

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
METALURGIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE
DOS VARIEDADES DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) DE LA
REGIÓN DE AYACUCHO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

ELSA HUAMANÍ ROCA

AYACUCHO - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A DIOS por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía en todas las etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Mis grandes agradecimientos a Dios por la vida, las fuerzas, las ganas y sus infinitas bendiciones para no desfallecer en el trayecto de todos estos años para continuar con el cumplimiento de lograr mis sueños.

A mis padres Emiliano y Corina, por su esfuerzo y dedicación en guiarme y orientarme en mi formación profesional quienes me han brindado su apoyo económico y moral incondicional inculcando buenos valores y principios que cada día pongo en práctica, los cuales me han servido para formarme mucho más como persona.

A mis hermanos por su apoyo moral y sus conocimientos quienes han aportado en el desarrollo de algunas tareas de mi vida académica y profesional.

A mi amado esposo y adorados hijos Farid, Kent y Beyker por su constante apoyo moral para poder desarrollar este trabajo, quienes me impulsan a seguir escalando cada peldaño de la vida.

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga tiempos inolvidables en sus aulas, ambientes de laboratorio, biblioteca, comedor y más. A la escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a toda su plana docente y administrativa, por darme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente enseñándome lo necesario para ser competitivo en el ámbito laboral. A mi asesor de tesis, Ing. Antonio Jesús Matos Alejandro, por su tiempo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia, y paciencia ayudó a desarrollar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMAS	3
OBJETIVOS	4
HIPÓTESIS	4
VARIABLES E INDICADORES	5
JUSTIFICACIÓN	6
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1. La pituca (<i>Colocasia esculenta</i>)	8
2.1.1 Origen	9
2.1.2 Descripción morfológica	11
2.1.3 Clasificación taxonómica	12
2.1.4 Nominaciones	12
2.1.5 Formas hortícolas	13
2.1.6 Variedades de pituca	13
2.1.7 Requerimientos del cultivo	13
2.1.8 Plagas y enfermedades de la pituca	15
2.1.8.1 Plagas	15
2.1.8.2 Enfermedades	16
2.1.9 Composición química de la pituca	16
2.1.10 Valor nutricional	17
2.1.11 Usos de la pituca	19

2.1.12 Beneficios de la pituca en la alimentación	20
2.1.13 Producción y distribución de la pituca	21
2.2 Almidón	21
2.2.1 Definición	21
2.2.2 Composición del almidón	24
2.2.3 Propiedades físicas y químicas del almidón	27
2.2.4 Productos derivados del almidón	28
2.2.5 Gelatinización del almidón	31
2.2.6 Retrogradación del almidón	33
2.2.7 Gránulos del almidón	34
2.3 Almidón de pituca	35
2.3.1 Características del almidón de pituca	35
2.3.2 Usos del almidón de pituca	36
2.4 Modificaciones del almidón	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1 Lugar de ejecución	38
3.2 Materiales, equipos y reactivos	38
3.2.1 Materia prima	38
3.2.2 Materiales	38
3.2.3 Equipos	40
3.2.4 Reactivos	43
3.3. Metodología de análisis	44
3.3.1 Extracción del almidón de pituca	44
3.3.2 Caracterización fisicoquímica del almidón de pituca	47

1.	Humedad	47
2.	Cenizas	47
3.	Proteínas	47
4.	Lípidos	47
5.	Fibra cruda	47
6.	Carbohidratos totales	47
7.	Acidez titulable	47
8.	Determinación del pH	47
9.	Densidad aparente g/ml	48
3.3.3	Caracterización funcional del almidón de pituca	48
1.	Determinación de la viscosidad (cps)	48
2.	Temperatura de gelatinización (°C)	48
3.	Claridad de la pasta	48
4.	Índice de absorción de agua (IAA)	48
5.	Índice de solubilidad en agua (ISA)	48
6.	Poder de hinchamiento (PH)	48
7.	Porcentaje de sinéresis	48
8.	Contenido de amilosa y amilopectina	48
9.	Forma de los gránulos	48
3.4	Análisis de métodos estadísticos	48
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1.	Extracción del almidón	50
4.2.	Caracterización fisicoquímica del almidón de pituca	50
4.2.1	Rendimiento	51

