materiales de vidrio utilizados para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 3. Materiales de vidrio.

Cantidad	Descripción
05	Balón de vidrio de 250 mL
05	Frascos de vidrio
10	Fiolas de 250 mL
10	Pipetas de 10 mL
10	Pipetas de 1 mL
10	Probetas de 100 mL
10	Vasos de precipitado de 250 mL
10	Vasos de precipitado de 100 mL
15	Tubos de ensayo con tapa rosca
15	Tubos de ensayo sin tapa rosca

En la Tabla (4) se muestran los materiales de plástico utilizados para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 4. Materiales de plástico

Cantidad	Descripción
05	Colador
05	Cuchillos de acero inoxidable
05	Espátula de acero inoxidable mango de madera
05	Gradilla para tubos de ensayo
05	Malla de tela
05	Pizetas
05	Pro pipetas
10	Recipiente de plástico
05	Tabla de picar
10	Tubos centrifuga de plástico
05	Pinzas de tubo de ensayo

En la Tabla (5) se muestran los reactivos e insumos utilizados para la ejecución del trabajo de investigación que a continuación se detalla.

Tabla 5. Reactivos e insumos.

Cantidad	Descripción
50 g	Hidróxido de sodio (NaOH) 1N
50 mL	Ácido acético
50 g	Yoduro de potasio
2 l	Etanol 95%
30 l	Agua destilada
10 mL	Fenolftaleína
500 mL	Iso-propanol
800 mL	Éter de petróleo

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

Fueron raíces de las arracachas (*Arracacia xanthorrhiza*), cultivadas en la comunidad de Posoccoy, variedad blanca, amarilla y morada. Las arracachas utilizadas para la extracción de almidón fueron adquiridas de la localidad de Posoccoy, Distrito de Talavera, Provincia de Andahuaylas, Región de Apurímac. La comunidad de Posoccoy tiene ubicación entre los hitos siguientes: Latitud sur 13°36'2.3" y Longitud Oeste 73°27'45.8"; y con una altitud de 2824 msnm. Estas fueron procesadas para obtener almidones. Teniendo en cuenta que estas variedades son las que tienen mayor producción y una mejor apariencia, la cantidad fue de 90 kg.

4.3.2. Muestra

Para obtener la muestra se realizó un muestreo no probabilístico, esto consistió en recolectar las raíces de arracacha que cuenten con las siguientes características, tamaños homogéneos y sin magulladuras. Una vez obtenidas las muestras con las características mencionadas, se realizó un muestreo aleatorio simple, el cual consistió en tomar al azar 5 kg de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) por variedad, debido a que para la determinación propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas se necesita una cantidad significativa de almidón de arracachas.

4.3.3. Unidad de análisis

Esta referida al almidón extraído de cada variedad de arracacha, que fue de 1 kg apropiadamente a las cuales se evaluó las propiedades fisicoquímicas, la propiedad tecnofuncional y las propiedades microbiológicas del almidón.

4.3.4. Tipo de muestreo

El tipo de muestreo fue no probabilístico de juicio, de forma que se utilizó la muestra al azar, por estudios efectuados con anterioridad en base a estudios ya realizados, con el almidón de papa y quinua que de igual forma realizaron un muestreo al azar.

4.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

4.4.1. De acuerdo al fin que persigue:

Aplicada

Debido a que se pretende lograr nuevos conocimientos que permita la solución de problemas prácticos, Se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren y además se encuentra estrechamente vinculada con las ciencias básicas. (Ñaupas et al. 2011)

4.4.2. De acuerdo a la técnica de contrastación:

Experimental

Debido a que los datos fueron obtenidos de fenómenos que fueron condicionados en la investigación. En ellos se comprobó los efectos de una intervención específica, en este caso la investigación tiene un papel activo, pues llevo a cabo una intervención. Es decir, se recogieron los datos de laboratorio y se manipularon muestras. (Ñaupas et al. 2011)

4.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.5.1. Metodología para la extracción de almidón de arracacha

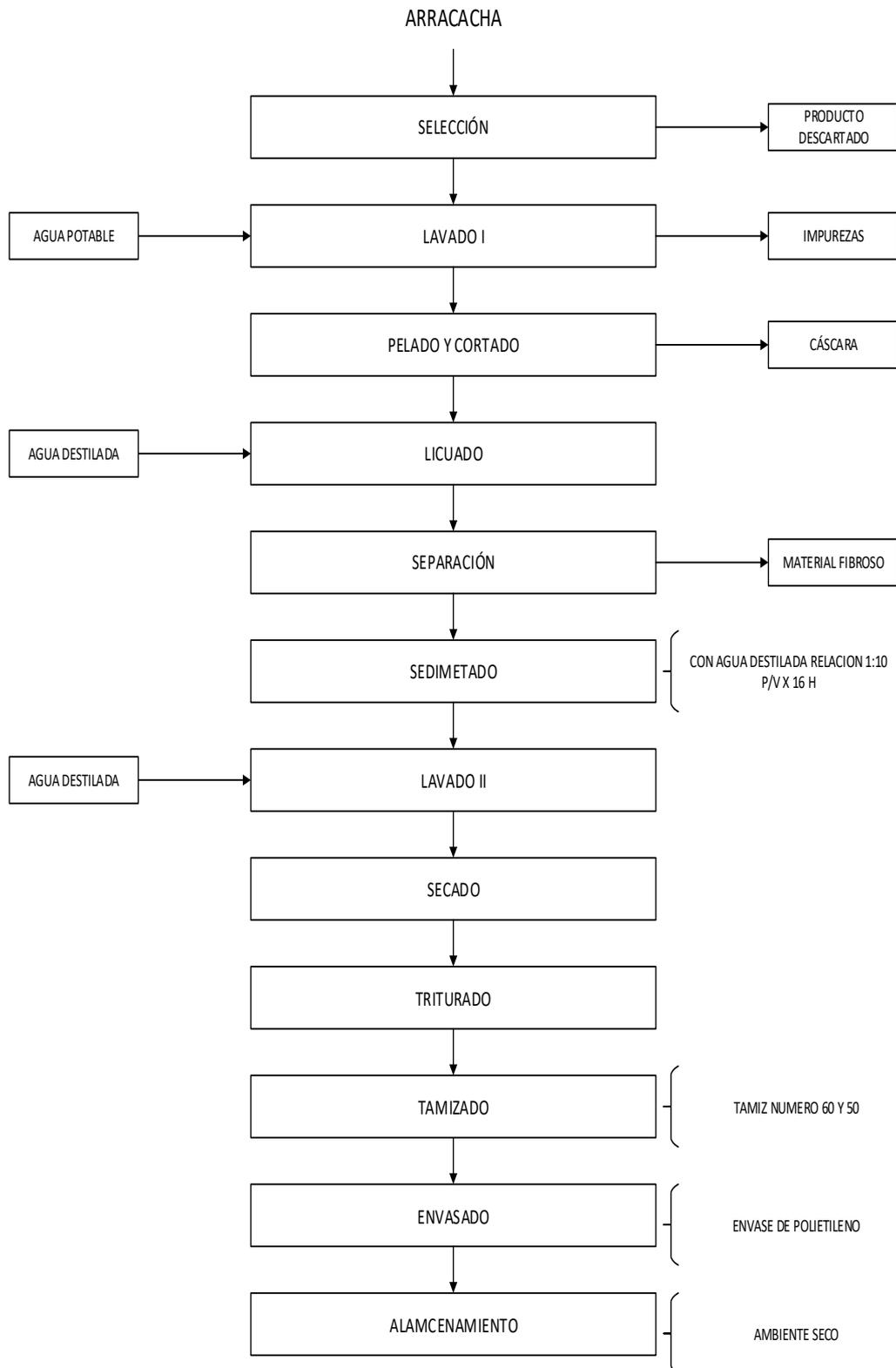


Figura 7. Diagrama de bloque de obtención de almidón

Fuente: (Tovar, 2008)

4.5.2. Descripción del proceso de extracción del almidón de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*):

Recepción: se acopio la materia prima proveniente de la comunidad de Posocoy.

Selección: Se pesó la arracacha en buen estado, sin ningún daño físico la que sirvió posteriormente para el análisis.

Lavado I: se eliminó la tierra y las impurezas adheridas a la cascará de las raíces de la arracacha. Esto se llevó a cabo de manera manual con agua destilada.

Pelado y cortado: se pelo y se rebano con un cuchillo de acero inoxidable (la operación se realizará manualmente).

Licuada: se realizó el licuado de la pulpa. Con la finalidad de obtener partículas muy pequeñas.

Separación I: se realizó con ayuda de un tamiz número 100 con la finalidad de separar el almidón con el material fibroso (residuos).

Sedimentado I: se dejó remojar en agua destilada relación 1:10 (p/v) a 25 °C por 16 h.

Lavado II: Se lavó con agua destilada a temperatura ambiente a fin de retirar el mayor número de impurezas sobrantes

Sedimentado II: se dejó remojar en agua destilada relación 1:10 (p/v) a 25 °C por 4 h.

Lavado III: Se lavó con agua destilada a temperatura ambiente a fin de retirar el mayor número de impurezas sobrantes

Sedimentado III: se dejó remojar en agua destilada relación 1:10 (p/v) a 25 °C por 4 h.

Secado: se dejó secar en una estufa con recirculación de aire 40°C por 24 h.

Triturado: El almidón se trituró en un mortero de porcelana con la finalidad de obtener un polvo fino.

Tamizado: Se pasó el almidón triturado a través de un tamiz de seda con la finalidad de uniformizar el tamaño de la partícula.

Envasado: El almidón se colocó en un frasco de polietileno.

Almacenamiento: se almaceno a temperatura ambiente en ambiente seco.

4.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

4.6.1. Métodos de Análisis

4.6.1.1. Propiedades Fisicoquímicas

A. Color

Para la determinación de color se utilizó un colorímetro Minolta CR-400, el cual fue calibrado, los almidones fueron apoyadas sobre la placa de fondeo blanco y otra de fondo negro (Krochta, y Mulder-Johston, 1997). Las determinaciones de color fueron hechas por triplicado en cada una de las nuestras de almidón.

Los parámetros medidos corresponden al sistema CIE Lab, en el cual L indica luminosidad (0 corresponde a negro y 100 corresponde a blanco), los valores positivos de a* indican rojo y los negativos, verde y los valores positivos de b* indican amarillo mientras que lo negativos indican azul.

B. Densidad aparente (DA).

El método usado para la determinación de la densidad aparente fue de (Smith, 1967).

Procedimiento:

- Se pesó la probeta graduada vacía
- Luego adicionar con una espátula la muestra de almidón a la probeta de 25 mL por medio de un embudo.
- Leer el volumen que ocupa el almidón

$$DA = ((\text{peso de probeta} + \text{almidon}) - \text{peso de la porveta vacia})/25 \text{ ml} \dots \text{Ec. (01)}$$

C. Determinación de la humedad.

Se utilizó el método (A.O.A.C, 2003)

Procedimiento:

Se pesó 5 g de almidón en una capsula de aluminio previamente tarada.

Se pasó a secar en la estufa a 105 °C durante 3 horas.

Se pasó a enfriar en un desecador aproximadamente 30 minutos; y luego se pesó el residuo.

Hasta obtener un peso constante con intervalos de medida de cada dos horas.

Dependiendo de la humedad del alimento esta técnica puede tardar entre 4 y 10 horas para alcanzar el peso constante del producto

Cálculos:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso del residuo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \dots \dots \text{Ec. (02)}$$

D. Determinación de pH

Se utilizó el método (A.O.A.C, 2003), El valor de pH es medido con un medidor de pH (Potenciómetro).

Procedimiento:

Se inició calibrando el potenciómetro utilizando soluciones tampón de pH 4.0 y 7.0 antes de proceder con la determinación de la muestra.

Se pesó 5 g de almidón en base seca y se colocó en un vaso de precipitado.

Luego se agregó 25 mL de agua destilada a temperatura ambiente.

Se agito la mezcla en forma moderada durante 5 minutos y luego se procedió a la lectura en el potenciómetro.

E. Determinación de acidez:

La acidez titulable es una medida de la cantidad de ácido presente en la muestra y es calculado por la presencia de ácidos presentes, en este caso como meq de ácido sulfurico/g de almidón (Aristizabal et al. 2007).

Método para determinar acidez, NTC 4106 – 1997

Preparación de la muestra: Pesar 10 g de muestra procedimiento para la determinación de acidez.

En el frasco Erlenmeyer se pesó 5 g de muestra en 25 mL de agua destilada.

Agitar cada 10 min por espacio de una hora.

Agregar tres gotas de solución indicadora de fenolftaleína.

Titular con solución 0.01N de NaOH hasta que se produzca un cambio de color a rojo grosella y este persista por 30 segundos.

Anotar el gasto. Cálculos y expresión de resultados:

$$\% \text{ de ácido total} = \frac{(N * \text{Meq} * V)}{p} \times 100) \dots \text{Ec. (03)}$$

Dónde:

N = Normalidad del NaOH

Meq = Peso mili equivalente del ácido predominante (ácido sulfúrico = 0.049).

p = Peso de la muestra en g.

V = Volumen en mililitros del álcali utilizado.

F. Determinación del contenido de amilosa-amilopectina:

Para la determinación del contenido de amilosa y amilopectina en la muestra de almidón, previamente se procedió a desengrasar la muestra de almidón mediante la metodología descrita por (Villada, 2010).

Almidón libre de lípidos

- Se pesó 5 g de almidón dentro de un erlenmeyer de 50 mL, al cual se le adiciono 30 mL de éter de petróleo.
- La solución fue agitada en un agitador magnético por el tiempo de hora y media a 85 °C, para generar la extracción de los lípidos presentes en el almidón.
- Al cabo del tiempo el sobrenadante fue extraído por filtración al vacío con un embudo de vidrio y filtro de papel.
- El almidón obtenido es secado en una estufa a temperatura de 75 °C durante 12 horas para después tomar las muestras.

Preparación de buffer para la solución estándar

- Hidróxido de sodio 1N: se disolvió 4 g de hidróxido de sodio (NaOH) en agua destilada y se completó a 100 mL.
- Ácido acético 1N: tomar 5,72 mL de ácido acético y completar a 100 mL con agua destilada.
- solución stock de yodo al 2 %: disolver 2 g de yoduro de potasio (KI) en un poco de agua destilada y agregar 0,2 g de yodo (I), disolver y completar a 100 mL con agua destilada.

Preparación de la muestra problema y determinación del contenido amilosa–amilopectina:

Preparación de la muestra de almidón de arracacha y determinación del contenido amilosa y amilopectina: se pesó 100 mg de la muestra de almidón de arracacha. En una fiola de 100 mL se adicionó 1 mL de etanol 95 % y 9 mL de NaOH 1 N; y se mezcló el sistema. A continuación, se calentó la mezcla a 50 °C en un baño maría durante 10 minutos para dispersar el almidón. Se dejó enfriar a temperatura ambiente bajo oscuridad durante 20 minutos. Se enrasó el volumen con agua destilada y se mezcló. A continuación, en otra fiola de 100 mL que contenía 50 ml de agua destilada se añadió 5 ml de la muestra gelatinizada, se le adicionó 1 ml de ácido acético 1 N y 2 mL de yodo al 2 %, se mescló, se aforó y se dejó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 10 minutos. Se midió la absorbancia de la muestra problema a 720 nm frente a la solución del blanco. Posteriormente se determinó el contenido de amilosa mediante la siguiente ecuación de la recta de la curva estándar.

Preparación de la curva de calibración:

La curva patrón se tomó como referencia lo descrito por (Peña, 2017) la cual preparo la curva de calibración al 0, 5, 10, 15, 20 y 25 por ciento de amilosa, la curva fue elaborada mediante las lecturas del espectrofotómetro a 720 nm, teniendo como resultado la siguiente ecuación la cual se utilizó para determinar el contenido de amilosa.

$$y = 0.012x + 0.1316$$

$$R^2 = 0.997$$

Donde:

X= es el porcentaje de amilosa

Y=absorbancia

G. Actividad de agua

Se determinó la actividad de agua inicial del producto con el equipo AQUALAB model Dew Point Water Activity Meter 4TEV, empleando la metodología del punto de rocío. Este fue calibrado inicialmente para su posterior uso, en donde se utilizó aproximadamente 3 gramos de almidón.

H. Análisis proximal

El análisis proximal se realizó en el laboratorio de análisis fisicoquímico de los alimentos de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, con la finalidad de conocer su composición cuantitativa del almidón; mediante métodos analíticos que nos permitió conocer su composición (% de proteínas, % de carbohidratos, % de lípidos, % de cenizas, % fibra) y determinar su calidad (Hart, 1971) y (Lees, 1999).

En el análisis proximal se realizó de las siguientes pruebas:

- Proteínas. El contenido de proteína de las muestras se determinó por método de Kjeldahl. Que consta de tres partes la digestión, destilación y valoración (Hart, 1971) y (Lees, 1999)
- Cenizas. El contenido en cenizas de los almidones es el residuo resultante después de su incineración en condiciones determinadas. Se determinó en un horno mufla después de calentar en mufla a 600 °C hasta que se muestre un color gris uniforme (Hart, 1971) y (Lees, 1999).
- Fibra. Se determinó la fibra mediante la eliminación de los carbohidratos solubles por hidrolisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la adición de ácidos y bases débiles en caliente y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida) (Hart, 1971) y (Lees, 1999)
- Carbohidratos. Se determinó mediante la diferencia de los demás compuestos, después de obtener los porcentajes de los demás componentes (Hart, 1971) y (Lees, 1999)
- Lípidos. Se determinó mediante el método de Soxhlet, el método consiste en la extracción directa semi-continua de lípidos en un solvente o mezcla de solventes orgánicos adecuados según el tipo de grasa a extraer, (Hart, 1971) y (Lees, 1999)

- Humedad. El contenido de humedad, se determinará mediante la pérdida de masa que experimenta la muestra, en condiciones determinadas. (Hart, 1971) y (Lees, 1999)

4.6.1.2. Propiedades tecnofuncionales:

A. Determinación de la temperatura de gelatinización:

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

B. sinéresis

Se siguió la metodología de (Rached, 2006) la sinéresis es la tendencia que puede tener un gel a contraerse y exudar líquidos, debido a que el efecto de ligar agua no se obtiene completamente. Para determinar la sinéresis se tomó una suspensión de almidón gelificado a 90°C por 30 minutos (7,5% p/p), se sometió a enfriamiento rápido en un baño de hielo hasta temperatura ambiente (25°C). Las muestras se almacenaron por 48 horas a 4°C. La sinéresis se midió como la cantidad de agua (%) liberada después de centrifugar por 15 minutos.

$$\% \text{ Sinéresis} = \left(\frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de muestra}} \right) \times 100 \dots \text{Ec. (05)}$$

C. Determinación del poder de hinchamiento

El método que se siguió para la determinación el poder de hinchamiento (Surco, 2004), consistió en:

En tubos de ensayo, secos y tarados se pesaron 0,3 g de almidón de cada variedad, se adiciono agua destilada hasta dar un volumen equivalente a 10mL. Se colocaron en baño maría por 30 minutos a 60 y 90 °C removiendo constantemente. Se retiró los tubos del baño maría, se agregó agua destilada hasta llegar a los 20 mL y se mezcló bien para luego centrifugarlo por 15 minutos a 2200 rpm.

Se retiró el sobrenadante, de los cuales se tomó 5mL, se colocó en un vaso de precipitados previamente tarado, se secó en una estufa a 45 °C durante 16 h y luego se pesó.

Es peso del almidón soluble se consideró la diferencia entre el peso final del vaso y el inicial, se llevó a la siguiente formula:

Cálculo e interpretación de los resultados

$$\% \text{ Poder de hinchamiento} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} \times (100 - \text{Peso soluble g})} \times 100 \dots \text{Ec. (06)}$$

D. Claridad de las pastas de almidón

Metodología usada fue de (Craig et al. 1989 citado por Aristizabal et al. 2007). La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones

Procedimiento:

Se pesó en tubos de centrifuga 200 mg de almidón en base seca, y se suspendió el almidón en 20 mL de agua destilada. Se colocó los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 minutos. Se agito la suspensión cada cinco minutos, y después de pasados 30 minutos se colocó la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Se leyó el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

E. Viscosidad

Metodología descrita por ISI, (2002), la viscosidad de un gel de almidón preparado por calentamiento indirecto es medida como una fuerza de torsión sobre una aguja rotante con temperatura y velocidad constante. Se usó el viscosímetro marca FUNGILAB modelo Premium series.