4.2.2 Características físicas y organolépticas	53
4.2.3 Humedad (b.h.)	53
4.2.4 Cenizas	56
4.2.5 Proteínas	58
4.2.6 Fibra cruda	60
4.2.7 Grasa	63
4.2.8 Carbohidratos totales	65
4.2.9 Acidez titulable	66
4.2.10 pH	68
4.2.11 Densidad aparente (g/mL)	70
4.3 Caracterización funcional del almidón de pituca	72
4.3.1 Viscosidad aparente (cps)	72
4.3.2 Temperatura de gelatinización (°C)	74
4.3.3 Claridad de la pasta	79
4.3.4 IAA, ISA y PH	81
4.3.5 Relación de amilosa y amilopectina	87
4.3.6 Sinéresis	92
4.3.7 Forma de los gránulos del almidón de pituca	92

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 : Composición química de los cormos de <i>Colocasia esculenta</i>	17
Tabla 2 : Composición de los hidratos de carbono de <i>Colocasia esculenta</i>	17
Tabla 3 : Comparación del valor nutricional de la pituca y otros	18
Tabla 4 : Composición química de la pituca, para 100g de producto en base húmeda	19
Tabla 5 : Propiedades generales de algunos gránulos de almidón y de sus pastas	27
Tabla 6 : Composición del almidón de papa	28
Tabla 7 : Requisitos fisicoquímicos del almidón de yuca	28
Tabla 8 : Composición proximal, contenido de fósforo, amilosa y pureza de los almidones de <i>Colocasia esculenta</i>	36
Tabla 9 : Componentes de almidón de pituca y otros tubérculos	36
Tabla 10 : Media y desviación estándar del rendimiento de almidón de pituca	51
Tabla 11 : Análisis de varianza del rendimiento del almidón de pituca	51
Tabla 12 : Características físicas y organolépticas del almidón de pituca	53
Tabla 13 : Media y desviación estándar del porcentaje de humedad del almidón de pituca	54
Tabla 14 : Análisis de varianza del % de humedad del almidón de pituca	54
Tabla 15 : Media y desviación estándar del porcentaje de cenizas del almidón de pituca	56
Tabla 16 : Análisis de varianza del % de cenizas del almidón de pituca	56

Tabla 17	: Media y desviación estándar del porcentaje de proteínas del almidón de pituca	58
Tabla 18	: Análisis de varianza del % de proteínas del almidón de pituca	59
Tabla 19	: Media y desviación estándar del porcentaje de fibra del almidón de pituca	61
Tabla 20	: Análisis de varianza del % de fibra del almidón de pituca	61
Tabla 21	: Media y desviación estándar del porcentaje de grasa del almidón de pituca	63
Tabla 22	: Análisis de varianza del % de grasa del almidón de pituca	63
Tabla 23	: Carbohidratos totales del almidón de pituca	65
Tabla 24	: Media y desviación estándar del porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca	66
Tabla 25	: Análisis de varianza del % de acidez titulable del almidón de pituca	67
Tabla 26	: Media y desviación estándar del pH del almidón de pituca	68
Tabla 27	: Análisis de varianza del pH del almidón de pituca	69
Tabla 28	: Media y desviación estándar de la densidad del almidón de pituca	71
Tabla 29	: Análisis de varianza de la densidad del almidón de pituca	71
Tabla 30	: Viscosidad aparente (cP) del almidón de pituca	73
Tabla 31	: Media y desviación estándar de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca	74
Tabla 32	: Análisis de varianza de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca	75
Tabla 33	: Temperatura de gelatinización final del almidón de pituca	76