Desarrollo:

- Se Preparó una solución de almidón agua al 5 % (p/v), es decir 12.5 g almidón en 250 mL de agua destilada.
- Seguidamente se sometió a baño maría la solución a 80 °C hasta su gelificación.
- Dejamos enfriar la muestra hasta 25 °C

- Se realizó la medición empleando el spindle R3 (también llamado husillo o aguja), con una velocidad de 10 RPM
- Se bajó el equipo hasta que la ranura del spindle quede sumergida dentro del producto
- Los Cálculos e interpretación de los resultados Reportar la viscosidad sin decimales en centipoises (cP).
- Para seleccionar adecuadamente el número de spindle fue necesario ver la tabla selección de husillos estándar premiun R, teniendo en consideración la viscosidad teoría de una muestra, de ser el caso se puede cambiar de spindle tomando en consideración las indicaciones del manual del viscosímetro.
- Finalmente informar el método utilizado: la concentración de la suspensión de almidón, temperatura, velocidad y número de aguja utilizada.

4.6.1.3. Propiedades microbiológicas

A. Conteo total coliformes totales y coliformes termotolerantes (Fecales)

AOAC. Método oficial 991.14.

Este método es comúnmente utilizado para determinar el número de células bacterianas viables o de unidades formadoras de colonias (UFC) en el almidón; se basa en la presunción de que cada célula bacteriana puede crecer en un medio sólido formando colonias y el número de colonias desarrolladas en este medio de cultivo puede corresponder al número de células bacterianas aerobias en una cantidad determinada de muestra.

Análisis

- Se Pesó 10 g de almidón directamente en un Erlenmeyer que contenga 90 mL de agua peptonada simple concentración, agitar y dejar en reposo 10 minutos (dilución 10-1).
- Se transfirió 1 mL de la dilución 10-1 a un tubo con tapa rosca que contenga 9 mL de agua peptonada simple concentración para obtener la dilución 10-2.
- Se transfirió 1 mL de la dilución 10-2 a un tubo con tapa rosca que contenga 9 mL de agua peptonada doble concentración para obtener la dilución 10-3.
- Se inoculo 1 mL de cada dilución en cajas de Petri debidamente marcadas.
- Se vertió en cada caja de Petri 15 mL de agar cuenta gérmenes previamente fundidos a una temperatura de 45 ° C.

- Se mezcló por rotación en forma circular hacia uno y otro lado (no debe transcurrir más de 20 minutos).
- Una vez solidificado el agar, se invirtió las cajas de Petri (placas Petri film) e incubarlas a 35 ± 2 °C durante 48 horas.
- Se realizó el control de esterilidad del medio de cultivo incubando una caja de Petri que contenga agar cuenta gérmenes.
- Se realizó el control de esterilidad del agua peptonada 0,1 por ciento, incubando una caja de Petri que contenga 1 mL de agua peptonada y agar cuenta gérmenes.
- Se realizó el conteo de coliformes totales a las 24 horas de incubación y se registró la cantidad total de UFC en cada placa Petri film.
- Luego de las 48 de incubación se realizó el conteo de los coliformes termotolerantes, se pueden distinguir de los coliformes totales en base a la coloración de la colonia, los coliformes termotolerantes son de color azul mientras el resto de coliformes son de color rojo.

4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y MATRIZ DE DISEÑO

Se realizará un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un factor (variedad de almidones) con tres niveles (variedades almidón de arracacha blanca, variedad de almidón de arracacha amarilla y variedad de almidón de arracacha morada) con tres repeticiones.

4.7.1. Modelo aditivo general para el DCA

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \dots\dots\dots\text{Ec. (07)}$$

$$i = 1,2,3,4 \quad j = 1,2, \dots, 5$$

Y_{ij} = Son las características fisicoquímicas o propiedades tecnológicas de la muestra registrada con la i – ésimo variedad de almidón en la j - ésima muestra de almidón.

μ = Es el efecto de la media general de las características fisicoquímicas o propiedades tecnológicas de la muestra de almidón.

τ_i = Es el efecto del i - ésimo variedad de almidón.

ε_{ij} = Es el efecto del error experimental en i – ésimo variedad de almidón y la j – ésima muestra de almidón.

Este diseño se utilizará para la determinación de las propiedades físicas, químicas y tecnológicas de los almidones arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) de tres variedades blanca, amarilla y morada.

Tabla 6: Matriz de diseño experimental para las características fisicoquímicas y tecnológicas del almidón.

Variable independiente	Variables dependientes		
	REPLICAS		
Blanco Amarilla Morada	1	2	3
		Propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas	

En la Tabla (6) se muestran las variables independientes las cuales son las diferentes variedades de arracacha utilizadas para la obtención de almidón, para su posterior uso y determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas las cuales son las variables dependientes, puesto que estas dependen de las variedades de arracacha, los análisis a sus propiedades se realizaron por triplicado.

4.7.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Se trabajará con tres variedades de arracacha (variables dependientes), de los cuales se les extrajo el almidón, a los cuales se les determinara las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas (variables independientes). En la siguiente figura se muestra las variables de entras y salida:

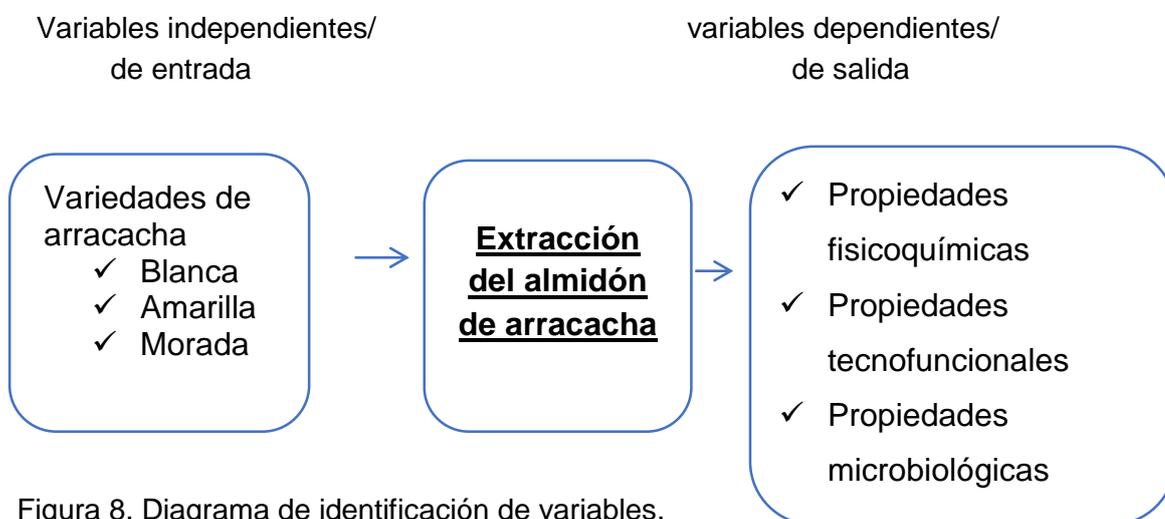


Figura 8. Diagrama de identificación de variables.

3.1.1. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN

Para la contrastación de la experimentación se planteó las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis nula – H_0 : La media de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha son iguales.

$$\bar{x}_i = \bar{x}_j$$

Hipótesis alterna – H_A : La media de los resultados de las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha, son diferentes.

$$\bar{x}_i \neq \bar{x}_j, \text{ para algún } i, j \text{ (tratamientos)}$$

Nivel de significancia (α)

Para el caso de comparaciones de tratamientos se empleó $\alpha = 0.05$, realizando un ANOVA, de existir diferencia significativa se aplicará posteriormente un LSD o tukey según el tipo de análisis a realizar.

3.1.2. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos serán procesados bajo el Diseño Completamente al Azar de un factor y con tres repeticiones, para estudiar los efectos en las variables de respuesta propuestos para el estudio. Los datos serán sometidos a análisis de varianza donde se considera el efecto de tratamientos, además las fuentes de variación los productos y los grados de libertad. De evidenciarse diferencias significativas los promedios de las variables de respuesta independientemente de cada objetivo serán sometidas a pruebas de comparaciones de rangos múltiples siempre que se acepte la hipótesis alterna se realiza la prueba Tukey y LSD según el caso, teniendo en consideración el tipo de análisis a realizar, si fue directo o indirecto mediante algún equipo. Se evaluarán al 95% de nivel de confianza.

Tabla 7: Elementos para el análisis de varianza para el DCA

Tabla de ANOVA					
Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fcal	Fcri Sig.
Variedad de almidón	t-1	Sc (tra)	Sc(tra)/(t-1)	CM(Trat)/CM(error)	
Error	n-t	SC (error)	Sc(Error)/(n-t)		
Total	n-1	Sc (total)			

CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.

5.1.1. Densidad aparente del almidón (g/ml) de arracacha

En la Tabla 8, se muestran los resultados de la densidad del almidón de las tres variedades de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores oscilan entre 0.43 g/mL a 0.47 g/mL, de esta manera los resultados muestran que no existe diferencia significativa (p -value > 0.05) (Anexo 17).

Tabla 8. Densidad aparente del almidón (g/mL).

Variedad de Arracacha	Densidad aparente (g/mL)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	0.46 \pm 0.04	8.73	a
Blanca	0.43 \pm 0.04	9.25	a
Morada	0.47 \pm 0.01	3.88	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación. Las letras iguales ** indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 9 se muestra el diagrama de medias para la densidad en donde se observa que la variedad blanca presenta menor transmitancia, seguida por la amarilla y la morada.

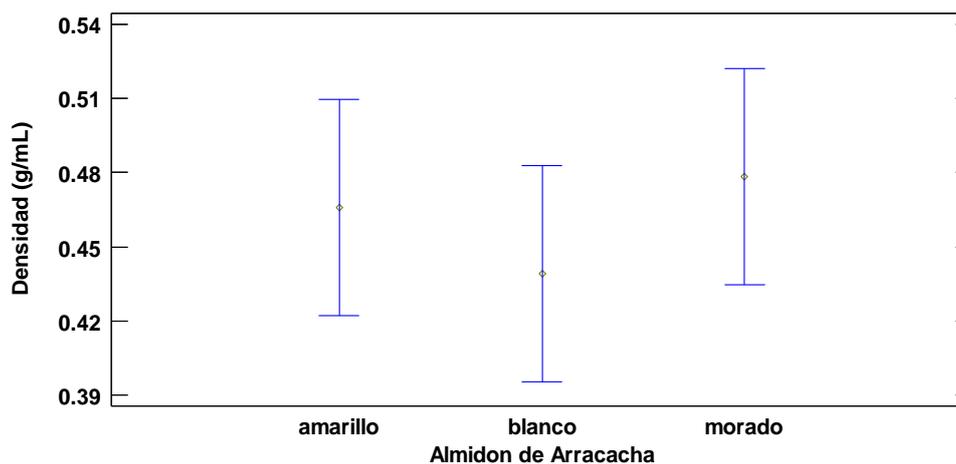


Figura 9. Diagrama de medias para la densidad

Leguia (2017), obtuvo valores de densidad aparente de almidones de papa que oscilaban entre 0.40 a 0.77 g/mL, estos valores se encuentran dentro del rango

encontrados por Rodriguez, et al.(2012), quienes reportaron valores de la densidad aparente de la arracacha de 0.59 g/mL, por otra parte Sulbaran (2013), reporto valores de densidad aparente de 0.32 g/mL en almidon de maíz menores a los valores obtenidos en los almidones de arracacha, esto varia debido a que el tamaño de granulo de almidón del maíz son más grandes que los almidones de tubérculos, es por ello la diferencia de densidad asimismo esta variación de debe a que la densidad aparente está en función al tamaño del granulo del almidón, cuanto mayor sea el tamaño del granulo la densidad aparente será menor es inversamente proporcional.

5.1.2. Color

En la Tabla 9, se muestran los valores obtenidos para el color de los almidones de arracacha estudiadas, estos valores fueron expresados en el sistema CIE-lab. Asimismo, respecto a la luminosidad los valores oscilan entre 59.42 a 60.42 donde tienden a ser blancos, de igual manera respecto al tono *a los valores oscilan de -0.19 a -0.20 con mínima tendencia a verde y respecto al tono *b tiene valores de 2.17 a 3.23, que tiende a amarillo

Tabla 9: Color L* a* b*

Almidón	L*				Dif. Sig. (**)	*a				Dif. Sig. (**)	*b				Dif. Sig. (**)
	\bar{x}	\pm	S	cv		\bar{x}	\pm	s	cv		\bar{x}	\pm	s	Cv	
Amarillo	59.42	\pm	2.24	3.77	a	-0.19	\pm	0.04	22.94	a	3.23	\pm	0.14	1.46	a
Blanco	60.42	\pm	4.38	4.37	a	-0.23	\pm	0.06	25.83	a	2.57	\pm	0.30	11.80	b
Morado	59.58	\pm	0.85	0.85	a	-0.20	\pm	0.05	22.92	a	2.17	\pm	0.03	1.59	b

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de LSD al 5%.

Castillo (2017), obtuvo valores de luminosidad en almidones de papas de 85.12 a 87.89 estos fueron superiores a los obtenidos en almidones de arracacha 59.42 a 60.42, es así que refiere que el valor depende a factores propios de la composición en amilosa y amilopectina que de alguna manera afectan las propiedades ópticas de los mismos. Por otra parte (Badui, 2001) menciona que los antioxidantes en alimentos que encuentran presentes les dan color a estos como el caso de las variedades de arracachas estas tienen color morado, presentes en antocianina y amarillo presentes en carotenoides. Finalmente (Leguía, 2017) reporto valores de luminosidad en

almidones de papa entre 94.45 a 95.60 estos valores son superiores a los obtenidos en los almidones de arracacha.

Asimismo, se aprecia que los almidones de la variedad amarilla y morada presentan luminosidad similar (evaluadas a través del test tukey), tal como se aprecia en la figura en la Figura 10, aunque la variedad blanca mostro un ligero menor valor de luminosidad en comparación a las otras variedades.

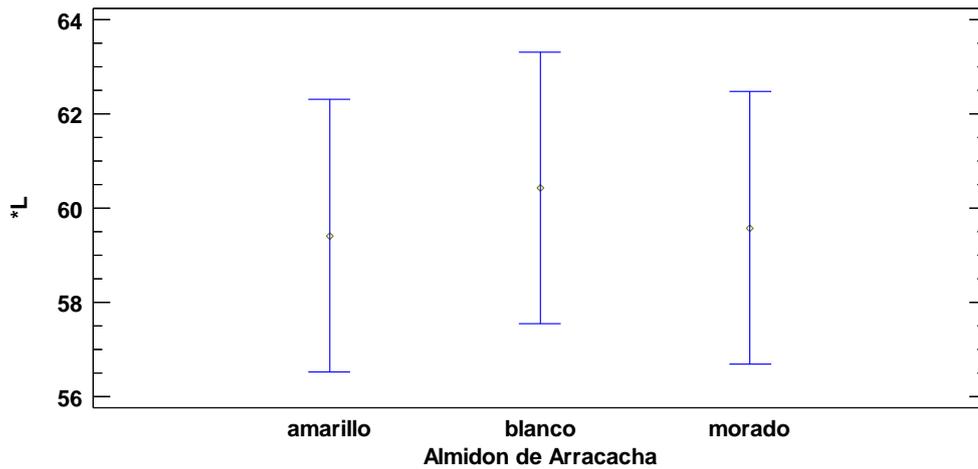


Figura 10. Diagrama de medias para *L

Por otra parte, en la Figura 11, se muestra el componente cromático a^* , en ella se aprecia los valores negativos que se encuentran de -0.19 a -0.20 mostrando que no existen diferencias significativas, en tanto Leguía (2017), reporto valores de -1.25 a -1.23 en almidones de papa, es así que estos valores manteniendo la tendencia hacia el verde, asimismo Castillo (2017), reporto valores de -1.27 a -1.97, de igual manera manteniendo la tendencia hacia verde.

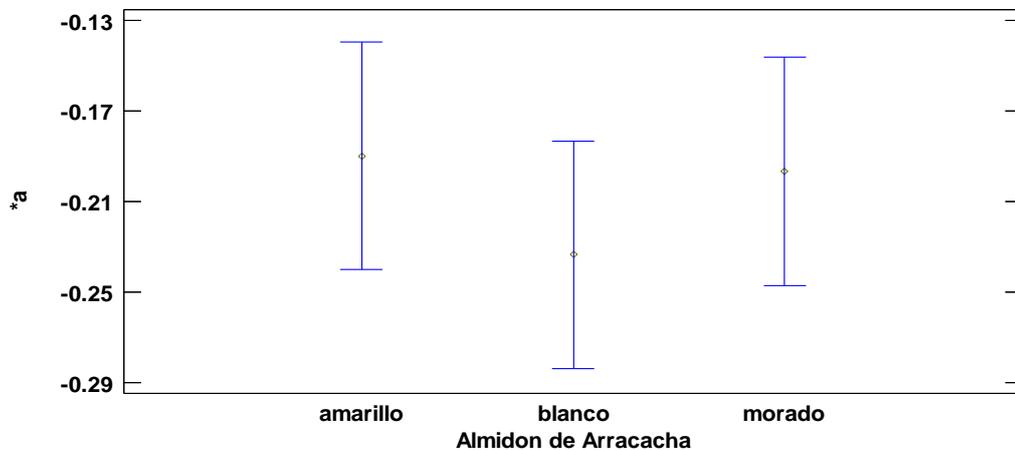


Figura 11. Diagrama de medias para el tono *a

Por otra parte, en la figura 12, se muestra el comportamiento cromático b^* , en ella se aprecia los valores que se encuentran de 2.17 a 3.23 mostrando que, si existe diferencia significativa, los mismo se puede apreciar en el test tukey (Anexo 18), encontrándose que los valores no se superponen entre sí, es decir las variedades de almidón respecto a este atributo son diferentes.

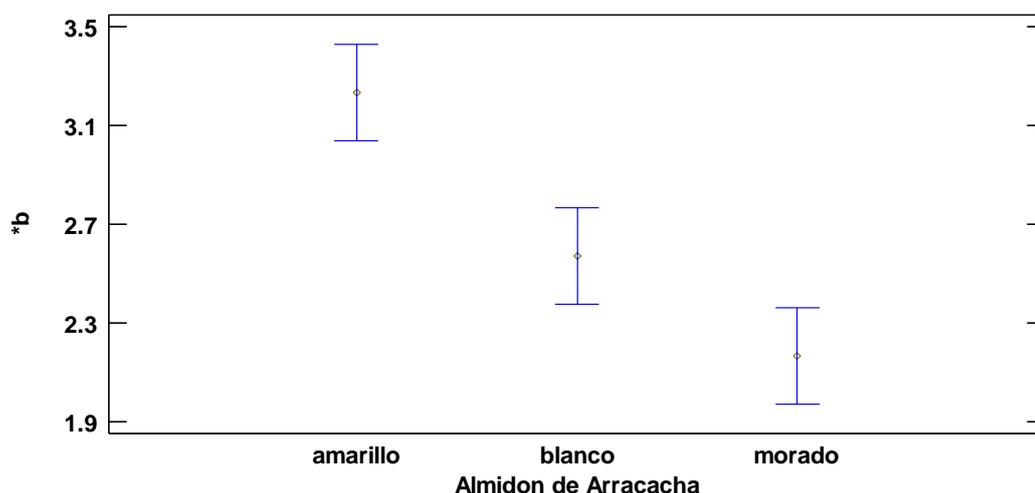


Figura 12. Diagrama de medias para b^*

según Castillo (2017), reporto valores de 0.92 a 1.58 estos valores son menores a los obtenidos en el almidón de arracacha estudiados, asimismo Leguía (2017) encontró valores que oscilaron de 1.24 a 2.22, asimismo Palomino (2018), reporto valores en almidones de papa similares que oscilan entre 1.43 a 1.85, manteniendo la tendencia hacia el amarillo

5.1.3. Humedad del almidón de arracacha

En la Tabla 10, se muestran los resultados del porcentaje de humedad del almidón de las tres variedades de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores oscilan de 10.25 a 11.16 %, de esta manera los resultados muestran que existe diferencias significativas (p -value < 0.05), por otra parte esto también se puede observar mediante el ANOVA (Anexo 19).

Tabla 10: Humedad

Variedad de Arracacha	Humedad (%)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	10.25 \pm 0.05	0.48	a
Blanca	11.16 \pm 0.02	0.17	b
Morada	10.36 \pm 0.04	0.38	c

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 13, se muestra el diagrama de medias para la densidad en donde se observa que la variedad amarilla presenta menor porcentaje de humedad, seguida por la amarilla y la morada.