Tabla 34	: Análisis de varianza de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca	77
Tabla 35	: Temperatura de gelatinización del almidón de pituca	78
Tabla 36	: Media y desviación estándar del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca	79
Tabla 37	: Análisis de varianza del % de transmitancia del almidón de pituca	80
Tabla 38	: Media y desviación estándar del índice de absorción de agua del almidón de pituca	81
Tabla 39	: Análisis de varianza del IAA del almidón de pituca	82
Tabla 40	: Media y desviación estándar del índice de solubilidad de agua del almidón de pituca	83
Tabla 41	: Análisis de varianza del ISA del almidón de pituca	84
Tabla 42	: Media y desviación estándar del poder de hinchamiento del almidón de pituca	86
Tabla 43	: Análisis de varianza del poder de hinchamiento del almidón de pituca	86
Tabla 44	: Media y desviación estándar del porcentaje de amilosa del almidón de pituca	88
Tabla 45	: Análisis de varianza del % de amilosa del almidón de pituca	88
Tabla 46	: Porcentaje de amilopectina del almidón de pituca	91
Tabla 47	: Resumen de las características fisicoquímicas del almidón de pituca	95

Tabla 48	: Resumen de las características funcionales del almidón de pituca	96
Tabla 49	: Datos y resultados del rendimiento del almidón de pituca	120
Tabla 50	: Datos de la humedad(bh) del almidón de pituca	121
Tabla 51	: Resultados porcentaje de humedad(bh) del almidón de pituca	121
Tabla 52	: Datos determinación de cenizas del almidón de pituca	122
Tabla 53	: Resultados porcentaje de cenizas del almidón de pituca	122
Tabla 54	: Datos y resultados porcentaje de proteínas del almidón de pituca	123
Tabla 55	: Datos y resultados porcentaje de fibra del almidón de pituca	124
Tabla 56	: Datos y resultados porcentaje de grasa del almidón de pituca	124
Tabla 57	: Datos y resultados porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca	125
Tabla 58	: Datos del pH del almidón de pituca	126
Tabla 59	: Datos y resultados de la densidad del almidón de pituca	126
Tabla 60	: Datos de la viscosidad del almidón de pituca	127
Tabla 61	: Datos de la temperatura de gelatinización inicial y final del almidón de pituca	128
Tabla 62	: Datos porcentaje de transmitancia del almidón de pituca	129
Tabla 63	: Resultados del IAA, ISA y PH del almidón de pituca	129
Tabla 64	: Datos de volumen exudado del almidón de pituca	130
Tabla 65	: Datos para determinar la curva estándar de amilosa	130
Tabla 66	: Datos y resultados porcentaje de amilosa del almidón de pituca	131
Tabla 67	: Datos del porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de pituca	132

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 : Planta de pituca (<i>Colocasia esculenta</i>) en campo	10
Figura 2 : Cormos de pituca	11
Figura 3 : Representación de la amilosa (diagrama de Haworth)	25
Figura 4 : Representación de la amilopectina (diagrama de Haworth)	26
Figura 5 : Diagrama de flujo de extracción del almidón de pituca	46
Figura 6 : Media del porcentaje de rendimiento del almidón de pituca	52
Figura 7 : Media del porcentaje de humedad del almidón de pituca	55
Figura 8 : Media del porcentaje de cenizas del almidón de pituca	57
Figura 9 : Media del porcentaje de proteínas del almidón de pituca	59
Figura 10 : Media del porcentaje de fibra del almidón de pituca	62
Figura 11 : Media del porcentaje de grasa del almidón de pituca	64
Figura 12 : Porcentaje de carbohidratos totales del almidón de pituca	65
Figura 13 : Media del porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca	67
Figura 14 : Media del pH del almidón de pituca	69
Figura 15 : Media de la densidad del almidón de pituca	72
Figura 16 : Influencia de la temperatura en la viscosidad del almidón de pituca	73
Figura 17 : Media de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca	75
Figura 18 : Media de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca	78
Figura 19 : Media del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca	80