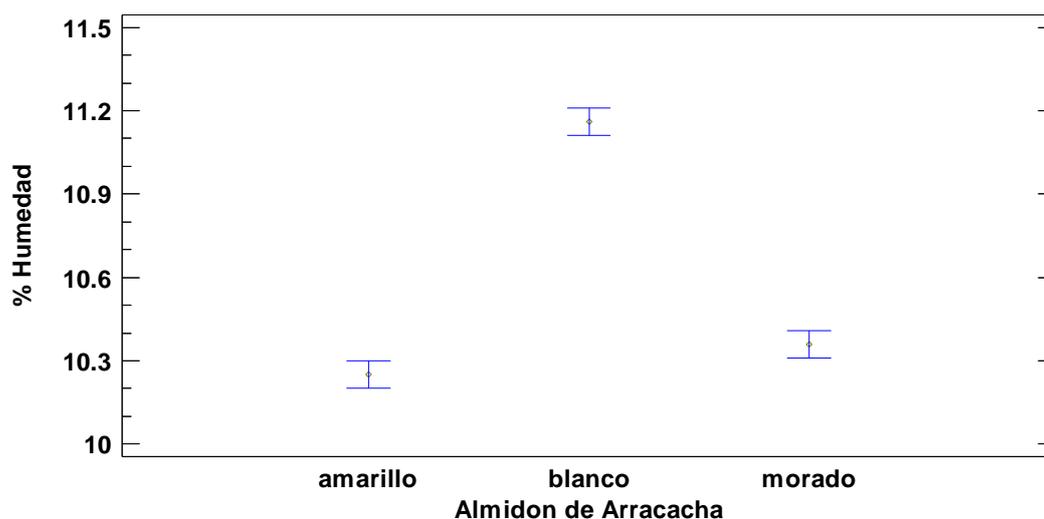


Figura 13. Diagrama de medias para % humedad

Para Alayo (2015), los valores encontrados en el % de humedad de los almidones de arracacha estudiadas en su investigación fue de 4.71 ± 0.54 %, estos valores son menores a los obtenidos en el almidón de arracacha estudiados, en tanto (Diaz, 2015), encontró valores de humedad de 10.21 ± 0.01 % la variedad Ccompis 10.80 ± 0.02 %, en la variedad Huamantanga 10.90 ± 0.03 % y en la variedad Putis 11.20 ± 0.01 % estos valores son similares a los del almidón de arracacha estudiados, es así que el diferente contenido de humedad se debe a la cantidad de amilosa, ya que esta tiene un ligero comportamiento higroscópico, de esta manera partículas

absorben una pequeña cantidad de agua, debido a que estas moléculas presentan terminales polares, los cuales atraen moléculas de agua, asimismo los altos contenidos de amilosa atraerán mayor contenido de agua (Vaclavick, 2002). Por otra parte esta variación es ocasionada por el sistema de producción del tubérculo (Porrás, 2005), baja calidad de semilla e inadecuado uso de prácticas de manejo de cultivo (Ortíz, 1985). Finalmente la diferencia entre los valores de humedad es debida al método, tiempo y temperatura de secado en el proceso de extracción o bien a la naturaleza y variedad del tubérculo (Marínn, 2013).

5.1.4. Actividad de agua (aw) del almidón de arracacha

En la Tabla 11 se muestran los resultados para la actividad de agua del almidón de las tres variedades de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores oscilan entre 0.52 a 0.56, de esta manera los resultados muestran que existe diferencias significativas (p -value < 0.05), por otra parte, esto también se puede observar mediante el ANOVA (Anexo 20).

Tabla 11: Actividad de agua del almidón

Variedad de Arracacha	Aw		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	0.52 \pm 0.10	1.93	a
Blanca	0.56 \pm 0.01	2.09	b
Morada	0.54 \pm 0.02	4.07	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de LSD al 5%.

Asimismo, en la Figura 14, se muestra el diagrama de medias para la actividad de agua en donde se observa que la variedad morada presenta menor porcentaje de humedad, seguida por la amarilla y la blanca.

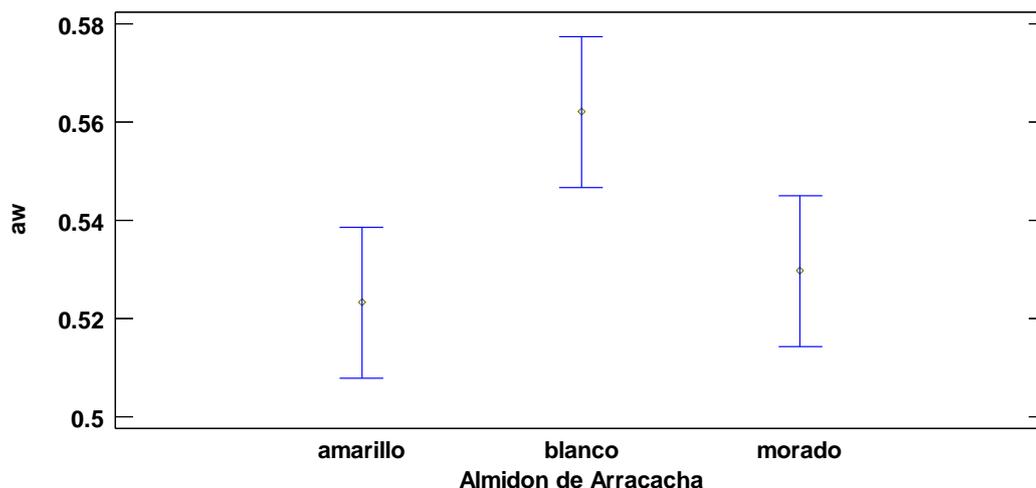


Figura 14. Diagrama de medias para la actividad de agua

Fiorella (2007), obtuvo valores de actividad de agua de 0.45 a 0.53 para almidones, lo cual se encuentra por debajo de los resultados obtenidos en los almidones de arracacha, asimismo Peña (2010), reportó valores de actividad de agua para almidón de 0.55 a 0.57. Por otra parte Badui (2001), menciona que el valor actividad de agua depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. Tiene incidencia sobre las características de calidad, tales como la textura, sabor, el color, el gusto, el valor nutricional del producto y su tiempo de conservación.

5.1.5. pH y acidez del almidón de arracacha

En la Tabla 12, se muestran los resultados de acidez expresado en porcentaje de ácido sulfúrico y pH del almidón de las tres variedades de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la acidez oscilan entre 0.9 a 0.17 % y el pH de 5.26 a 5.84 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de acidez no mostraron diferencia significativa, por otra parte con respecto al pH del almidón estudiado sí muestra diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 21).

Tabla 12. pH y acidez .

Variedad de Arracacha	pH			Acidez (%)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
	Amarilla	5.84 ± 0.04	0.71	a	0.10 ± 0.01	5.97
Blanca	5.84 ± 0.28	4.79	a	0.17 ± 0.06	34.64	a
Morada	5.26 ± 0.17	3.40	b	0.09 ± 0.01	6.19	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación. Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Asimismo, en la Figura 15, se muestra el diagrama de medias para el pH, en donde se observa que la variedad morada presenta menor pH, seguida por la amarilla y la blanca quienes indicaron el mismo valor.

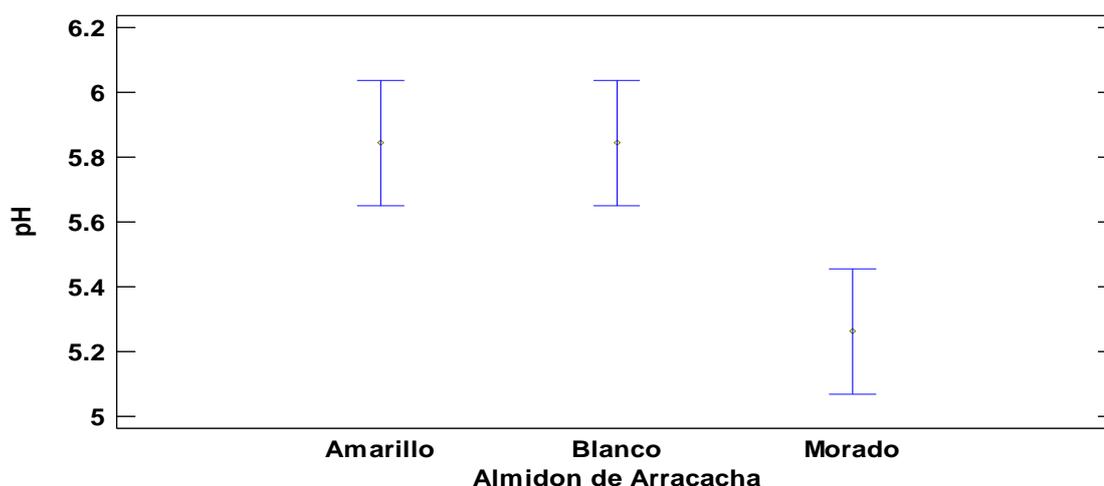


Figura 15. Diagrama de medias para el pH

Según (Rowe, 2003). En su investigación de almidones de achira y yuca encontraron valores de 5.5 y 6.5 estos valores fueron similares a los almidones estudiados en la presente investigación que presento valores que oscilan de 5.26 a 5.85 con respecto al pH. sin embargo, existió diferencia de pH entre los almidones de arracacha de las diferentes variedades estudiadas. La diferencia se debe a que el pH de un almidón disminuye, cuando sucede una fermentación ácida; el crecimiento de hongos libera amoniaco e incrementa el valor del pH, un almidón debe estar entre 6,0-6,5 (Aristizabal, 2007).

Asimismo, Obregon (2014), indico que encontró valores de pH de 6.4 en almidón de papa nativa este valor es diferente a los obtenidos en los almidones de arracacha comparados con el resultado del autor en mención estos comparados con los almidones de arracacha son más ácidos. Finalmente (Soto, 2012) reporto valores de pH de 6.35 a 6.46 en almidones de papa nativa valores superiores cercanos a 7 que es neutro, mientras que los almidones de arracacha reportaron valores inferiores a 6 tendiendo a mas ácidos.

Asimismo, en la Figura 16, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de acidez en donde se observa que la variedad morada presenta menor porcentaje de acidez, seguida por la amarilla y la blanca quienes indicaron el miso valor.

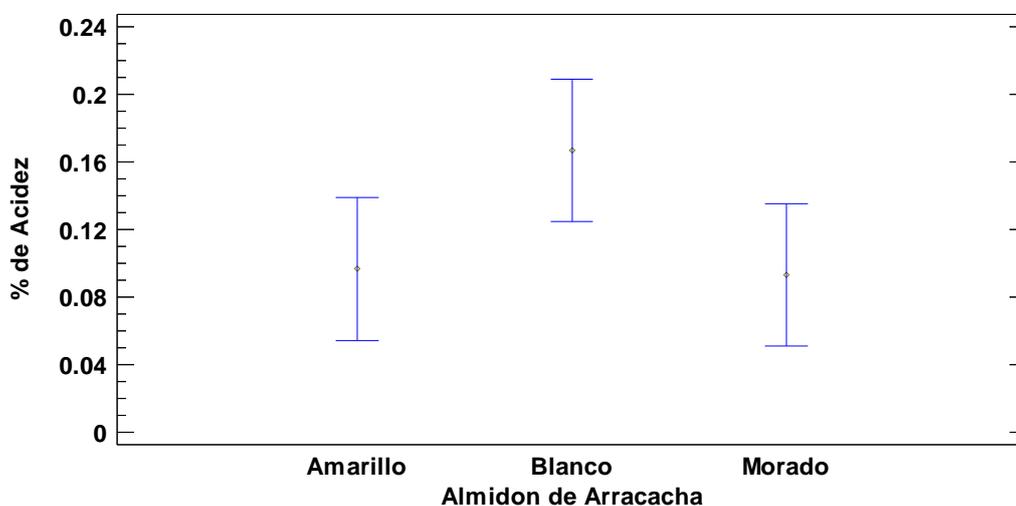


Figura 16. Diagrama de medias para la acidez

Soto (2012), reporto valores de acidez que oscilan de 0.10 a 0.11 % estos expresado en ácido sulfúrico de almidón de papa, por otra parte (Obregon, 2014) reportaron valores de almidón de papa de 0.01 estos valores son inferiores a los obtenidos en los almidones estudiados. A su vez también mencionan que cuando el almidón es almacenado por encima de un 13 % de humedad favorece la formación de hongos y levaduras siendo susceptibles a reacciones de fermentación las cuales aumentan la acidez titulable y disminuyen el pH del almidón. Es así que, es necesario controlar estas variables con el fin de mantener la estabilidad de los almidones extraídos (Aristizabal, 2007).

El pH es una medida utilizada químicamente para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido. El pH mide la concentración de iones de hidrógeno de una sustancia (Federico, 1968.). Mientras que la acidez es una medida de la cantidad de ácido presente en la muestra (Aristizabal, 2007).

5.1.6. Contenido de amilosa y amilopectina

En la Tabla 13, se muestran los resultados de amilosa y amilopectina del almidón de las tres variedades de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la amilosa oscilan de 29.49 a 37.07 % y con respecto a la amilopectina 62.93 a 70.51 % respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 22).

Tabla 13. Contenido amilosa y amilopectina .

Variedad de Arracacha	Amilosa (%)			Amilopectina (%)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	29.49 ± 0.22	0.74	a	70.51 ± 0.22	0.31	a
Blanca	35.49 ± 0.30	0.84	b	64.51 ± 0.30	0.46	b
Morada	37.07 ± 0.42	1.12	c	62.93 ± 0.41	0.66	c

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de LSD al 5%.

Asimismo, en la Figura 17, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de amilosa, en donde se observa que la variedad amarilla presenta menor porcentaje de amilosa, seguida por la blanca y la morada.

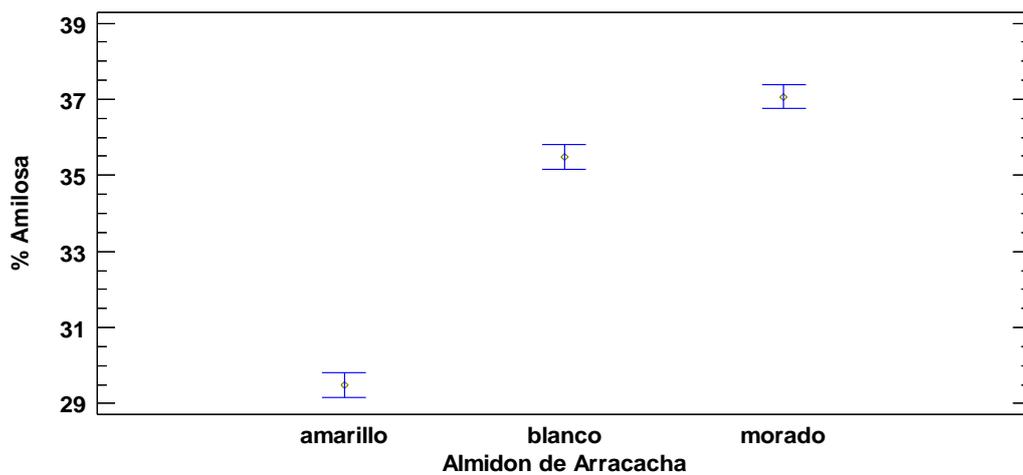


Figura 17. Diagrama de medias para el porcentaje de Amilosa Díaz (2015), reporto valores de amilosa, en los almidones de papa ccompis que fue de 32.68, humantanga 40.22, putis 38.20 y qeccorani de 40.26 porciento . Asimismo Peña (2017), reporto valores de contenido de amilosa, en almidones de papa de 23,6 a 30,0 por ciento, por otra parte, este valor es similar al almidón de arracacha de la variedad amarilla 29.49 %, mientras que la variedad blanca y morada mostraron valores superiores 35.49 % y 37.04 %, respectivamente. Sin embargo (Alayo, 2015) presenta menor contenido de amilosa respecto al almidon de yuca 17%, encontrándose así estos valores por debajo de lo estudiado.

Asimismo, en la Figura 18, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de amilopectina, en donde se observa que la variedad amarilla presenta menor porcentaje de amilopectina, seguida por la blanca y la morada.

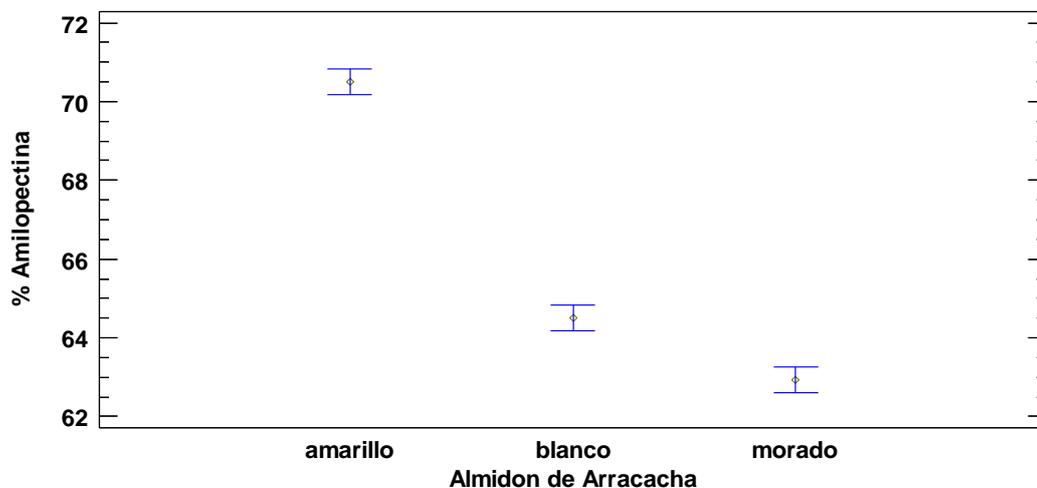


Figura 18. Diagrama de medias para la amilopectina

Díaz (2015), reportó valores de amilopectina, en los almidones de papa ccompis que fue de 67.31, humantanga 59.77, putis 61.80 y qeccorani de 59.73 por ciento. Asimismo Hernández (2008), reportó valores de contenido de amilosa de los almidones de makal, camote y yuca que fueron de 19,6, 17,0 y 22,7%, respectivamente, los cuales resultaron ser menores al compararlos con el almidón de arracacha 35.49 a 37.07%. El contenido de estos dos componentes (amilosa y amilopectina), así como los contenidos de proteína, grasa, fibra y cenizas serán determinantes en las características estructurales y funcionales de los almidones, condicionando a estos, a que puedan ser agregados a un alimento en particular.

En general, la relación de amilosa y amilopectina dependen fuertemente de su origen botánico. Los almidones regulares contienen aproximadamente 70-80 por ciento de amilopectina y 20-30 por ciento de amilosa, almidones céreos menos del 10 por ciento de amilosa y almidones de alta amilosa más de 40 por ciento de ésta (Schirmer, 2013), asimismo Quispe (2018), reportó contenido de amilosa y amilopectina de los almidones de masua variedad amarilla y negra, fueron de 24.16 % y 23.58 % respectivamente estos valores son inferiores a los obtenidos en los almidones de arracacha los cuales oscilan entre 35.49 % y 37.07 % como se puede observar la arracacha presenta mayores contenidos de amilosa y menor contenido de amilopectina respecto al autor en mención

La relación amilosa/amilopectina, imparte características definitivas en las propiedades funcionales de los almidones. La amilosa se caracteriza porque favorece la retrogradación de sus pastas durante el enfriamiento, ocasionando el indeseable fenómeno de sinéresis, mientras que la amilopectina presenta pastas espesas que no se retrogradan fácilmente al enfriarse (Hoover, 2002).

5.1.7. Contenido de proteína

En la Tabla 13, se muestra los resultados del contenido de proteína del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la proteína oscilan de 0.38 a 0.72 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de proteína del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 23)

Tabla 14. Contenido de proteína de almidones.

Variedad de Arracacha	Proteína (%)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	0.53 ± 0.02	3.77	a
Blanca	0.38 ± 0.03	7.89	b
Morada	0.72 ± 0.03	4.16	c

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 19, se muestra el diagrama de medias para la proteína, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de proteína, seguida por la amarilla y la morada.