Figura 20	: Media del índice de absorbanza de agua (IAA) del almidón de pituca	82
Figura 21	: Media del índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de pituca	84
Figura 22	: Media del poder de hinchamiento (PH) del almidón de pituca	87
Figura 23	: Media del porcentaje de amilosa del almidón de pituca	89
Figura 24	: Porcentaje de amilopectina del almidón de pituca	91
Figura 25a	: Microfotografía del gránulo del almidón de pituca blanca objetivo 100X aumento 1000	93
Figura 25b	: Microfotografía del gránulo del almidón de pituca morada objetivo 100X aumento 1000	94
Figura 26	: Recta patrón para la determinación del % de amilosa del almidón de pituca	131
Figura 27	: Pituca variedad blanca	133
Figura 28	: Pituca variedad morada	133
Figura 29	: Pelado de la pituca	133
Figura 30	: Lavado I de la pituca	133
Figura 31	: Cortado en cubitos de la pituca blanca y morada	134
Figura 32	: Triturado	134
Figura 33	: Filtrado I	134
Figura 34	: Filtrado II	134
Figura 35	: Decantación	134
Figura 36	: Centrifugado de la lechada de pituca	135
Figura 37	: Secado del almidón húmedo en la estufa	135

Figura 38	: Almidón seco de pituca	135
Figura 39	: Determinación de la humedad del almidón de pituca	136
Figura 40	: Determinación de las cenizas del almidón de pituca	136
Figura 41	: Digestión de proteínas del almidón de pituca	136
Figura 42	: Destilación y titulación de proteínas del almidón de pituca	137
Figura 43	: Determinación del lípidos del almidón de pituca	137
Figura 44	: Determinación del fibra del almidón de pituca	138
Figura 45	: Determinación de acidez titulable y pH del almidón de pituca	138
Figura 46	: Determinación de la densidad del almidón de pituca	139
Figura 47	: Determinación de la viscosidad (cP) del almidón de pituca	139
Figura 48	: Determinación de la temperatura inicial y final del almidón de pituca	139
Figura 49	: Determinación del % de sinéresis del almidón de pituca	140
Figura 50	: Determinación del IAA, ISA y PH del almidón de pituca	140
Figura 51	: Determinación de la absorbancia del almidón de pituca	140
Figura 52	: Determinación de la forma de los gránulos del almidón de pituca	141
Figura 53	: Microfotografía de los gránulos del almidón de pituca blanca 40X de objetivo con 1% p/v	141
Figura 54	: Microfotografía de los gránulos del almidón de pituca blanca 40X de objetivo con 0.5% p/v	142
Figura 55	: Microfotografía de los gránulos del almidón de pituca blanca 100X de objetivo con 0.5% p/v	142

- Figura 56 : Microfotografía de los gránulos del almidón de pituca morada 143
a 40X de objetivo con 1% p/v
- Figura 57 : Microfotografía de los gránulos del almidón de pituca morada 143
a 100X de objetivo con 1% p/v

RESUMEN

Esta investigación se realizó en la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, durante los meses agosto - octubre del 2017 y febrero – mayo del 2018. El objetivo general es de extraer y caracterizar el almidón de dos variedades de pituca a fin de obtener informaciones básicas y necesarias para su uso en la industria alimentaria y promover la sustitución a los diferentes almidones convencionales existentes en el mercado nacional e internacional. Las materias primas utilizadas fueron los cormos y cormelos de pituca de las variedades blanca y morada, procedentes del distrito de Ayna del Valle Río Apurímac y Ene.

La extracción del almidón se realizó por el método húmedo descrito por Morales (2012) con algunas modificaciones y adaptaciones. Luego de obtener el almidón nativo de las dos variedades de pituca se realizaron las caracterizaciones fisicoquímicas y funcionales. Dentro de las caracterizaciones fisicoquímicas se determinaron los rendimientos, las características físicas y organolépticas, el análisis proximal de humedad, cenizas, proteínas, grasas, fibra cruda y carbohidratos totales por los métodos propuestos por la A.O.A.C (1998); descritos por Huamaní (2016), la determinación de acidez titulable por la técnica ISI (1999), el pH por el método potenciómetro descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) y la densidad por el método del picnómetro descrita por Huamaní (2016).

Dentro de las caracterizaciones funcionales se determinaron la viscosidad por la técnica ISI (2002), temperatura de gelatinización técnica Grace (1977), claridad de la pasta técnica Craig et al.(1989), los índices de absorción, solubilidad, poder de hinchamiento y porcentaje de sinéresis por la técnica de Anderson (1969), el

contenido de amilosa y amilopectina técnica ISO (1987) descrita por Aristizábal y Sánchez (2007), la forma de los gránulos de almidón por el método McMaster (1964) descrita por Ríos (2014).

Los resultados fueron evaluados mediante pruebas estadísticas, se determinaron el análisis de varianza así como las medias \pm DS (desviación estándar) de tres experimentos independientes. Obteniéndose dentro de las caracterizaciones fisicoquímicas los rendimientos del almidón de pituca blanca y morada de ($20,09 \pm 2,85$ y $13,16 \pm 1,79$) respectivamente. Porcentaje de humedad ($8,98 \pm 1,28$ y $7,63 \pm 0,50$). Porcentaje de cenizas de ($0,39 \pm 0,04$ y $0,47 \pm 0,02$). Porcentaje de proteínas ($1,17 \pm 0,30$ y $2,24 \pm 0,45$). Porcentaje de fibra cruda ($0,56 \pm 0,20$ y $1,90 \pm 0,38$). Porcentaje de grasa ($0,75 \pm 0,37$ y $0,40 \pm 0,14$). Porcentaje de carbohidratos totales ($88,15 \pm 2,18$ y $87,38 \pm 1,48$). Porcentaje de acidez titulable expresados como ácido sulfúrico de ($2,94 \times 10^{-3}$ y $3,76 \times 10^{-3}$ respectivamente. El pH de los almidones nativos de pituca blanca y morada fue de ($6,40 \pm 0,02$ y $5,67 \pm 0,03$) respectivamente y la densidad de los almidones fue de ($1,41 \pm 0,06$ y $1,53 \pm 0,07$) respectivamente.

Las características funcionales del almidón de pituca blanca y morada que consiste en la determinación de la viscosidad medidas por el viscosímetro Brookfield a 25 °C y una velocidad de 100 RPM fue de 3185 y 2447 cps respectivamente. La temperatura de gelatinización para el almidón nativo de pituca blanca oscila de ($49,0 \pm 3,0$ - $65,0 \pm 3,0$) y de pituca morada ($42,0 \pm 2,0$ - $58,0 \pm 3,0$). Porcentaje de transmitancia de ($2,97 \pm 0,10$ y $3,24 \pm 0,03$) cualidad que determina que son geles muy opacos. El índice de absorción de agua IAA ($2,87 \pm 0,1$ y $2,70 \pm 0,2$). El índice de solubilidad en agua ISA de ($2,79 \pm 0,2$ y $3,85 \pm 0,08$). El poder de

hinchamiento fue de $(2,96 \pm 0,18$ y $2,60 \pm 0,13)$. El porcentaje de amilosa fue de $(20,41 \pm 2,92$ y $18,60 \pm 1,73)$. El porcentaje de amilopectina de $(79,59 \pm 2,92$ y $81,40 \pm 1,73)$. Los gránulos de almidón son de formas lenticulares, ovoides y esféricos no presentan diferencias significativas entre ambas variedades.

I. INTRODUCCIÓN

El almidón en la industria de alimentos constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Además tiene gran utilidad en una amplia variedad de productos no alimentarios tales como en la industria de farmacéuticos, cosméticos como agentes espesantes y aglutinantes, entre otros.

Los almidones comerciales se obtienen de las semillas de cereales, particularmente del maíz, trigo, arroz, algunas raíces y tubérculos, particularmente de papa, camote y yuca.

En nuestro país si bien la naturaleza nos ofrece una flora abundante para la producción de variedades de tubérculos, todavía hay desconocimiento científico de algunos de ellos. Estos no han sido difundidos debido al escaso conocimiento científico y al poco apoyo en general que se brinda a la investigación por las diferentes instituciones públicas y/o privadas.

En este grupo encontramos a la pituca (*Colocasia esculenta*) también conocida como taro o malanga china, considerada como una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en las zonas subtropicales de nuestra región.