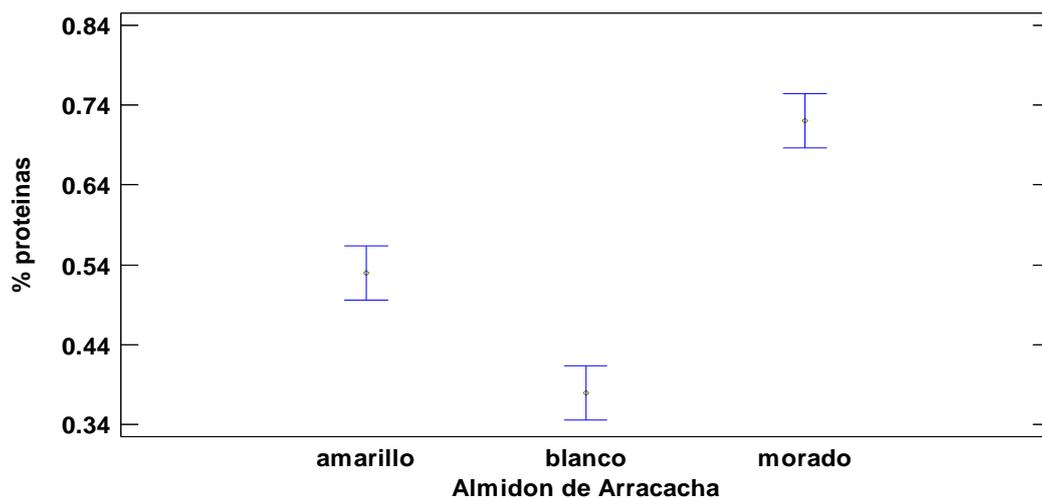


Figura 19. Diagrama de medias para la proteína

Betancur (2001), encontró valores de proteína que fue de 0.22 para el almidón de camote, 0.06 para el almidón de yuca, 0.10 para el almidón de maíz y 0.06 para el almidón de papa. Estos Valores son menores a los obtenidos en los almidones de arracacha estudiadas que fueron de 0.38 a 0.72 %. Así mismo Debet (2016), menciona que los almidones de tubérculos contienen pequeñas cantidades de proteína en comparación de los almidones de cereales, los cuales contienen de 0.25 a 0.6 %.

El contenido de proteínas en los almidones, depende también de factores físicos ambientales de cada región, como lo son el tipo de suelo del cultivo, la temperatura y la ausencia o abundancia de lluvias, que varían dependiendo la zona en la que los tubérculos son cultivados (Marínn, 2013).

Beymun (1985), menciona que las proteínas afectan la velocidad de hidratación e hinchamiento y la gelatinización, asimismo Salas (2018), obtuvo proteína del almidón de arracacha de 0,97%, aunque los valores reportados por el autor sean mayores a los obtenidos en los almidones de arracacha de la variedad amarilla, blanca y morada los valores son inferiores a la unidad.

5.1.8. Contenido de grasa

En la Tabla 15, se evidencia los resultados del contenido de grasa del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la grasa oscilan de 0.035 a 0.065 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de grasa del almidón estudiado muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 24)

Tabla 15. Contenido de grasa .

Variedad de Arracacha	Grasa (%)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	0.055 \pm 0.005	9.09	a,b
Blanca	0.065 \pm 0.015	23.08	b
Morada	0.035 \pm 0.005	14.28	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 20, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de grasa, en donde se observa que la variedad morada presenta menor porcentaje de grasa, seguida por la amarilla y la blanca.

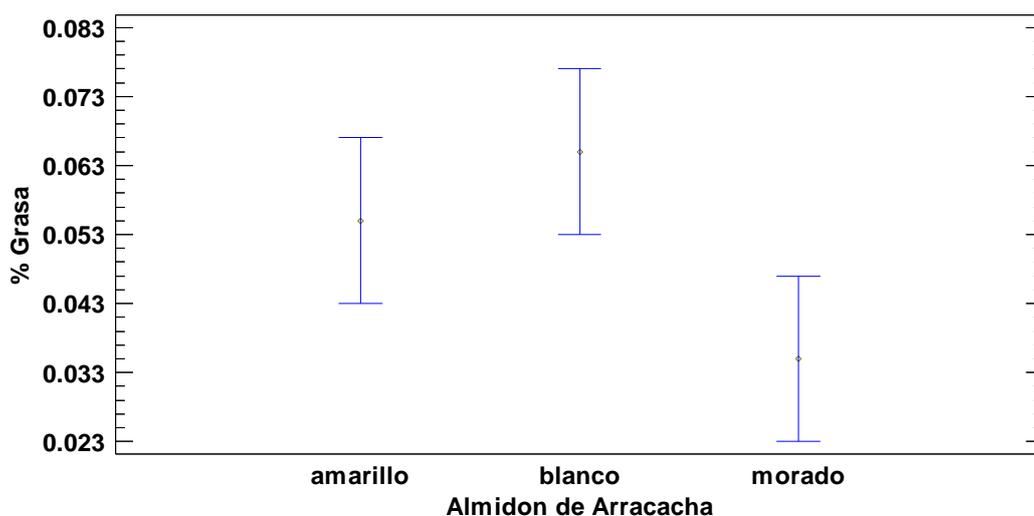


Figura 20. Diagrama de medias para % grasa

Peña (2017), reporto valores de grasa en almidones de papa que oscilan de 0,07 y 0,09 por ciento, estos valores son menores a los encontrados en los almidones de arracacha de las variedades estudiadas que oscilaron de 0.28 a 0.32 %. Así mismo Diaz (2015), reporto valores de grasa en almidones de papa de 0.033 a 0.060% estos valores son inferiores a los encontrados en los almidones de arracacha, es así que los almidones de arracacha presentan valores más altos de grasa. Sin embargo, Betancur (2001), encontró valores en cuanto al porcentaje de grasa fue de 0.31 para el almidón de camote, 0.20 para el almidón de yuca, 0.35 para el almidón de maíz y 0.05 para el almidón de papa. Valores similares a los obtenidos en los almidones de arracacha. De igual manera (Salas, 2018) reporto valores de grasa de 5.16 % en almidón de arracacha amarilla, este dato es superior a lo encontrado en los almidones de estudio los cuales muestran valores por debajo de la unidad.

Por otra parte Alayo (2015), menciona que el alto contenido de grasas es indeseable pues podría ser responsable de sabores desagradables, alta turbidez, mayor temperatura de gelatinización y una menor viscosidad de los almidones; también se ven afectadas las propiedades funcionales del almidón (capacidad de absorción, solubilidad y claridad) al evitar su unión con las moléculas de agua y causar rancidez durante el almacenamiento. Además,

(Castillo, 2017), menciona que el contenido de grasa dificulta la solubilidad del almidón con agua y hace posible que afecten las propiedades tecnofuncionales.

5.1.9. Contenido de ceniza

En la Tabla 16, se evidencia los resultados del contenido de ceniza del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la ceniza oscilan de 0.28 a 0.32 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de ceniza del almidón estudiado no muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 24)

Tabla 16. Contenido Ceniza.

Variedad de Arracacha	Cenizas (%)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	0.30 ± 0.01	1.94	a
Blanca	0.28 ± 0.02	8.77	a
Morada	0.32 ± 0.04	12.5	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 21, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de ceniza, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de ceniza, seguida por la amarilla y la morada.

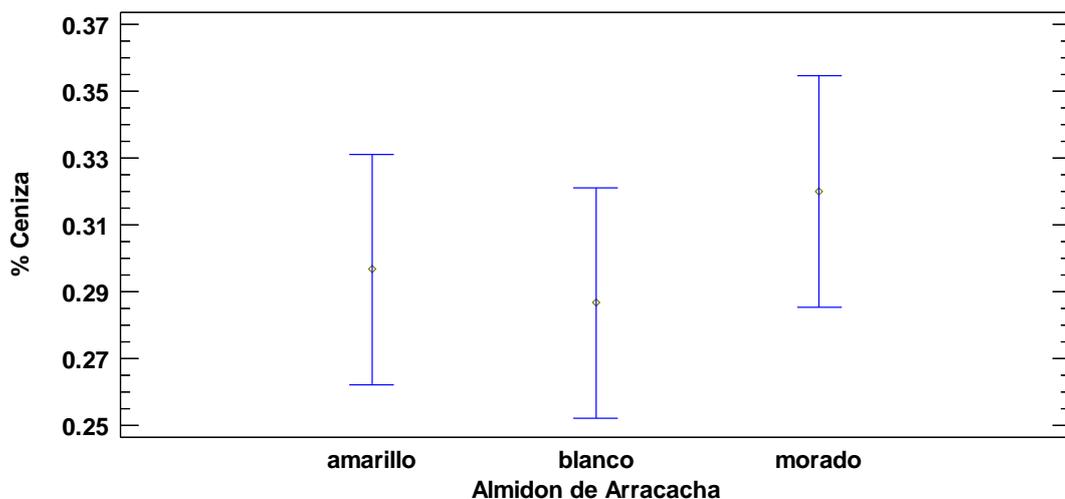


Figura 21. Diagrama de medias para % ceniza

Peña (2017), reporto valores del contenido de ceniza encontrados en los almidones de papa, cuyos valores se encuentran de 0,22 y 0,29 por ciento. Comparado con los valores obtenidos en los almidones de arracacha estudiados estos valores fueron similares oscilando de 0.28 a 0.30 respectivamente, asimismo (Diaz, 2015) reporto valores para el porcentaje de ceniza de 0.08 a 0.23 por ciento, valores menores a los almidones de arracacha. Según Betancur (2001), el contenido de ceniza fue de 0.26 para el almidón de camote, 0.29 para el almidón de yuca, 0.06 para el almidón de maíz y 0.40 para el almidón de papa. Comparando los resultados obtenidos con los almidones de arracacha se puede observar que son superiores al del almidón de yuca y maíz, pero inferior al almidón de papa. Así mismo (Guino, 2015) mostro valores del contenido de ceniza de la variedad de almidón única que fue de $0,43 \pm 0,03$. Valores similares a los del almidón de arracacha. Por otra parte el contenido elevado de ceniza se debe al contenido de minerales como calcio, fosforo, portación, sodio y hierro (Badui, 2006), es posible que la arracacha tenga en su composición mayor contenido de minerales comparado con la papa, sin embargo (Betancur, 2001) menciona que el contenido de hierro de los productos dependen del tipo de suelo cultivados, el proceso de fertilización y otros factores.

5.1.10. Contenido de fibra cruda

En el análisis realizado con respecto al contenido de fibra cruda en los almidones de arracacha de las variedades estudiadas, es cero como se puede observar en el (Anexo 36) informe de análisis proximal de los almidones realizados en la Universidad Nacional San Antonio Abad del cusco, en ello reporta que no existe en su composición fibra.

Badui (2001), la fibra representa la porción no digerible de los alimentos y, por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, aunque es importante recomendarlo para el buen funcionamiento del intestino. La naturaleza química de la fibra cruda, aun cuando no está bien establecida, se considera constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina. Peña (2017), obtuvo resultados de cinco almidones de papa obtenidos presentaron ausencia de fibra cruda, al igual que los almidones de almidón de arracacha ausencia de fibra cruda, (Alayo, 2015) menciona que el contenido de fibra depende del proceso de extracción, cuanto mejor sea el proceso y se retire la parte de celulosa,

hemicelulosa y ligninas se tendrá poco o nada de fibra en los almidones y serán de mejor calidad, por el contrario si en el filtrado se deja pasar partículas de fibra se tendrá alto contenido de fibra, (Salas, 2018) menciona que los almidones de calidad tiene que tener contenidos traza de fibras.

Salas (2018), reporto valores de fibra de almidón de arracacha de 0.8%, estos valores comparados con los almidones de arracacha de las diferentes variedades estudiadas son superior, (Diaz, 2015) reporto valores de fibra en almidón de papa nativa entre 0.01 y 0.03 estos valores son superiores a los almidones en estudio aunque la cantidad reportada es baja frente a lo reportado por (Salas, 2018).

En los resultados de fibra en los almidones de arracacha fueron ausencia debido a que se utilizó en la metodología doble digestión una digestión acida y una básica. Este método permite determinar el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente. (Armando, 2008)

Mediante la hidrólisis ácida se somete la muestra en ácido sulfúrico y por medio de calor se hidrolizan las proteínas presentes en el alimento. A continuación, se lleva a cabo la hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio, proceso mediante el cual se hidroliza las grasas, quedando únicamente la celulosa, hemicelulosa y ligninas (Nielsen, 2007). Es decir, se ha digerido todo por completo y no existía presencia de lignina celulosa y hemicelulosa en los almidones de arracacha es por ello la ausencia.

5.1.11. Contenido de carbohidratos

En la Tabla 17, se evidencia los resultados del porcentaje de carbohidratos del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto al porcentaje de carbohidratos oscilan de 88.11 a 88.87 % respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de carbohidratos del almidón estudiado muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 26)

Tabla 17. Contenido de carbohidratos.

Variedad de Arracacha	Carbohidratos (%)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	88.87 \pm 0.04	0.05	a
Blanca	88.11 \pm 0.06	0.07	b
Morada	88.57 \pm 0.03	0.03	c

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 22, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de carbohidratos, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de carbohidratos, seguida por la morada y la amarilla.

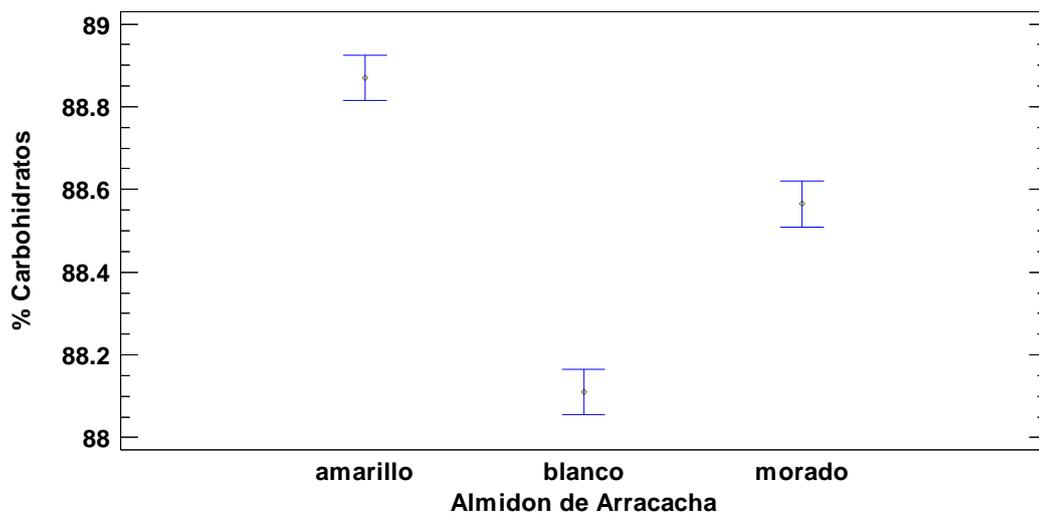


Figura 22. Diagrama de medias para % carbohidratos

Guino (2015), mostro valores del contenido de carbohidratos de la variedad única que fue de 98,80 \pm 0,12 por ciento, valores superiores a los obtenidos en los almidones de arracacha estudiadas, por otra parte, Diaz (2015), obtuvo valores de carbohidratos de 88.09 a 88.84 valores similares a los obtenidos en el almidón de arracacha de igual manera Soto (2012), reporto valores de carbohidratos de 86.41 por ciento en almidones de papa nativa estos valores son menores a los encontrados en los almidones de arracacha. Peña (2017), reporto valores de carbohidratos en

almidones de papa entre 98.97 a 99.01 por ciento, También valores superiores a los encontrados en la presente investigación.

Según Badui (2001), los almidones son polisacáridos vegetales, fisiológicamente son sustancias de reserva y se encuentran principalmente en los granos de cereales y tubérculos, cuya función nutricional es muy importante por lo que es la principal fuente de calorías de la alimentación humana estos se encuentran en mayor cantidad, como podemos observar en los almidones de arracacha presentan un mayor porcentaje.

5.2. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.

5.2.1. Temperatura de gelatinización

En la Tabla 18, se evidencia los resultados del porcentaje de la temperatura de gelatinización del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la temperatura de gelatinización oscilan de 52.97 a 55.83 °C respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto a la temperatura de gelatinización del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 27).

Tabla 18. Temperatura de gelatinización (°C).

Variedad de Arracacha	Temperatura de gelatinización (°C)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	55.83 \pm 0.12	0.20	a
Blanca	52.97 \pm 0.12	0.21	b
Morada	53.70 \pm 0.10	0.18	c

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 23, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de carbohidratos, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de carbohidratos, seguida por la morada y la amarilla.

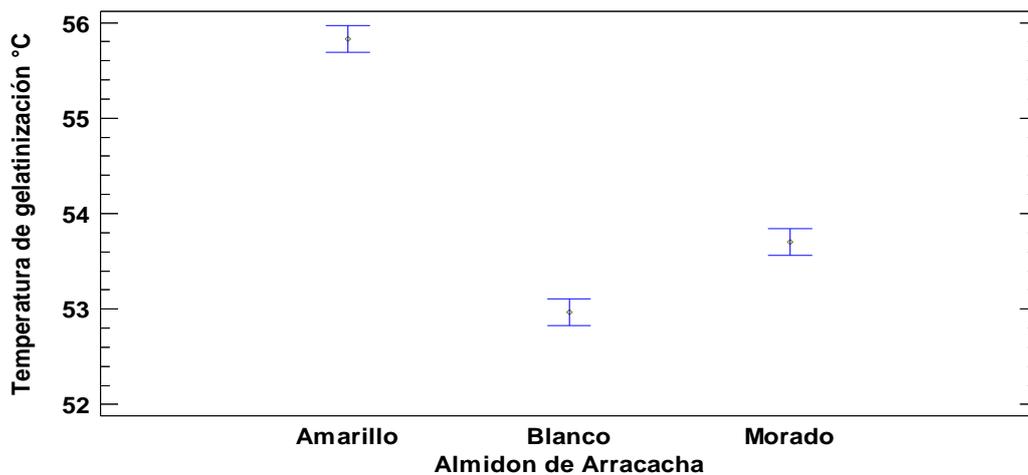


Figura 23. Diagrama de medias para la Temperatura de gelatinización

Según Díaz (2015), mostro valores de temperatura de gelatinización fue de 63.9-70.0 °c para las distintas variedades de papa nativa, por otra parte (Leguia, 2017), encontró valores de temperatura de gelatinización en el rango de 59.9 - 63.4 ± 0.2 °C en almidones de papas, estos valores se encuentran dentro del rango encontrados por Villacrés y Espín (1999), Alvis et al. (2008), (Lindeboom, 2004), Zarate et al. (2014), asimismo palomino (2018) encontró valores de 63.5 ± 0.2 para la papa nativa variedad Waka waqra, 60.7 ± 0.2 Alq'a wayruru, 61.0 ± 0.2 Phusi k'achun waqachi 60.3 ± 0.2, Puka viruntus. Valores superiores a los encontrados en los almidones de arracacha que fueron menores a 55.83

Según Landires (2013), para la temperatura de gelatinización el contenido de amilosa influye el cual es inversamente proporcional, ya que a mayor contenido de amilosa, menor temperatura de gelatinización y viceversa, por otra parte (Hernández, 2008), quienes estudiaron los almidones de camote, yuca donde encontraron valores de 61,3, y 65,2 °C, respectivamente, finalmente (Torres et al., 2013), quienes encontraron valores para el almidón de pituca blanca y morada la temperatura de gelatinización de 55±2 y 54±2 respectivamente. Valores similares a los obtenidos en los almidones de arracacha

Hernández (2008), menciona que, debido a la alta temperatura, los almidones de yuca y camote hacen factible su inclusión en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento, como los productos enlatados. Mientras que los almidones que presentan menores temperaturas de gelatinización pueden considerarse para ser usados en productos que no requieran temperaturas elevadas,

tales como caramelos tipo chiclosos o natillas, pudines, etc. En tal sentido los almidones de arracacha pueden usarse para productos que requieran una baja temperatura como encapsular antocianinas, fenoles y vitamina puesto que estos termolábiles, es decir se pierden en presencia de temperaturas altas (Badui, 2006).

5.2.2. Claridad de pasta

En la Tabla 19, se puede evidenciar los resultados del porcentaje de claridad de pasta del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto al porcentaje de claridad de pasta oscilan de 62.50 a 69.07 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al porcentaje de claridad de pasta del almidón estudiado muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 28)

Tabla 19: claridad de pasta

Variedad de Arracacha	Claridad de pasta (% T)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	66.47 \pm 2.93	4.40	a
Blanca	62.50 \pm 4.23	6.77	a
Morada	69.07 \pm 4.74	6.85	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Asimismo, en la Figura 24, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de claridad de pasta, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de claridad de pasta, seguida por la amarilla y la morada, esta variación de debe al color de los almidones respecto a la luminosidad ya que cuando presentan valores cercanos al blanco presentan mayor transmitancia, es decir cuánto más blancos sean los almidones mayores será la variación de transmitancia presentando un efecto directamente proporcional.