La pituca es un tubérculo rico en minerales y carbohidratos beneficiosos para la salud. Es bueno destacar a la pituca como un alimento excelente para deportistas o personas que realizan algún trabajo físico, pues aporta mucha energía, pero sobre todo, resulta vital como alimento de los niños, en especial de los bebés durante su etapa de formación de huesos y dientes.

Por esta razón se llevó acabo el estudio de investigación de EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) DE LA REGIÓN DE AYACUCHO, provenientes del Valle del Río Apurímac y Ene; con la finalidad de evaluar el contenido de almidón y las características fisicoquímicas y funcionales de dos variedades de pituca conocidos como el blanco y morado de las zonas tropicales de nuestra región como San Francisco, Kimbiri, Sivia, Santa Rosa, etc. y promover el valor agregado de este tubérculo.

Morales (2017), menciona que la pituca es un alimento escaso en proteína y grasa. Su mayor valor alimenticio está en el contenido de carbohidratos y frente a la yuca, papa y cereales la pituca resulta de mayor valor alimenticio. Además los gránulos de almidón con un tamaño de 4 – 11 micras son fáciles de digerir cuando es consumido en cantidad, es una buena fuente de calcio altamente asimilable.

La pituca (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo exótico en nuestra zona, todavía no representan una actividad económica debido a que su producción es solo para autoconsumo y muchas veces es considerado por los agricultores del valle como alimento de animales especialmente para el engorde de cerdos comúnmente llamado “comida de chanco” por el desconocimiento de las propiedades nutricionales, tecnológicas y funcionales; debido a que no existen trabajos de investigación sobre los beneficios que presenta este tubérculo en la industria alimentaria.

PROBLEMAS

PROBLEMA CENTRAL

- ¿Qué características presentan el almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será el rendimiento del almidón de dos variedades de pituca de la región de Ayacucho?
- ¿Qué características físicoquímicas y funcionales tendrán el almidón de dos variedades de pituca de la región de Ayacucho?

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Realizar la extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el rendimiento del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho.
- Evaluar las características fisicoquímicas del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho.
- Determinar las características funcionales del almidón de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho.

HIPÓTESIS

HIPÓTESIS GENERAL

- Las características de los almidones de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta*) de la región de Ayacucho son diferentes.

HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- Los rendimientos de almidón de las dos variedades de pituca no son iguales.
- Hay diferencias en las características físicoquímicas del almidón de dos variedades de pituca.

- Existen diferencias en las características funcionales del almidón de dos variedades de pituca.

VARIABLES E INDICADORES

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Variedades de pituca

INDICADORES INDEPENDIENTES

- Variedad Blanca
- Variedad Morada.

VARIABLES DEPENDIENTES

- a) Almidón de pituca

Indicador : Rendimiento %

- b) Características fisicoquímicas de almidón de pituca.

Indicadores y niveles

- Humedad %
- Ceniza %
- Proteína %
- Grasa %
- Fibra %
- Acidez %
- pH

- Formas del almidón
- Densidad aparente (g/mL)
- Relación amilosa y amilopectina (%)
- Temperatura de gelatinización (°C)
- Viscosidad (cps)
- Claridad de la pasta
- Índice de Absorción de agua g gel/g muestra
- Índice de Solubilidad en agua %
- Poder de hinchamiento
- Sinéresis (%)

JUSTIFICACIÓN

El almidón y los productos de almidón son usados en variedad de formas, tanto en la industria de alimentos como en la no alimentaria. En la alimentación, se usa como ingrediente de diferentes comidas y en la industria no alimentaria como materia prima básica o producto auxiliar para la elaboración de una amplia gama de productos. El consumo de almidón se destina aproximadamente 75% al sector industrial y el 25 por ciento al sector de alimentos.