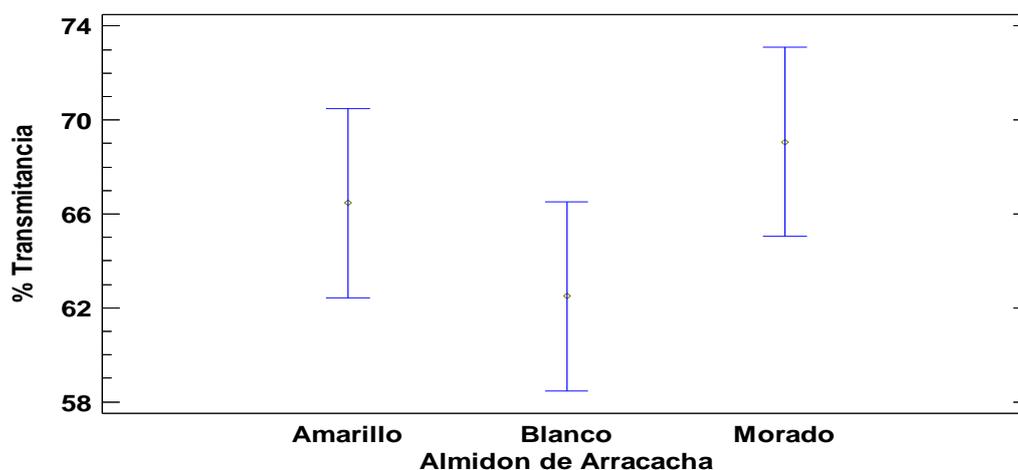


Figura 24. Diagrama de medias para la claridad de pasta (% de transmitancia)

Según Leguia (2017), el % de transmitancia de almidones de papa varían entre 37.59 a 82.35, estos valores son inferiores a los obtenidos en los almidones de arracacha que se encuentran entre 62.50 a 69.07, mientras que (Díaz, 2015) menciona que los rangos de % de transmitancia en los almidones de papas fueron de 59.9 a 80.2. encontrándose por encima de los valores reportados en la presente investigación. La variación transmitancia encontrada, en los almidones, se deben a diversos factores como el contenido de amilosa, lípidos y proteínas, el tamaño de partículas de los gránulos, la concentración total de sólidos, el grado de dispersión de los gránulos. Hernández et al. (2008), indica que los valores de transmitancia (%T) obtenidos para los almidones de camote y yuca fueron de 24,6 y 51,8 de Transmitancia respectivamente. Estos valores fueron inferiores a los encontrados en los almidones de arracacha de igual modo. (Betancur, 2001) mencionan que los almidones que presentan menor cantidad de amilosa son fácilmente dispersados, por lo que se incrementa su claridad, al igual que los que presentan mayor poder de hinchamiento. La transparencia u opacidad presentada por las pastas de almidón influyen directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos en los que se empleen como espesantes. Los almidones que presentaron valores elevados de transmitancia.

Sánchez (2017), mencionan que los almidones que presenten valores de transmitancia menores 40 por ciento se consideran como opacas o turbias, mientras que para valores mayores de 40 por ciento se consideran como claras o

transparentes. Entonces se puede afirmar que los almidones de arracacha son claros o transparentes debido a que son superiores a 62.50 %.

5.2.3. Índice de absorción de agua (IAA)

En la Tabla 20, se puede evidenciar los resultados del porcentaje del índice de absorción de agua del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto al porcentaje de índice de absorción de agua oscilan de 6.51 a 7.58 (g de gel/ g muestra) respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al índice de absorción de agua del almidón estudiado no muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 29)

Tabla 20: índice de absorción de agua (IAA)

Variedad de Arracacha	IAA (g de gel/ g muestra)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	7.58 \pm 2.39	31.57	a
Blanca	6.51 \pm 0.67	10.40	a
Morada	7.91 \pm 0.01	0.01	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Asimismo, en la Figura 25, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de índice de absorción de agua, en donde se observa que la variedad blanca presenta menor porcentaje de índice de absorción de agua seguida por la amarilla y la morada.

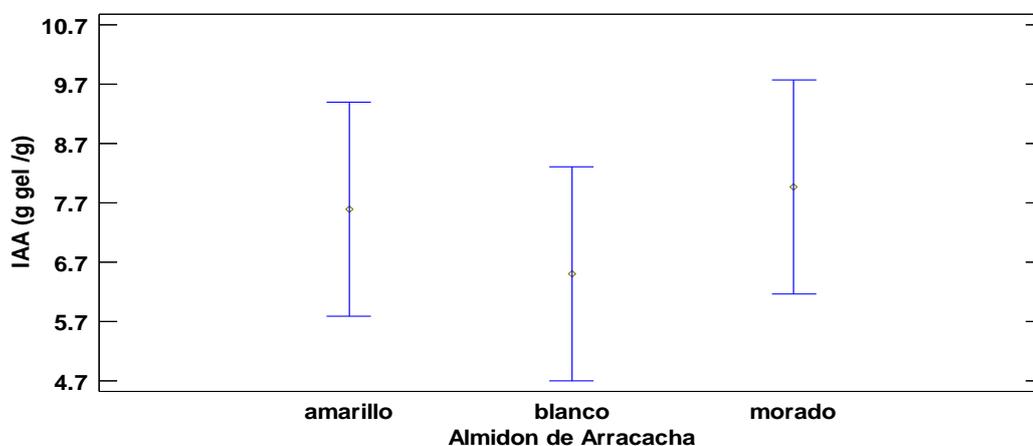


Figura 25. Diagrama de medias para el índice de absorción de agua

Según Lindeboom (2004), indica que el índice de absorción de agua está relacionado con el tamaño y la forma de los gránulos de almidón, cuanto menor es el tamaño del gránulo existirá mayor capacidad de absorción de agua. Asimismo (Díaz, 2015), reporto valores de índice de absorción de agua en almidones de papa que oscilan de 6.332 – 10.278 g gel/g, estos resultados comparamos con los almidones de arracacha es menor frente al almidón de papa. (García, 2013), reporto valores de IAA en almidón de quinua que fue de 5 g gel/g muestra, sin embargo (Arzapalo, 2015), reportan que el almidón de yuca oscila de 10.7 – 11.1 g gel/g muestra, de igual manera (Palomino, 2018), reporto valores 7.02 a 14.87 ± 0.13 g gel/g almidón. Por tanto, los almidones estudiados se encuentran dentro de los rangos.

Leguia (2017), reporto valores de ISA entre 6.64 a 12.02, estos valores son superiores a los encontrados en los almidones de arracacha 6.51 a 7.91, esta diferencia se debe al contenido de grasa los almidones (Alayo, 2015), además menciona que el contenido de grasa dificulta la absorción de agua en almidones, reporta; que el almidón nativo de arracacha amarilla, presenta índice de absorción de agua (IAA) desde 0,82 a 16,03 g gel/ g muestra valores superiores a los obtenidos en a los almidones de arracacha de las diferentes Variedades estudiadas.

5.2.4. Índice de solubilidad en agua (ISA)

En la Tabla 21, se puede evidenciar los resultados del porcentaje del índice de solubilidad de agua del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto al porcentaje de índice de solubilidad de agua oscilan de 1.29 a 8.54 por ciento respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al índice de solubilidad de agua del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p-value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 30)

Tabla 21: índice de solubilidad en agua (ISA)

Variedad de Arracacha	ISA (%)		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	2.20 ± 0.13	6.29	a
Blanca	8.45 ± 0.98	7.40	b
Morada	1.29 ± 0.13	1.15	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Asimismo, en la Figura 26, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de índice de solubilidad del agua, en donde se observa que la variedad morada presenta menor porcentaje de índice de solubilidad de agua seguida por la amarilla y la blanca, esta variación se debe a que los almidones de arracacha tendían a ser un poco ácidos, debido a que el comportamiento varía según se encuentre en medio ácido o base (Peña, 2017).

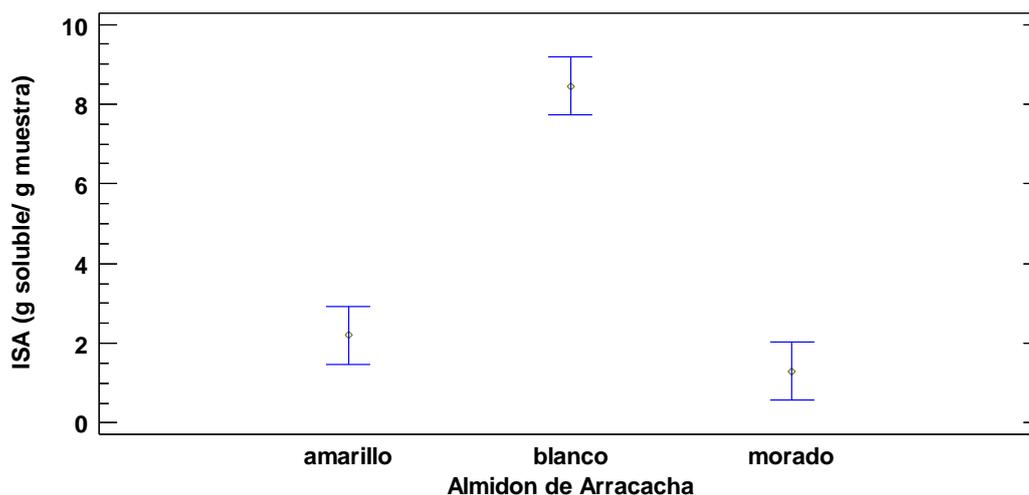


Figura 26. Diagrama de medias para el índice de solubilidad en agua

Según Martínez (2015), el porcentaje de solubilidad, de los almidones de papa fue de 5,75 a 12,74. Así mismo (Palomino, 2018), reporto valores de ISA en almidones de papa nativa de 7.13 a 11.46 g solubles/g almidón valores superiores a los de los almidones de arracacha, por otra parte (Díaz, 2015), menciona que el índice de solubilidad en agua de los almidones estuvo entre 2.03 a 2.85 (g soluble/ g muestra), estos valores son menores con los parámetros obtenidos en la presente investigación, de igual manera (Leguia, 2017) menciona que los valores obtenidos de ISA en almidones de papa es 8.60 a 12.60 g solubles /g muestra. Valores superiores a los de los almidones de arracacha.

Peña (2017), reporto porcentaje de solubilidad, de 5,75 a 12,74 g solubles /g muestra, en almidones de papa, los valores encontrados en los almidones de arracacha son menores 1.29 a 8.20 g solubles /g muestra, esto se debe al contenido de grasa. Un almidón con menor contenido de lípidos será más soluble que aquel cuyo contenido es mayor debido a que los lípidos son insolubles en agua fría, tienden a evitar la interacción entre moléculas del almidón con el agua y como consecuencia evita o disminuye la solubilidad del almidón (Yuan, 2007).

Además (Quispe, 2018) señala que la solubilidad del almidón está relacionada con las fuerzas o enlaces de unión de la amilosa y amilopectina dentro del almidón, gránulos con enlaces fuertes de unión tienen bajo índice de solubilidad. El índice de solubilidad en agua es una medida de la cantidad de amilosa que es liberada del interior del gránulo cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Singh, 2003)

5.2.5. Poder de hinchamiento (g de agua/ g de almidón)

En la Tabla 22, se puede evidenciar los resultados del poder de hinchamiento del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto al poder de hinchamiento que oscilan de 6.41 a 7.27 (g de agua/g de almidón) respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto al poder de hinchamiento del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 31)

Tabla 22: Poder de hinchamiento

Variedad de Arracacha	Poder de hinchamiento (g de agua/g de almidón)		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	6.66 ± 1.40	21.04	a
Blanca	7.27 ± 0.29	3.93	a
Morada	6.41 ± 0.01	0.08	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Asimismo, en la Figura 27, se muestra el diagrama de medias para el porcentaje de poder hinchamiento (g de agua/g de almidón) del almidón, en donde se observa que la variedad morada presenta menor porcentaje de poder de hinchamiento seguida por la amarilla y la blanca.

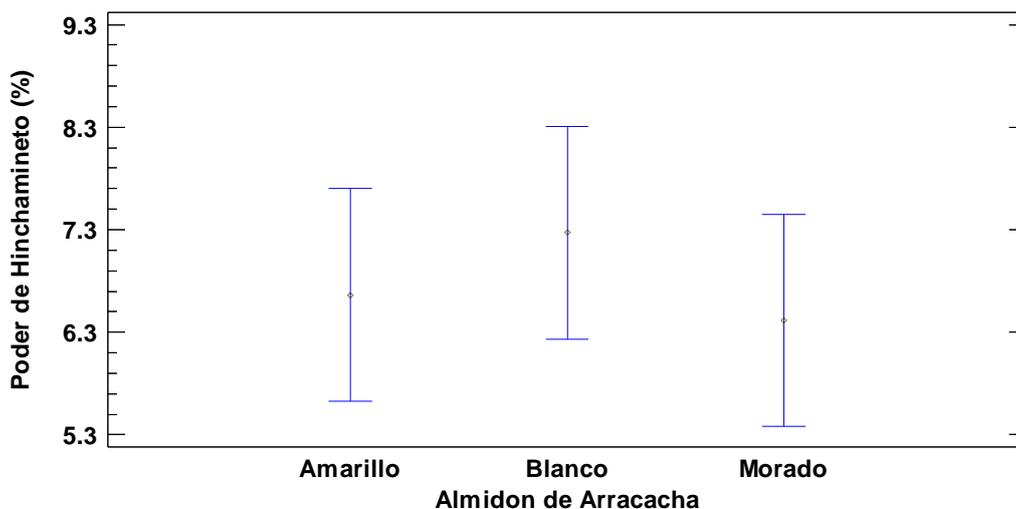


Figura 27. Diagrama de medias para el poder de hinchamiento

Los almidones de arracachas tienen poder de hinchamiento entre de 6.41 a 7.27 (g de agua/g de almidón). Estos valores difieren con los reportados por (Garnica, 2010), que fueron de 6.58 a 15.45 % en almidones de clones de papa. Así mismo (Sánchez, 2017) reportó valores que oscilan entre 0,79 y 15,45 (g de agua/g de almidón). Para el almidón de yuca. Esta diferencia está relacionada con la proporción de amilosa y amilopectina, tamaño y forma de los gránulos, los cuales otorgan propiedades como el poder de hinchamiento (Singh, 2003). Por otra parte Hernández (2008), obtuvo valores de poder de hinchamiento de los almidones evaluados que oscilaron de 27.18.

Según Alayo (2015), en su investigación realizada en almidón de arracacha amarilla obtuvo resultados de poder de hinchamiento de 16.23, la cual comparado con almidones de arracacha estudiados son superiores, Así mismo (Díaz, 2015) reportó valores del poder de hinchamiento de los almidones de papa que oscilan de 6.380 a 10.253, estos comparados con los resultados obtenidos en los almidones de arracacha son similares. De igual manera (Leguía, 2017) muestra valores de poder de hinchamiento que oscilan de 7.21 a 15.80. El poder de hinchamiento de los almidones es una propiedad de su contenido de amilopectina, siendo la amilosa un diluyente e inhibidor del hinchamiento (Hernández, 2008)

El poder de hinchamiento es una medida del aumento en masa del almidón, no solubilizado, como consecuencia de la absorción de agua por los grupos hidroxilo de los polímeros de amilosa y amilopectina. Como era de esperarse el poder de hinchamiento incrementa con el aumento de la temperatura, ya que a altas

temperaturas sucede relajación progresiva de las fuerzas de enlace dentro del gránulo, lo que implica aumento del poder de hinchamiento al elevar la temperatura. (Singh, 2009).

5.2.6. Viscosidad (cP)

En la Tabla 23, se puede evidenciar los resultados de la viscosidad del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la viscosidad oscilan de 3239.23 a 5327.63 cP respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto a la viscosidad del almidón estudiado muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 32)

Tabla 23: Viscosidad cP

Variedad de Arracacha	viscosidad cP		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	3239.23 \pm 184.08	5.68	a
Blanca	3250.77 \pm 87.59	2.69	a
Morada	5327.63 \pm 201.70	3.78	b

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de LSD al 5%.

Asimismo, en la Figura 28, se muestra el diagrama de medias para la viscosidad del almidón, en donde se observa que la variedad amarilla presenta menor porcentaje de viscosidad seguida por la blanca y la morada.

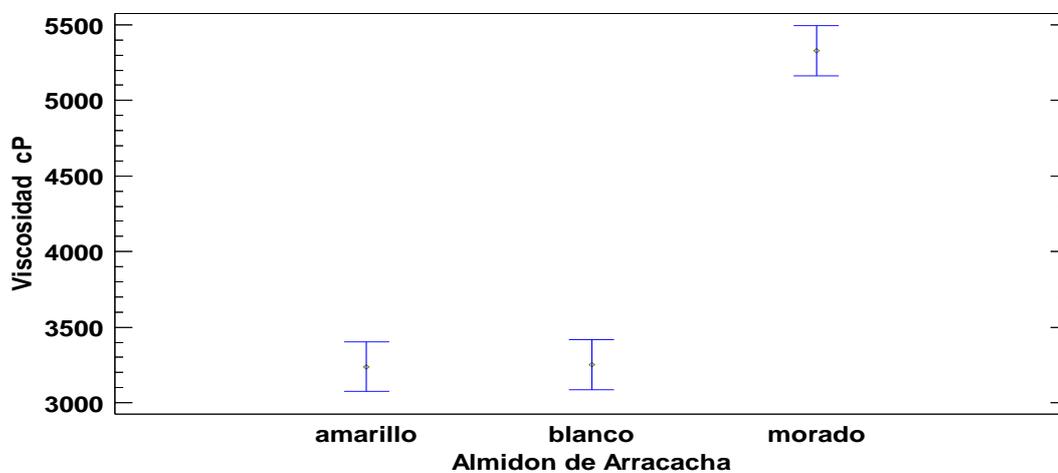


Figura 28: Diagrama de medias para la viscosidad cP

Montoya et al. (2014), reportó valores de viscosidad en almidón de plátano de 2068 cP, este valor es menor a lo encontrado en los almidones de arracacha de las diferentes variedades estudiadas, por el contrario (Díaz, 2015) obtuvo resultados en su investigación para la viscosidad de papa mostraron valores de 9960 a 12266.7 cP, superiores a los encontrados en los almidones de arracacha. De igual manera (Garnica, 2010), obtuvieron valores de 12960 cP, en almidones de clones de papa criolla, estos valores son superiores a los encontrados en la investigación.

En los resultados Tabla (23) se puede apreciar que el que presenta mayor viscosidad es el almidón de la arracacha morada 5327.63 cP, seguido del almidón de la variedad amarilla 3239.23 cP, finalmente el que presenta menor viscosidad es el almidón de la variedad blanca 3250.77 cP, esta diferencia se debe a que existió diferencia en cuanto al contenido de amilosa en los almidones puesto que se encontró que el que contenía mayor amilosa era el almidón de variedad morada, seguida de la amarilla y la blanca, y también influye la temperatura. Durante el enfriamiento del almidón gelatinizado la viscosidad aumenta, esto se atribuye a la retrogradación de la amilosa, por lo tanto, ésta puede ser necesaria para la formación de la estructura normal de un producto (Singh N, 2003). Las moléculas de amilopectina con estructuras ramificadas, en general, se cristalizan más lentamente. La velocidad de retrogradación o cristalización de la amilopectina depende de la longitud de cadena ramificada. Las moléculas de amilopectina que tienen cadenas ramificadas largas, tales como almidón de maíz céreo, cristalizan más rápido que aquellos con cadenas de ramales cortos, tales como almidón de arroz céreo (Peña, 2017).

Quispe (2018), reportó valores de viscosidad en almidones de mashua entre 6388.31 a 6583.05 cP, comparado con los almidones de arracacha son superiores, en tal sentido los almidones de la variedad amarilla y blanca tienen viscosidad baja, mientras que la morada presenta mayor viscosidad o similares a las de la papa. Las propiedades reológicas del almidón determinan su potencial aplicación como agente espesante o gelificante, La viscosidad de la pasta de almidón se asocia con lípidos, principalmente fosfolípidos, que se acomplejan con amilosa y dificultan o reducen la capacidad de hinchamiento del gránulo. Otros efectos asociados con la viscosidad de la pasta son la disminución de la solubilidad de la amilosa, el aumento del tiempo de formación y las propiedades de gelificación limitadas. Los complejos lipídicos de amilosa requieren altas temperaturas para la disociación (Singh, 2003)

Otro efecto por el que los almidones de arracacha resultaron ser menores a los almidones de papa se debe al contenido de grasa que presentaban estos, eran

superiores a los almidones de papa, (Salas, 2018) señala que, por lo general, los lípidos presente en los gránulos de almidón son ácidos grasos libres y fosfolípidos que tienden a formar complejos de amilosa-lípidos en el interior del granulo, los lípidos tienen un marcado efecto en la calidad y en las propiedades físicas y funcionales de los almidones, estos disminuyen la capacidad de hinchamiento, la solubilidad y la capacidad de retención de agua; Porcentaje de sinéresis de almidón y por ende la viscosidad.

5.2.7. Sinéresis

En la Tabla 24, se puede evidenciar los resultados de la sinéresis del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a la sinéresis que oscilan de 0.01 a 0.08 respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto a la sinéresis del almidón estudiado no muestran diferencias significativas ($p\text{-value} > 0.05$), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 33)

Tabla 24: Porcentaje de sinéresis

Variedad de Arracacha	porcentaje de sinéresis		Dif. Sig. (**)
	$\bar{x} \pm S$	CV	
Amarilla	0.08 \pm 0.01	69.59	a
Blanca	0.03 \pm 0.01	17.32	a
Morada	0.01 \pm 0.00	0.00	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

**Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Al realizar el análisis del índice del porcentaje de sinéresis se encuentra por debajo de los valores reportados por (Carrasco, 2017), quien encontró valores entre 0.13 a 0.96, así mismo (Alayo, 2015) en la determinación de la sinéresis del almidón de arracacha amarilla encontró valores de 6.9 estando por encima de los valores presentados, de igual manera Acosta, (2013) en el estudio realizado para el porcentaje de sinéresis del almidón de arracacha fue de 7,08.

En la retrogradación ocurre una asociación de tipo cristalino de la amilosa, lo que se manifiesta con la pérdida de agua del gel. Aquí la amilosa sufre una retrogradación

cuando el gel es sometido a procesos de enfriamiento. Conforme el agua se enfría, el agua que se forma por la fusión de los cristales no se re asocian con el almidón (Vaclavick, 1998)

Como en los almidones de arracacha existió mayor contenido de amilosa, la cual es responsable de la liberación de agua en las pastas. La amilosa se retrograda mucho más rápido que la amilopectina, ocasionando que en los primeros ciclos haya mayor liberación de agua (Thoufeek, 1996). (Ascheri, 2014), indica que la exudación de agua se debe a la reasociación de moléculas de almidón, particularmente amilosa, que forma estructura ordenada que conduce a la retrogradación.

Alayo (2015), La Sinéresis del almidón de la arracacha tuvo un promedio de 6.90 % a las 48 h comprado con los almidones de arracacha estos presentan mayor porcentaje de sinéresis. Siendo este un fenómeno indeseable en la industria, ya que es un indicador de la calidad. El grado de retrogradación es afectado por la concentración de amilosa y amilopectina, tamaño de partícula, temperatura de gelificación, etc. El almidón en estudio, presentó un % de sinéresis menor que al almidón de referencia.

En la Figura 29, se pueden observar el diagrama de medias para la sinéresis de los almidones de arracacha de las variedades estudiadas en ella podemos observar que todos los almidones son iguales respecto a la sinéresis puesto que se solapan o superponen entre sí.

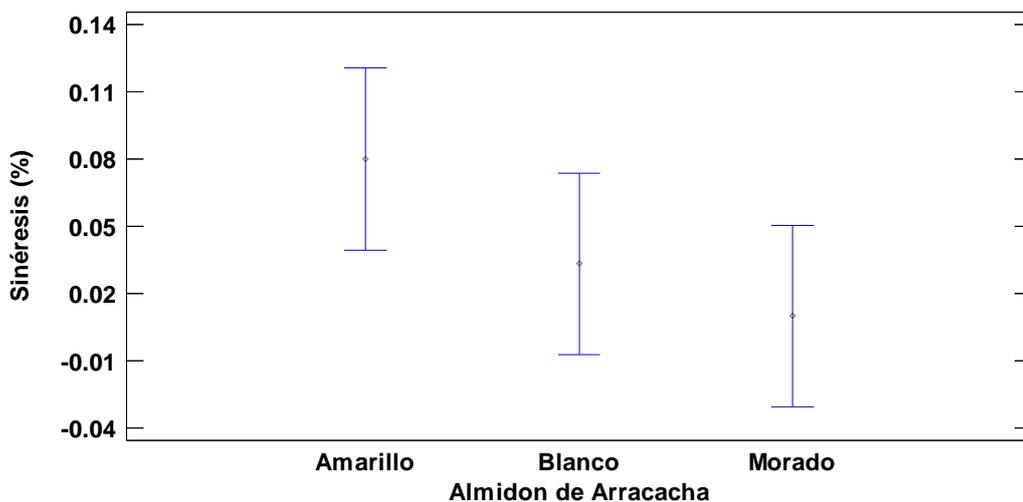


Figura 29: Diagrama de medias para la sinéresis

5.3. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.

5.3.1. Coliformes totales UFC/g

En la Tabla 25, se puede evidenciar los resultados obtenidos de coliformes totales del almidón de las tres variedades de almidón de arracacha estudiadas, en ella se aprecia que los valores respecto a los coliformes totales oscilan de 60 a 237 UFC/g respectivamente, de esta manera los resultados muestran que respecto a los coliformes totales del almidón estudiado muestran diferencias significativas (p -value > 0.05), esto también se pueden observar mediante el ANOVA (Anexo 31)

Tabla 25: Coliformes totales UFC/g

Variedad de Arracacha	Coliformes totales UFC/g		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	237 \pm 12	4.88	a
Blanca	60 \pm 0	0	b
Morada	227 \pm 51	22.63	a

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no hay diferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Así mismo, en la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 34) se puede observar que el almidón de la variedad amarilla y morada presentan igual contenido de coliformes totales mientras que la variedad blanca es diferente al resto letras iguales o diferentes según el caso.

Según la norma sanitaria para la fabricación de granos y cereales y sus derivados RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 451-2006-MINSA, límite máximo permisible para coliformes totales es de 10^3 UFC/g de alimento, en ese sentido comprando con los resultados obtenidos en los almidones de arracacha se encuentran por debajo de lo mencionado en dicha norma, por lo que se dice que este almidón es apto para consumo humano desde la característica evaluada.

Así mismo la diferencia de contenido de microorganismos en los almidones de arracacha se debe a la manipulación que se tiene en los alimentos en el proceso, debido a que en alguna parte del proceso existió contaminación cruzada, la cual no se tubo cuidado adecuado o no se usaron los materiales completamente estériles sin carga microbiana. (Rios, 2007).

Las bacterias coliformes comprenden a bacterias de la familia Enterobacteriaceae, dentro de las cuales podemos observar *Escherichia coli* y otras especies como *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*. Estos se identifican con microorganismos patógenos para el hombre e indicadores de contaminación fecal. Estos determinan una mala manipulación de los alimentos ya preparados o de la materia prima utilizada para su elaboración; no obstante, no queda descartada la posible contaminación durante su transporte o proceso de almacenamiento (Rios, 2007).

En la Figura 30, se muestra del Gráfica de medias para coliformes totales de los almidones de arracacha de las variedades estudiadas, en ella podemos observar los resultados que las variedades amarillo y morado presentan igualdad puesto que se solapan o superponen, mientras que la variedad blanca es menor y diferente al resto puesto que no superpone al resto de variedades.

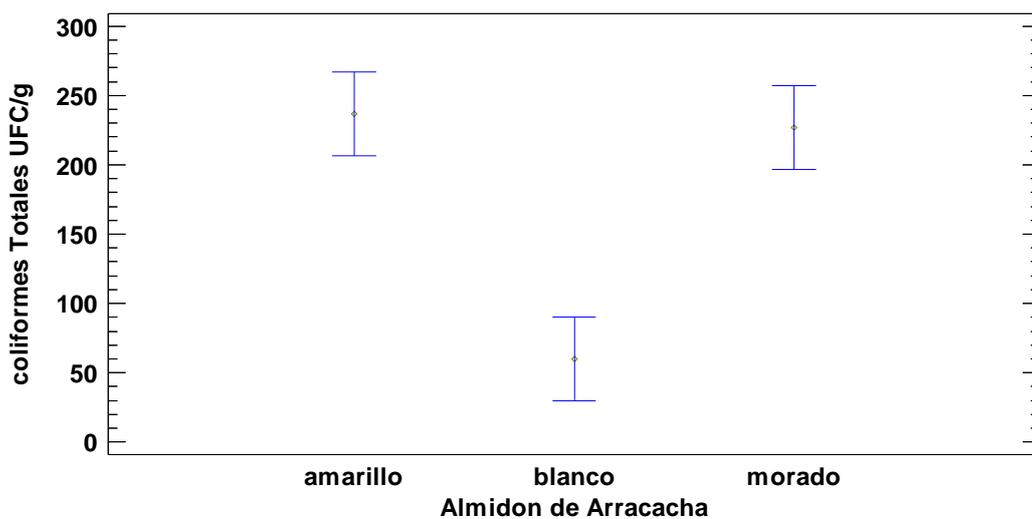


Figura 30: Diagrama de medias para colifomes totales

5.3.2. Coliformes termotolerantes (*Escherichia coli*) UFC/g

En la Tabla 26, se aprecia los resultados obtenidos de coliformes termotolerentas de los almidones de arracacha de las diferentes variedades de estudio, donde los valores oscilan desde 0 a 13 UFC/g, cuando se realiza un análisis de varianza (Anexo 35) se puede decir que existe diferencia significativa ($p\text{-value} < 0.05$), es decir al menos dos de ellos son diferentes.

Tabla 26: Escherichia coli UFC/g

Variedad de Arracacha	Escherichia UFC/g		
	$\bar{x} \pm S$	CV	Dif. Sig. (**)
Amarilla	7 ± 6	86.60	a, b
Blanca	0 ± 0	0	a
Morada	13 ± 6	43.30	b

Donde \bar{x} es la media, S es la desviación estándar y CV es el coeficiente de variación.

** Las letras iguales indican que no haydiferencia significativa, evaluadas mediante el test de Tukey al 5%.

Así mismo, en la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 35) se puede observar que el almidón de la variedad amarilla y morada presentan igual contenido de coliformes termotolerantes mientras que la variedad blanca es diferente al resto letras iguales o diferentes según el caso.

Según la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano mediante la RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 591-2008-MINSA respecto al contenido de e coli Féculas y Almidones estable que el límite máximo permisible es 10^2 UFC/g, por los que los almidones de arracacha evaluados presentan menor cantidad al límite máximo estipulado en la presente norma

E. coli productora de toxina Shiga es una bacteria que puede causar graves enfermedades a través de los alimentos. El origen principal de los brotes de E. coli productora de toxina Shiga son los productos de carne picada cruda o poco cocinada, la leche cruda y las hortalizas contaminadas por materia fecal. (Rios & Riquez, 2007), los almidones presentaron contenido en las variedades amarilla y morada mientras que la variedad blanca presento ausencia que lo conveniente.

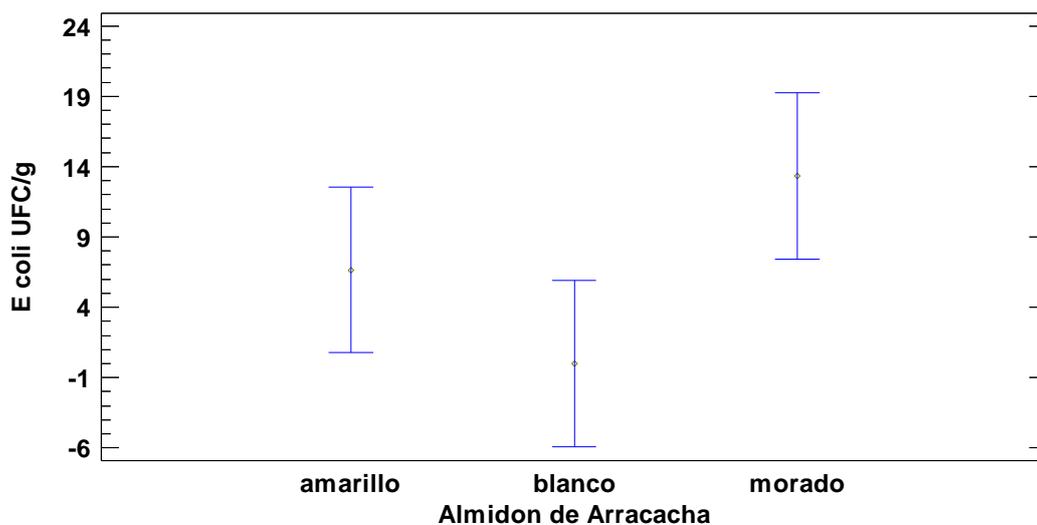


Figura 31: Diagrama de medias para coliformes termotolerantes (e coli UFC/g)

En la Figura 31, se puede observar el diagrama de medias para el contenido de coliformes termotolerantes presente en los almidones de arracacha de las diferentes variedades estudiadas, en ella podemos apreciar que la variedad amarillo y blanco son iguales, de igual manera que la variedad amarilla con morado puesto que se superponen o solapan, mientras el blanco es diferente al morado puesto que no se superponen.

CONCLUSIONES

Al determinar las propiedades tecnofuncionales, fisicoquímicos y microbiológicos del almidón de arracacha de las variedades blanca, amarilla y morada, se puede ver que existen diferencia significativa en cuanto a las propiedades evaluadas, puesto que más de una propiedad tubo diferencias estadísticas con un nivel de significancia $\alpha=5$ %.

Respecto a las propiedades fisicoquímica de los almidones de las tres variedades de arracacha presentaron valores de densidad, 0.43 a 0.47 g/mL, respecto al color se obtuvo valores de luminosidad de 59.58 ± 0.85 , humedad 10.25 a 11.16 %, actividad de agua 0.52 a 0.54, acidez 0.09 a 0.17 %, pH 5.26 a 5.84, contenido de amilosa 29.49 a 37.07 %, contenido de amilopectina 62.93 a 70.51 %, proteína 0.38 a 0.72 %, grasa 0.035 a 0.065 %, ceniza 0.28 a 0.32 %, y carbohidratos valores de 88.11 a 88.87 %, respectivamente con ausencia de fibra.

La variedad que presento mejores propiedades tecnofuncionales fue el almidón de arracacha morada, debido a que respecto a la temperatura de gelatinización en los almidones resultaron menores a 56 °C, en relación a la claridad de pasta presento mayor valor fue la variedad morada 69.07 % T, mientras que la variedad blanca presento menor valor 69.07 % T, así mismo que respecto al índice de absorción de agua el que presento mayor contenido fue la variedad morada reportando 7.91 (g gel/g muestra), respecto al índice de solubilidad de agua la variedad blanca es más soluble 8.45 (g solubles/g muestra) la morada es menos soluble 1.26 (g gel/g muestra), respecto al poder de hinchamiento el que tiene mayor poder de hinchamiento es la variedad amarilla 6.66 y el presenta menor poder de hinchamiento es la variedad morada 6.41, en cuanto a la viscosidad el almidon de arracacha de la variedad morada presento mayor viscosidad 5327.63 Cp, mientras que la variedad amarilla presenta menor viscosidad 3239.23, respecto a la sinéresis la variedad morada presento menor sinéresis 0.01% frente al resto de variedades.

Respecto a las propiedades microbiológicas evaluadas en los almidones de arracacha de las tres variedades en cuanto al contenido de coliformes totales, estas presentaron en un rango 60 a 13.33 UFC/g, mientras que para e coli los valores fueron de 0 a 13.33 UFC/g, por lo que los almidones microbiológica mente cumplen con la calidad adecuada puesto que se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles según el MINSA.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la raíz de la arracacha como materia prima para reemplazar total o parcialmente otros almidones, en especial en procesos donde se pueda utilizar integralmente toda planta de arracacha.
- Se recomienda trabajar con almidones de arracacha modificados y a la vez extraer el contenido de grasa, para así mejorar sus propiedades tecnofuncionales y darles un uso industrial
- Respecto al análisis microbiológico se recomienda realizar un estudio de las propiedades microbiológicas como los mohos, levaduras y salmonella.
- Aplicar los almidones de arracacha en la formulación de alimentos como espesantes emulsificantes como bebidas, embutidos, papillas y similares a estos.
- Determinar el tamaño y la forma de los gránulos de almidones de arracacha estudiados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Granados, I., Meléndez, I., Sánchez, I., & citado por Acosta y Blanco, J. (s.f.).
A.O.A.C.23.003:2003.
- Alayo, S. B. (2015). “Caracterización físicoquímica y reológica de almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) variedad amarilla procedente de la provincia san ignacio-departamento de cajamarca”. Trujillo – Perú: tesis para obtener título profesional de: ingeniero agroindustrial.
- Álvarez, V. S. (2007). Comportamiento agronómico del cultivo de (arracacha Arracacia xanthorrhiza, Bancroft), en dos sistemas de plantación y cuatro niveles de abonamiento orgánico (gallinaza). Colón, Comunidad Maica Monte. p 43 - 61: en la zona subtropical del Municipio.
- Andino, C. (2008). Estabilidad congelación/descongelación y análisis de textura de mezclas de almidones andinos (tesis de grado). 2008: Universidad San Francisco.
- Angulo, P. D. (2006). Estudio técnico en la elaboración de papa pre-cocida congelada, puré y tortillas de papa a partir de tres variedades de papas nativas ecuatorianas. Escuela Politécnica Nacional, Quito. .
- Aristizabal, J. S. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO 163., 1-120.
- Armando, V. A. (2008). Análisis físico-químico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas. Información Tecnológica, 19-28.
- Arzapalo, D. H. (2015). Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. . Revista de la Sociedad Química del Perú.
- Ascheri, D. P. (2014). Characterization of starch extracted from the roots of *Cissus siliquosa* Roem. & Schult. Caracterização do amido extraído das raízes da *Cissus siliquosa* Roem. & Schult. Semina: Ciências Agrárias, Londrina.
- Badui, S. (2001). Química de los alimentos. México D. F., 94-104.: Ed. Pearson.
- Barrios. (1989). Fundamentos de secado en productos agropecuarios. universidad de los andes Venezuela.
- Bello Pérez, L. A. (2002). Propiedades químicas, y funcionales del almidón modificado de plátano (*Musa paradisiaca* L. Variedad Macho). Agro-ciencia, 169-180.

- Betancur, D. (2001). Caracterización Molecular, Nutricia y Funcional de Almidones de Phaseolus lunatus y Mucuna pruriens. Mexico: Tesis (Doctorado en Ciencias,. Instituto Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biologicas.
- Beymun G, M. A., & Roels, J. A. (1985). Tecnología de conversión del almidón. Nueva York: Marcel Dekker.
- Biliaderis, C. (1991). The structure and interactions of starch with food constituents. Can J Physiol Pharmacol. 69, 60-78.
- Blanco, A. y. (2013). Granados, 1984; Meléndez, 1984; Sánchez, 1984; citado por Acosta y Blanco.
- Bravo, Q. A. (2009). Alimentación y nutrición con cultivos andinos . Lima, peru: San Marcos.
- Carrasco, P. E. (2017). “Extracción y caracterización fisicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de ilave (puno)”. Tesis Para Optar El Título De Ingeniero En Industrias Alimentarias Universidad Nacional Agraria Lima – Perú.
- Carrera Carazas, L. E. (1996). Obtención y caracterización del almidón de Pijuayo (Guilielma garipaes H. B. K bailej) (tesis de grado.). Universidad Agraria La Molina.: Lima.
- Castillo, S. C. (2017). Caracterización reológica y fisicoquímica de pastas y geles obtenidos del almidón de tres variedades de papa nativa (solanum spp.)” tesis presentada por. Puno: Tesis Br.
- Cenzano, M. E. (1996). Extracción y caracterización de los almidones de tres clones de Achira (Canna indica L.) (tesis de grado). Universidad Agraria La Molina.: Lima.
- Craig, S. A, Maningat, C. C., Seib, P. A., & Hosoney, R. C. (1989). El almidón: claridad. Química del cereal., 173-182.
- Debet, R. M. (2006). Tres clases de almidón; hinchazón del gránulo; influencia de proteínas de superficie y lípidos. Los polimeros de hidratos de carbono, 452-465.
- Diaz, B. 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). Andahuaylas, Apurímac, Perú.: Tesis de pregrado, E.P. Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional José María Arguedas.
- Duxbury, D. (1989). Modified starch functionalities-no chemicals or enzymes. . Food Processing, 50, 35–37.

- Espinosa, S. V. (2008). Estudios estructurales de almidón de fuentes no convencionales: mango (*Manguifera indica* L.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional: Yautepec.
- Espinoza, M. R. (2012). relación entre en contenido de fosforo y algunas propiedades térmicas y reológicas en almidón de papa nativa de Chiloé (tesis de grado). Univesidad Austral de Chile.: Chile.
- Federico, K. (1968.). Tratado de química orgánica. Barcelona, España.: Reverté.
- Fernandez, c. (2008). Caracterización reológica y optimización de la textura de purés de patata frescos y congelados. Universidad Complutense de Madrid, España.: Tesis doctoral. Facultad de veterinaria, Departamento de Nutrición, Bromatología y Tecnología de los Alimentos.
- Ferreira, V. L. (1981). Princípios e aplicações da colorimetria em alimentos. Brasil: Intrucoes tecnicas.
- García, P. y. (2013). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, *Manihot esculenta*, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. . @limentech, 11(1), 13 – 21. .
- Garnica H., A. M. (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de los alimentos. .
- Garnica H., A. M. (2010). Características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de los alimentos. .
- Garnica, H. A. (2010). características funcionales de almidones nativos extraídos de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L. subespecie andigena) para la industria de los alimentos. CORPOICA, 41-51.
- Graziano, T. M. (1992). Caracterización de almdiones de (*Xanthosoma sagittifolium* L. y *Schott Araceae*) de sistemas subterráneos durante el desarrollo de la planta. Asociación de fisiología y bioquímica de plantas, instituto de botánica.
- Guino, A. N. (2015). “Síntesis y caracterización de un almidón modificado de papa (*solanum tuberosum*), (var. única) para su aplicación en un helado soft”. lima – Perú: tesis para optar el título de ingeniero en industrias alimentarias.
- Guízar, M. A. (2009). Obtención y caracterización física y química del almidón de “camote de cerro” (*Dioscorea* spp.) (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional: Michoacan.

- Gutiérrez, F. V. (1980). Inventario y valor nutritivo de las principales especies forrajeras de la provincia de Carchi (tesis de grado). Escuela superior politécnica de Chimborazo.: Ecuador.
- Hernández, M. M. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 53-69.
- Hoover, R. (2002). Composición, estructura molecular y las propiedades fisico-químicas de los tuberculos de raíces. *Almidones: carbohidratos y polimeros.*, 253-267.
- Hoover, R. S. (1996). Caracterización de almidones de arroz integral silvestre y de grano largo. *Food Research International*, 99-107.
- Hwang, J., & Kokini, I. (1992). Contribución de las ramas laterales para las propiedades reológicas de las pectinas. *Carbohidratos y Polimeros.*, 41-50.
- Jiménez, F. (2005). Características nutricionales de la arracacha (*Arracacia Xanthorrhiza*) y sus perspectivas en la alimentación. Lima.
- Landires, G. D. (2013). Análisis del contenido amilosa-amilopectina en seis variedades de arroz. *Revista científica.*, 1-7.
- Lawal, O. A. (2005). Características fisico-químicas y las propiedades térmicas de frijol Jack modificado químicamente (*Canavalia ensiformis*). *Almidón*, 331-341.
- Leguía, H. R. (2017). “evaluación de las propiedades funcionales, rendimiento de extracción y el color del almidón de cuatro variedades de papa nativa (*solanun tuberosum ssp. andigenum*) ”. Andahuaylas – Apurímac – Perú: tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial.
- Lindeboom, N. C. (2004). Aspectos analíticos, bioquímicos y fisicoquímicos de tamaño de los gránulos de almidón, con énfasis en los pequeños almidones granulares. *Almidón*, 56, 89-99. .
- Lovedeep, K. N. (2002). Algunas propiedades del almidón de patatas: propiedades morfológicas, reológicas y termales. . *Química de los alimentos*, 183-192.
- M., R. Á. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum subespecie andigenum*) por su potencial para la producción de almidones nativos. Colombia: Tesis de maestría, Universidad de la Salle, Bogotá.
- Manual de Medios de Cultivo. (1998). Instrucciones de Uso y Guía de Interpretación para el recuento de Hongos y Levaduras. Petrifilm 3M. Barcelona.
- Marínn, H. E. (2013). Extracción, caracterización y modificación de almidón de plátano (*Musa sapientum*) variedad Roatán, producto de desecho post-cosecha de la zona de vega de

- Alatorre Veracruz. facultad de ciencias químicas, Universidad Veracruzana: Veracruz.
- Martínez, P. M. (2015). Caracterización funcional de almidones nativos obtenidos de papas (*Solanum phureja*) nativas peruanas. *Scientia Agropecuaria* 6(4):291-301 2015.
- Montoya, J. Q. (2014). Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (*musa paradisiaca abb*). *temas agrarios*, 19(2), 214-233.
- Moorthy, S. (2002). Propiedades físico-químicas y funcionales de los almidones de tubérculos tropicales. *El almidón*, 559-592.
- Moreira, T. (2007). Desarrollo y evaluación de películas biodegradables de polietileno incorporado de almidón de grao de boquilla de grao-de-bico (*Cicer arietinum L.*) (tesis de maestría). Mexico Recuperado de <http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/2958/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>: Universidad Federal de Viosa, Viosa,.
- Muñoz, E. (1969). El cultivo de la arracacha en la sábana tropical. Colombia: P.139-146.
- Nielsen, Z. S. (2007). *Análisis de los Alimentos*. España: Acirbia S.A.
- Norma Técnica Peruana 209.067. (1974). Lima: Determinación de humedad.
- Norma Técnica Peruana 209.069. (1974). Lima: Determinación de pH.
- Obregon, V. R. (2014). Efecto de la modificación química del almidón nativo de papa (*solanum tuberosum*), sobre sus características físicoquímicas y reológicas. *tarma: tesis br.*
- Ortíz, E. H. (1985). Algunas afectaciones producidas por los factores climáticos, efectos de la fertilización nitrogenada. Respuesta a las labores en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) cultivos tropicales.
- Pablo, B. E. (2014). Extracción y Caracterización de Almidón de Arracacha Blanca (*Arracacia xanthorrhiza bancroft*). II Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos – IICTA , pg. 498-49.
- Palomino, M. R. (2018). extraccion,caracterizacion funcional y color del almidon de papa nativa de las variedades:Waka waqra, Alq'a wayruru, Phusi k'achun waqachi y Puka. Andahuaylas – Apurímac – Perú: tesis para optar el título profesional de ingeniero.
- Parovuori. (1995). la oxidación de almidón de patata por el peróxido de hidrógeno. *Valor Nutritivo da mandioquinhasalsa* , 47,19-23.
- Peña, C. E. (2017). Extracción y caracterización físicoquímica y funcional de almidones de cinco variedades de papas nativas procedentes de ilave (puno). lima: tesi br.

- Porras, P., & López, G. Y. (2005). Guía ambiental para el cultivo de papa. Revista Fedepapa, 1-23.
- Quispe, R. Y. (2018). Características químicas y propiedades funcionales del almidón de mashua (*tropaeolum tuberosum*) de las variedades amarilla y negra. Andahuaylas – Apurímac – Perú: tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial.
- Rios, C. K., & Riquez, A. R. (2007). Determinación del recuento microbiano de productos derivados de la maca (*lepidium meyenii w.*) utilizando placas petrifilm y su comparación con el método convencional. lima: tesis br.
- 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). . México: Tesis de maestría, Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Robles Oñate, M. d. (2012). relación entre algunas propiedades fisicoquímicas y térmicas de galatinización y retrogradación en almidón de papa nativa de Chiloé. . Chile: Universidad Austral de Chile.
- Rodriguez, D., Espitia, M., Caicedo , Y., Cordoba, Y., & Mora , C. (2012). Caracterissacion de algunas propiedades fisicoquimicas y farmacotecnicas del almidon de arracacha (*arracacha xanthorrhiza*). Rev. Col. Cienc. Quím. Farm., 140-146.
- Romero, Á. R. (2009). Caracterización de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum subespecie andigenum*) por su potencial para la produccion de almidones nativos. Colombia: Tesis de maestría, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia.
- Rowe, R. C. (2003). Manual farmaceutico. Farmaceutica, London., 725.
- S, B. D. (2006). Química de los alimentos. México.: Pearson.
- Salas, C. S. (2018). Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales del almidón de arracacha (*harracacia xanthorrhiza*) modificado por irradiación uv-c. tolima: tesis mg.
- Sánchez, G. I. (2017). Propiedades fisicoquímicas de almidones catiónicos elaborados por extrusión (tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, México.
- Schirmer, M., Hochstotter, A., Jakle, M., Arendt, E., & Becker, T. (2013). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. Food Hydrocolloids, 52-63.
- Shizue Matsuguma, L., Gustavo Lacerda , L., Schnitzler, E., & Carvalho da Silva Filho , M. (2009). Caracterización de los almidones nativos y oxidados, de dos variedades de

- zanahoria peruana (*Arracada xanthorrhiza* , B.) a partir de dos áreas de producción del estado de Paraná, Brasil. *Cielo*, 52(3).
- Singh, J. K. (2009). Los avances en la química de la patata y tecnología. Academia press, 92-107.
- Singh, N. (2003). Morfología, propiedades térmicas y reológicas de los almidones de diferentes fuentes botánicas. *Química de los alimentos.*, 219-231.
- Soriano Colchado, J. L. (1986). Obtención y caracterización de almidón pre gelatinizado a partir de almidón de yuca (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina.: Lima.
- Soto, I. R. (2012). Evaluación de la calidad del almidón obtenido de tres variedades de papa (*solanum tuberosum*) cultivadas en la provincia de jauja. Tarma: Tesis Br.
- Sulbaran, R. A. (2013). Acetilación del almidón de millo y evaluación de su aplicación como posible auxiliar farmacéutico. Colombia: Tesis Mg.
- Surco, L. F. (2004). Caracterización de almidones aislados de tubérculos andinos: mashua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), olluco (*Ullucus tuberosus*) para su aplicación tecnológica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Lima.
- Swinkels, J. (1985). Composition and properties of commercial and native starches. *Starch* 37, 1-5.
- Tarazona, R. G. (1995). Características físicas, químicas y nutricionales de los almidones de los seis clones de camote (*Ipomea batata* L. law) (tesis de grado). Universidad Nacional Agraria La Molina: Lima.
- Tester y Morrison, W. R. (1990). Hinchazón y la gelatinización de los almidones de cereales y efectos de amilopectina, amilosa y lípidos. *La química de los cereales*, 551-557.
- Tester, F. K. (2004). Starch-composition, fine structure and architecture. *Journal Cereal Science*, 39, 151-165.
- Thoufeek Ahamed, N. S. (1996). Propiedades fisico-químicas y funcionales de almidón de (*Chenopodium quinoa*) . *Carbohidratos y Polímeros*, 99-103.
- Thoufeek, A. N. (1996). Propiedades fisico-químicas y funcionales de almidon de (*Chenopodium quinoa*). *Carbohidratos y Polimeros*, 99-103.
- Tovar, T. (2008). modificado de Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L.) obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autonoma.: tesis de maestría. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería.

- Utrilla, C. R. (2007). Caracterización fisicoquímica, morfológica y bioquímica de los gránulos de almidón de maíz azul. Intituto Politécnico Nacional, Yautepec.
- Vaclavick, V. (1998). Almidones en los alimentos en fundamentos de la ciencia de los alimentos. España: Acribia.
- Vaclavick, V. (1998). Almidones en los alimentos en fundamentos de la ciencia de los alimentos. España: Acribia.
- Vaclavick, V. A. (2002). Fundamentos de la ciencia de los alimentos. España: Editorial Acribia Zaragoza.
- Valcárcel, B. (2010). Caracterización fisicoquímica y funcional de almidón de tuberosas originarias América del Sur: oca (*Oxalis tuberosa* Molina), olluco (*Ulucus tuberosus* Caldas) y mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón) (tesis de maestría). . , Sao Paulo, Brasil. : tesis de maestría. Universidad de Sao Paulo.
- Villagra, A. A. (2010). Almidón retrogradado en el tratamiento dietoterápico de la diabetes mellitus tipo 2 . Universidad ISALUD, Argentina.: tesis de grado.
- Wolfgang, B. W. (1999). Tecnología de la fécula de patata. Almidón.
- Yoshimoto, Y. T. (2000). Molecular structure and some physicochemical properties of high-amylose barley starches. *Cereal Chemistry* 77 (3), 279-285.
- Yuan, Y. Z. (2007). Propiedades fisicoquímicas del almidón obtenido de (*Dioscorea nipponica*) y comparación con otros almidones de tubérculos. *Diario de ingeniería de alimentos*, 436-442.
- Zarate, P. L., Ramírez Suárez, L., Otárola Santamaría, N., Prieto, L., Garnica Holguin, A. M., Cerón Lasso, M. S., & Arguelles, J. H. (2014). extraccion y caracterizacion de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum*, Grupo Phureja). *Revista latinoamericana de papa*, 1-24.

ANEXOS

RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.

Anexo 1: Densidad aparente del almidón (g/ml) de arracacha

Almidón de arracacha	Replicas	Densidad (g/ml)
Amarillo	R1	32.893
	R2	33.521
	R3	32.548
Blanco	R1	42.943
	R2	32.454
	R3	33.600
Morado	R1	33.247
	R2	33.601
	R3	43.988

Anexo 2: Color del almidón de arracacha *L *a *b

Almidón de arracacha	Replicas	*L	*a	*b
Amarillo	R1	56.83	-0.16	3.11
	R2	60.71	-0.17	3.19
	R3	60.71	-0.24	3.39
Blanco	R1	59.57	-0.24	2.49
	R2	65.16	-0.29	2.91
	R3	56.53	-0.17	2.32
Morado	R1	58.86	-0.15	2.13
	R2	60.52	-0.20	2.19
	R3	59.37	-0.24	2.19

Anexo 3: Actividad de agua (aw) del almidón de arracacha

Almidón de arracacha	Replicas	Densidad (g/ml)
Amarillo	R1	0.535
	R2	0.517
	R3	0.518
Blanco	R1	0.552
	R2	0.559
	R3	0.575
Morado	R1	0.507
	R2	0.532
	R3	0.550

Anexo 4: pH y acidez del almidón de arracacha

Almidón de arracacha	Replicas	pH	Acidez
Amarillo	R1	5.83	0.09
	R2	5.89	0.1
	R3	5.81	0.1
Blanco	R1	5.85	0.2
	R2	6.12	0.2
	R3	5.56	0.1
Morado	R1	5.47	0.1
	R2	5.17	0.09
	R3	5.15	0.09

Calculo de la acidez:

Almidón de arracacha	Gasto de NaOH mL	Normalidad del NaOH	Peso equivalente del ácido sulfúrico	Peso de la muestra en g	% acidez
Amarillo	9.18	0.01	0.049	5	0.09
	10.20	0.01	0.049	5	0.1
	10.20	0.01	0.049	5	0.1
Blanco	20.41	0.01	0.049	5	0.2
	20.41	0.01	0.049	5	0.2
	10.20	0.01	0.049	5	0.1
Morado	10.20	0.01	0.049	5	0.1
	9.18	0.01	0.049	5	0.09
	9.18	0.01	0.049	5	0.09

$$\% \text{ de ácido total} = \frac{(N * \text{Meq} * V)}{p} \times 100$$

$$\% \text{ de ácido total} = \frac{(0.01 * 0.049 * 9.18)}{5} \times 100$$

$$\% \text{ de ácido total} = 0.09$$

Se realizó la misma operación para el resto de resultados como se aprecia en el cuadro anterior.

Anexo 5: Porcentaje de amilosa y amilopectina

Almidón de arracacha	Replicas	Amilasa	Amilopectina
Amarillo	R1	29.237	70.763
	R2	29.570	70.430
	R3	29.653	70.347
Blanco	R1	35.237	64.763
	R2	35.403	64.597
	R3	35.820	64.180
Morado	R1	36.653	63.347
	R2	37.487	62.513
	R3	37.070	62.930

Anexo 6: Análisis proximal

Almidón de arracacha	Replicas	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Fibra	Carbohidratos
Amarillo	R1	10.30	0.53	0.06	0.30	0.00	88.83
	R2	10.25	0.55	0.05	0.29	0.00	88.91
	R3	10.20	0.51	0.06	0.30	0.00	88.87
Blanco	R1	11.14	0.35	0.08	0.26	0.00	88.11
	R2	11.18	0.41	0.05	0.31	0.00	88.17
	R3	11.16	0.38	0.07	0.29	0.00	88.05
Morado	R1	10.32	0.69	0.04	0.36	0.00	88.59
	R2	10.40	0.72	0.03	0.28	0.00	88.54
	R3	10.36	0.75	0.04	0.32	0.00	88.57

RESULTADOS DE LAS TECNOFUNCIONALES DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.

Anexo 7: Temperatura de gelatinización

Almidón de arracacha	Replicas	Densidad (g/ml)
Amarillo	R1	55.9
	R2	55.7
	R3	55.9
Blanco	R1	52.9
	R2	53.1
	R3	52.9
Morado	R1	53.7
	R2	53.6
	R3	53.8

Anexo 8: Claridad de pasta

Almidón de arracacha	Replicas	Claridad de pasta
Amarillo	R1	0.660
	R2	0.696
	R3	0.638
Blanco	R1	0.670
	R2	0.586
	R3	0.619
Morado	R1	0.701
	R2	0.639
	R3	0.732

Anexo 9: Índice de absorción de agua (IAA)

Almidón de arracacha	Replicas	Claridad de pasta
Amarillo	R1	6.777
	R2	5.700
	R3	10.281
Blanco	R1	7.189
	R2	5.834
	R3	6.511
Morado	R1	7.975
	R2	7.972
	R3	7.972

Anexo 10: Índice de solubilidad en agua (ISA)

Almidón de arracacha	Replicas	ISA
Amarillo	R1	0.0215
	R2	0.0210
	R3	0.0236
Blanco	R1	0.0741
	R2	0.0937
	R3	0.0860
Morado	R1	0.0131
	R2	0.0115
	R3	0.0142

Anexo 11: Poder de hinchamiento (g de agua/ g de almidón)

Almidón de arracacha	Replicas	(g de agua/ g de almidón)
Amarillo	R1	7.270
	R2	7.663
	R3	5.061
Blanco	R1	7.135
	R2	7.598
	R3	7.077
Morado	R1	6.414
	R2	6.424
	R3	6.415

Anexo 12: viscosidad cP

Almidón de arracacha	Replicas	cP
Amarillo	R1	3157.7
	R2	3450
	R3	3110
Blanco	R1	3291.7
	R2	3150.2
	R3	3310.4
Morado	R1	5104.2
	R2	5496.3
	R3	5382.4

Anexo 13: Porcentaje de sinéresis de almidón

Almidón de arracacha	Replicas	% Sinéresis
Amarillo	R1	0.126
	R2	0.024
	R3	0.092
Blanco	R1	0.026
	R2	0.037
	R3	0.025
Morado	R1	0.012
	R2	0.012
	R3	0.011

RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.**Anexo 14: coliformes totales UFC/g**

Almidón de arracacha	Replicas	Coliformes totales UFC/g
Amarillo	R1	250
	R2	230
	R3	230
Blanco	R1	60
	R2	60
	R3	60
Morado	R1	240
	R2	270
	R3	170

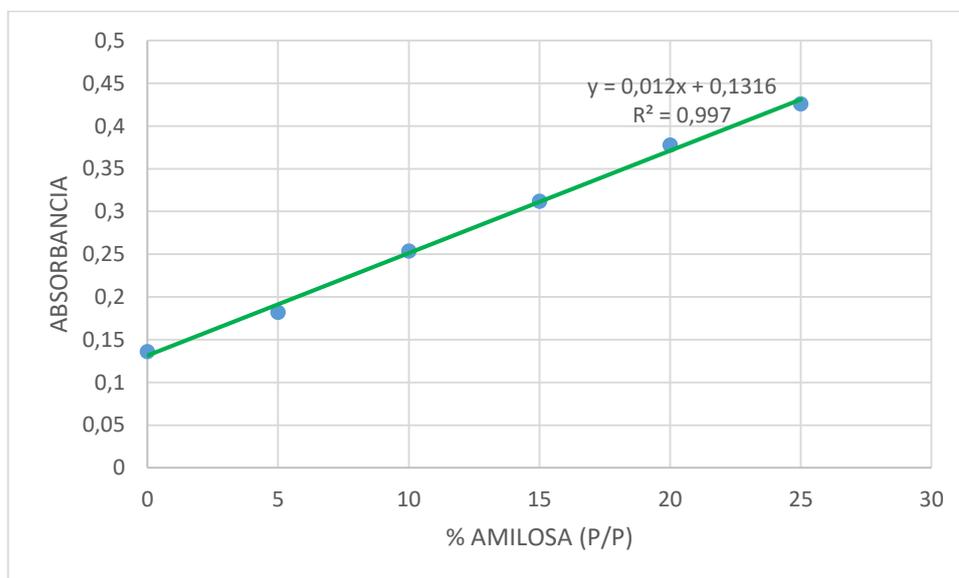
Anexo 15: coliformes termotolerantes (e coli) UFC/g

Almidón de arracacha	Replicas	E coli UFC/g
Amarillo	R1	10
	R2	10
	R3	0
Blanco	R1	0
	R2	0
	R3	0
Morado	R1	10
	R2	10
	R3	20

Anexo 16: curva estándar para amilosa

Valores de absorbancias de las mezclas de amilosa

% Amilosa	R1	R2	R3	Promedio
0	0.134	0.136	0.138	0.136
5	0.184	0.18	0.182	0.182
10	0.252	0.252	0.258	0.254
15	0.31	0.316	0.31	0.312
20	0.376	0.376	0.382	0.378
25	0.426	0.422	0.43	0.426



Fuente: (Peña, 2017) Cálculo de los resultados Se utiliza la ecuación obtenida de la curva estándar de la siguiente figura, donde Y = absorbancia y X = % de amilosa.

$$x = \frac{y - 0.13116}{0.012}$$

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.**Anexo 17: ANOVA Y TUKEY PARA LA DENSIDAD (G/ML)****ANOVA** para Densidad aparente (g/ml) por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00242822	2	0.00121411	1.00	0.4228
Intra grupos	0.00730667	6	0.00121778		
Total (Corr.)	0.00973489	8			

Anexo 18: ANOVA para L* a* b***ANOVA** para *L por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.73447	2	0.867233	0.10	0.9024
Intra grupos	49.8045	6	8.30076		
Total (Corr.)	51.539	8			

ANOVA para *a del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00326667	2	0.00163333	0.65	0.5564
Intra grupos	0.0151333	6	0.00252222		
Total (Corr.)	0.0184	8			

ANOVA para *b del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.71749	2	0.858744	22.55	0.0016
Intra grupos	0.228467	6	0.0380778		
Total (Corr.)	1.94596	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	2.17	c
Blanco	3	2.57333	b
Amarillo	3	3.23	a

Anexo 19: ANOVA Y TUKEY PARA LA HUMEDAD EN %

ANOVA % de humedad del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.4802	2	0.7401	493.40	0.0000
Intra grupos	0.009	6	0.0015		
Total (Corr.)	1.4892	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Amarillo	3	10.25	a
Morado	3	10.36	c
Blanco	3	11.16	b

Anexo 20: ANOVA Y TUKEY PARA LA ACTIVIDAD DE AGUA (aw)

ANOVA para actividad de agua (aw) por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00258067	2	0.00129033	5.47	0.0444
Intra grupos	0.00141533	6	0.000235889		
Total (Corr.)	0.003996	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Amarillo	3	0.523333	a
Morado	3	0.529667	a
Blanco	3	0.562	b

Anexo 21: ANOVA Y TUKEY PARA EL pH Y ACIDEZ (G/ML)

ANOVA para pH por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.6728	2	0.3364	8.99	0.0157
Intra grupos	0.2246	6	0.0374333		
Total (Corr.)	0.8974	8			

ANOVA para el % de Acidez del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0102889	2	0.00514444	4.54	0.0630
Intra grupos	0.0068	6	0.00113333		
Total (Corr.)	0.0170889	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD (pH)

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	5.26333	b
Blanco	3	5.84333	a
Amarillo	3	5.84333	a

Anexo 22: ANOVA Y LSD PARA EL PORCENTAJE DE AMILOSA Y AMILOPECTINA.

ANOVA para Amilosa (%) por Almidon de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	96.0139	2	48.0069	460.74	0.0000
Intra grupos	0.625167	6	0.104195		
Total (Corr.)	96.6391	8			

ANOVA para Amilopectina (%) por Almidon de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	96.0139	2	48.0069	460.74	0.0000
Intra grupos	0.625167	6	0.104195		
Total (Corr.)	96.6391	8			

Pruebas de Múltiple Rangos (LSD), para la Amilosa (%) del Almidón de Arracacha

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Amarillo	3	29.4867	a
Blanco	3	35.4867	b
Morado	3	37.07	c

Pruebas de Múltiple Rangos (LSD), para Amilopectina (%) del Almidón de Arracacha

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	62.93	c
Blanco	3	64.5133	b
Amarillo	3	70.5133	a

Anexo 23: ANOVA Y TUKEY PARA LA PROTEÍNA**ANOVA** proteína del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.1742	2	0.0871	118.77	0.0000
Intra grupos	0.0044	6	0.000733333		
Total (Corr.)	0.1786	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	0.38	b
Amarillo	3	0.53	a
Morado	3	0.72	c

Anexo 24: ANOVA Y TUKEY PARA ÉL % DE GRASA**ANOVA** % grasa del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.0014	2	0.0007	7.64	0.0224
Intra grupos	0.00055	6	0.0000916667		
Total (Corr.)	0.00195	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	0.035	a
Amarillo	3	0.055	a, b
Blanco	3	0.065	b

Anexo 25: ANOVA Y TUKEY PARA ÉL % DE CENIZA**ANOVA % grasa del Almidón de Arracacha**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00175556	2	0.000877778	1.16	0.3746
Intra grupos	0.00453333	6	0.000755556		
Total (Corr.)	0.00628889	8			

Anexo 26: ANOVA Y TUKEY PARA ÉL % DE CARBOHIDRATOS**ANOVA % carbohidratos del Almidón de Arracacha**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.87765	2	0.438825	226.00	0.0000
Intra grupos	0.01165	6	0.00194167		
Total (Corr.)	0.8893	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	88.11	b
Morado	3	88.565	c
Amarillo	3	88.87	a

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.**Anexo 27: ANOVA Y TUKEY PARA LA TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN °C****ANOVA para la Temperatura de gelatinización °C por Almidón de Arracacha**

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13.3067	2	6.65333	544.36	0.0000
Intra grupos	0.0733333	6	0.0122222		
Total (Corr.)	13.38	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	52.9667	b
Morado	3	53.7	c
Amarillo	3	55.8333	a

Anexo 28: ANOVA Y LSD PARA LA CLARIDAD DE LA PASTA

ANOVA para él % Transmitancia por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	65.6156	2	32.8078	2.01	0.2144
Intra grupos	97.8133	6	16.3022		
Total (Corr.)	163.429	8			

Anexo 29: ANOVA Y LSD PARA EL índice de absorción de agua (IAA)

ANOVA para él % Transmitancia por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3.43885	2	1.71943	0.83	0.4797
Intra grupos	12.3939	6	2.06566		
Total (Corr.)	15.8328	8			

Anexo 30: ANOVA Y LSD PARA EL índice de solubilidad en agua (ISA)

ANOVA para él ISA por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	91.2533	2	45.6266	135.09	0.0000
Intra grupos	2.02649	6	0.337749		
Total (Corr.)	93.2797	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Nivel	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Morado	3	1.2957	a
Amarillo	3	2.2044	a
Blanco	3	8.4588	b

Anexo 31: ANOVA Y TUKEY PARA ÉL PODER DE HINCHAMINETO (%)

ANOVA para Poder de Hinchamiento (%) por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.15354	2	0.57677	0.84	0.4751
Intra grupos	4.09641	6	0.682734		
Total (Corr.)	5.24995	8			

Anexo 32: ANOVA Y TUKEY PARA LA VISCOSIDAD (cP)

ANOVA viscosidad cP del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8.67492E6	2	4.33746E6	158.22	0.0000
Intra grupos	164487.	6	27414.5		
Total (Corr.)	8.83941E6	8			

Método: 95.0 porcentaje LSD HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Amarillo	3	3239.23	a
Blanco	3	3250.77	a
Morado	3	5327.63	b

Anexo 33: ANOVA Y TUKEY PARA ÉL % DE SINÉRESIS**ANOVA** para Sinéresis (%) por Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.00762222	2	0.00381111	3.65	0.0919
Intra grupos	0.00626667	6	0.00104444		
Total (Corr.)	0.0138889	8			

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA.**Anexo 34: ANOVA Y TUKEY PARA LOS COLIFORMES TOTALES****ANOVA** coliformes totales del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	59088.9	2	29544.4	32.04	0.0006
Intra grupos	5533.33	6	922.222		
Total (Corr.)	64622.2	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
Blanco	3	60.0	b
Morado	3	226.667	a
Amarillo	3	236.667	a

Anexo 35: ANOVA Y TUKEY PARA ECOLI**ANOVA** ecoli del Almidón de Arracacha

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.73447	2	133.333	6.00	0.0370
Intra grupos	49.8045	6	22.2222		
Total (Corr.)	51.539	8			

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

Variedades	Casos	Media	Grupos Homogéneos
blanco	3	0	a
amarillo	3	6.66667	a, b
morado	3	13.3333	b

Anexo 36: INFORME DE LABORATORIO DEL ANÁLISIS PROXIMAL A LOS ALMIDONES DE ARRACACHA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
 Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú

UNIDAD DE PRESTACION DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS
 N90721-19-LAQ

SOLICITANTE: DANNYA ARONE PALOMINO
 INSTITUCION: UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS
 PROVINCIA : ANDAHUAYLAS
 REGION : APURIMAC
 MUESTRA : 1.- ALMIDON DE ARRACACHA BLANCO
 2.- ALMIDON DE ARRACACHA AMARILLO
 3.- ALMIDON DE ARRACACHA MORADO
 FECHA : C/11/11/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

	1	2	3
Humedad %	11.16	10.25	10.36
Proteína %	0.38	0.53	0.72
Grasa %	0.06	0.05	0.03
Ceniza %	0.28	0.27	0.32
Fibra %	0	0	0
Carbohidratos %	88.11	88.87	88.56

* ANALISIS MODERNO DE ALIMENTOS, F.L.HART/I.J.FISHER
 MANUAL DE ANALISIS DE ALIMENTOS, R. Lees
 Cusco, 22 de Noviembre 2019



Responsable del Laboratorio de Analisis Químico

Anexo 37: TABLA PARA LA ELECCIÓN DE HUSILLOS R

Tabla 11. Selección husillos estándar PREMIUM R

Valores Máximos orientativos en cP (mPa·s)

RPM / SP	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
0,01	1M	4M	10M	20M	40M	100M	400M
0,3	33,3K	133,3K	333,3K	666,6K	1,3M	3,33M	13,3M
0,5	20K	80K	200K	400K	800K	2M	8M
0,6	16,6K	66,6K	166,6K	333,3K	666,6K	1,6M	6,6M
1	10K	40K	100K	200K	400K	1M	4M
1,5	6,6K	26,6K	66,6K	133,3K	266,6K	666,6K	2,6M
2	5K	20K	50K	100K	200K	500K	2M
2,5	4K	16K	40K	80K	160K	400K	1,6M
3	3,3K	13,3K	33,3K	66,6K	133,3K	333,3K	1,3M
4	2,5K	10K	25K	50K	100K	250K	1M
5	2K	8K	20K	40K	80K	200K	800K
6	1,6K	6,6K	16,6K	33,3K	66,6K	166,6K	666,6K
10	1K	4K	10K	20K	40K	100K	400K
12	833	3,3K	8,3K	16,6K	33,3K	83,3K	333,3K
20	500	2K	5K	10K	20K	50K	200K
30	333	1,3K	3,3K	6,6K	13,3K	33,3K	133,3K
50	200	800	2K	4K	8K	20K	80K
60	166	660	1,6K	3,3K	6,6K	16,6K	66,6K
100	100	400	1K	2K	4K	10K	40K
200	50	200	500	1K	2K	5K	20K
250	40	160	400	800	1,6K	4K	16K

ATENCIÓN:

K Indica miles.
M Indica millones

Ejemplo: 7,8K = 7.800
Ejemplo: 1,56M = 1.560.000

NOTA:

No es recomendable trabajar con valores de viscosidad inferiores al 15% del fondo de escala seleccionada.

Anexo 38: MATRIZ DE CONSISTENCIA: CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICAS Y PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL ALMIDÓN DE ARRACACHA (ARRACACIA XANTHORRHIZA) DE LAS VARIEDAD BLANCA, AMARILLA Y MORADA.

	Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos de medición
G:	¿Cuáles son los valores de las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado?	Determinar las propiedades fisicoquímicas, tecnológicas y microbiológicas del almidón de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarilla y morada.	Las propiedades fisicoquímicas, tecnofuncionales y microbiológicas del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado presentan diferencias significativas.	Variedades de arracacha	Variedad	Visual y observación	
E 1	¿Cuáles son los valores de las propiedades fisicoquímicas, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado?	Determinar las propiedades fisicoquímicas de del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarilla y morada	Las propiedades fisicoquímicas, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado presentan diferencias significativas.	Características fisicoquímicas	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad (g/mL) • Humedad (%) • pH • Acidez (%) • Amilosa (%) • Amilopectina (%) • Color (*L*a*b) • Análisis proximal • Actividad de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • gravimétrico • Secado • Potenciómetro • Volumetría • Espectrofotometría • Espectrofotometría • colorimetría • Proteínas. (Método N°920.87 de la AOAC –Kjeldahl-) • Cenizas (Método N°923.03 de la AOAC). • Fibra. (método N° 969.09 de la AOAC) • Carbohidratos. Se determinó mediante la diferencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Estufa • Potenciómetro • Titulador volumétrico • Espectrofotómetro • Espectrofotómetro • Colorímetro Minolta • Calculo

						<ul style="list-style-type: none"> • Lípidos (Método N°920.39 AOAC –Soxhlet-) 	
E 2	¿Cuáles son los valores de las propiedades tecnofuncionales, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado?	Determinar las propiedades tecnofuncionales de del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarilla y morada	Las propiedades tecnofuncionales, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado presentan diferencias significativas.	Propiedades tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de gelificación (°C) • Claridad de la pasta % T • Sinéresis (g de agua) • Poder de hinchamiento (mm). • Viscosidad 	<ul style="list-style-type: none"> • (Smith, 1967) • Espectrofotometría • Volumetría • Volumetría • AOAC (1984) 	<ul style="list-style-type: none"> • Termocupula • Espectrofotómetro • Balanza • Probeta
E 2	¿Cuáles son los valores de las propiedades microbiológicas, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado?	Determinar las propiedades microbiológicas de del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarilla y morada	Las propiedades microbiológicas, del almidón de arracacha (Arracaciam xanthorrhiza) de las variedades blanca, amarillo y morado presentan diferencias significativas.	Propiedades microbiológicas	Conteo en placas UFC	Recuento en placas petrifilm AOAC método oficial 991.14	Contador de colonias

Anexo 39: PANEL FOTOGRÁFICO - FOTOS DE LA REALIZACIÓN DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Modo de obtención de los almidones de arracacha



Imagen 1: triturado del almidón de arracacha



Imagen 2: Tamizado de los almidones de arracacha

Determinación de la amilosa y amilopectina

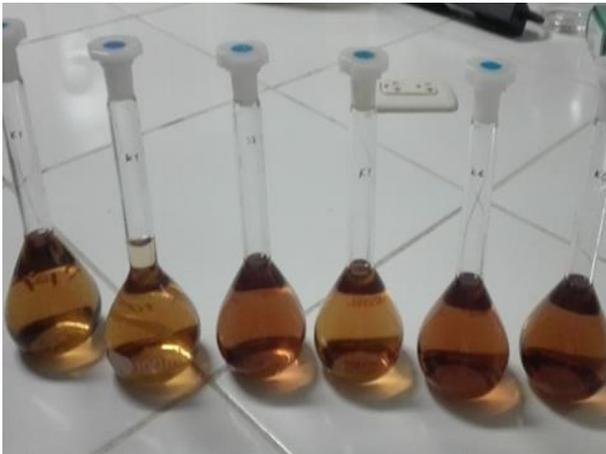


Imagen 3: Preparación de la solución con yodo



Imagen 4: Lectura la muestra en el espectrofotómetro

Determinación de la acidez y el pH



Imagen 5: Adición del indicador fenolftaleína



Imagen 6: Cambio de color por unos segundos indicado la presencia de ácido

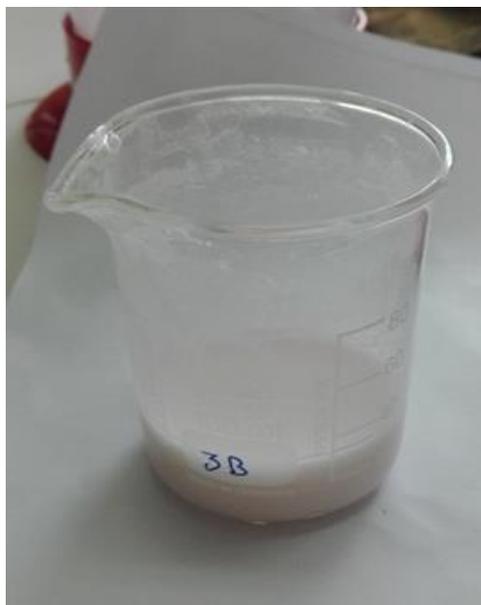


Imagen 7 : Solución del almidón



Imagen 8: Lectura del pH

Determinación del color



Imagen 9: Acondicionamiento del almidón para tomar la lectura en el colorímetro



Imagen 10: Lectura del almidón en el colorímetro

Determinación de actividad de agua



Imagen 11: Lectura de la actividad de agua del almidón



Imagen 12: Lectura del almidón en el AQUA LAB

Determinación de la temperatura de gelatinización



Imagen 13 : Solución de almidón sumergido en al baño isotérmico



Imagen 14: Solución de almidón gelatinizado

Determinación de IAA



Imagen 15: Centrifugación de las muestras

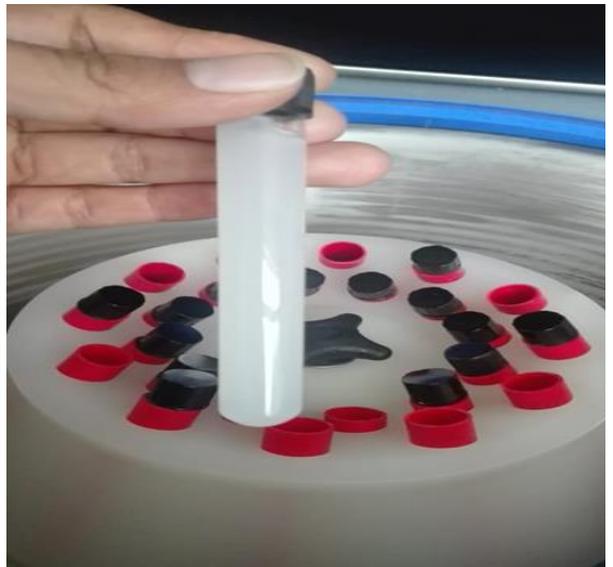


Imagen 16: Muestra centrifugada

Determinación de ISA



Imagen 17: Determinando el volumen del sobrenadante



Imagen 18 : Midiendo los sobrenadante



Imagen 19: Muestras gelificadas para determinar el porcentaje de sinéresis

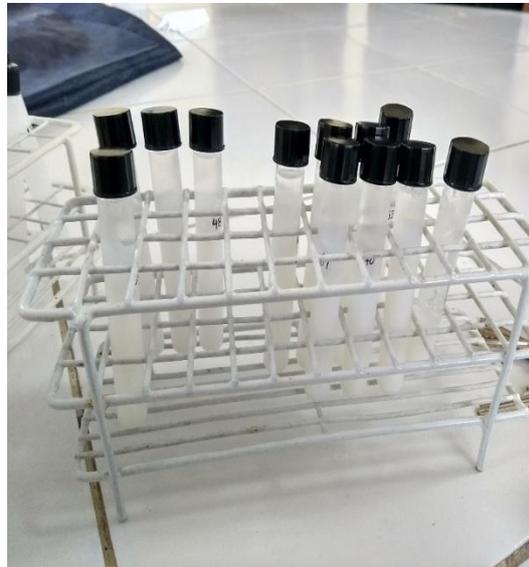


Imagen 20: Determinando en índice de absorción de agua

Determinación de la viscosidad



Imagen 21: Preparación de muestra para dar lectura en el viscosímetro



Imagen 22: Determinando la viscosidad de los almidones

Propiedades microbiológicas



Imagen 23: Realizando la siembra para la determinación de coliformes



Imagen 24 : Esparciendo la muestra en la placa petrifilm

Propiedades microbiológicas



Imagen 25: Placas petrifilm después de la siembra



Imagen 26: Acomodando las muestras en la incubadora



Imagen 27: Realizando el conteo de las colonias



Imagen 28: Colonias presentes en las placas petrifilm después de la incubación