El principal componente químico almacenado en el cormo son los hidratos de carbono cuya fracción está compuesta por 77.9% de almidón; por lo que urge la necesidad de realizar este estudio de **EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE DOS VARIEDADES DE PITUCA (*Colocasia esculenta*) DE LA REGIÓN DE AYACUCHO**, provenientes del Valle del Río Apurímac y Ene; a

fin de brindar las posibilidades de dar valor agregado de este producto para su utilización a nivel de la industria alimentaria, química, farmacéutica, entre otros, etc.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La pituca (*Colocasia esculenta*)

Es una planta herbácea suculenta y perenne tropical, alcanza de 1 a 2 m de altura, produce cormo central comestible, grande esférico, elipsoidal o cónico, el color de la pulpa es por lo general blanco pero puede presentarse clones colorados hasta llegar a morado. Es un tubérculo rico en minerales y carbohidratos beneficiosos para la salud. El tallo de la planta también constituye un remedio natural, fuente de tiamina, riboflavina, hierro, fósforo y zinc; un buen recurso de vitamina B6, vitamina C, niacina, potasio, cobre y magnesio. Los cormos (tallo bulboso subterráneo) tienen un alto contenido en almidón y son fuente de fibra dietética. El ácido oxálico puede estar presente en los cormos y especialmente en la hoja, por lo que no puede ser ingerido por personas con problemas de riñones, gota o artritis reumática (Sánchez y Alvarado, 2015)

La planta de la pituca es herbácea perenne, suculenta, sin tallos aéreos que llega alrededor de un metro y medio, con un cormo o tallo principal subterráneo corto, del que brotan ramificaciones secundarias, laterales, horizontales, engrosadas,

comestibles y que se les conoce como cormelos. Los cormelos tienen una corteza de color marrón oscuro y la pulpa es blanca o amarilla según la variedad y tienen nudos de donde nacen las yemas (Álvarez, Delgado y Reyes, 2014)

En nuestra región este tubérculo lo podemos encontrar en las zonas tropicales del Valle Río Apurímac y Ene en las diferentes comunidades de los distritos de Ayna San Francisco, Santa Rosa, Sivia, Kimbiri, Pichari, etc; encontrándose especialmente dos variedades diferenciadas por la coloración del tallo tales como blanca y morada.

2.1.1 Origen

La pituca (*Colocasia esculenta*) es una planta de origen asiático introducida en las islas de Korea y Japón, distribuida en América tropical y subtropical, adaptado en ambientes de selva y ceja de selva, con altas precipitaciones entre 1800 a 2500 mm, temperaturas entre 12°C a 35°C y alta luminosidad. Algunas variedades crecen en suelos donde el agua es suministrada por irrigación (cultivos secos), mientras que otras crecen bajo el agua, requieren aprox. 7 meses para madurar, pudiéndose cultivar todo el año (Sánchez y Alvarado, 2015).

La pituca es una de las materias primas poco utilizadas, tiene una composición del 27% de almidón, posee tamaños de gránulo de almidón entre 1 a 6,5 micras, cualidad que le hace un almidón de calidad, pues mientras más pequeño sea el tamaño del gránulo de almidón, mayor será su digestibilidad. En el Perú a esta raíz se le conoce como “pituca o vituca” variando en algunos departamentos como

“aratrina” en Huánuco, “taro” en Moyobamba, “michutsi” en lugares de selva alta, “witina” en el bajo Amazonas, mientras que en otros países toman diferentes nombres como “malanga” en Puerto Rico, “cara” en Brasil, “ñame” en Costa Rica, “taro” en Centro América (Sánchez y Alvarado, 2015).

La pituca se encuentra entre los primeros cultivos domesticados por el hombre. Su historia puede seguirse hasta las culturas neolíticas más primitivas; el sitio en que se inició este cultivo con más frecuencia es el Sudeste de Asia, entre India e Indonesia. Se cree que la *Colocasia esculenta* es nativa de las áreas boscosas de Ghana y otros lugares de África Occidental. En Egipto, el taro se ha cultivado desde hace 800 años (Álvarez, Delgado y Reyes, 2014).



Figura 1: Planta de pituca (*colocasia esculenta*) en campo.



Figura 2: Cormos de pituca.

2.1.2 Descripción morfológica

Esta planta está formada por las siguientes partes:

- **Las raíces:** Las raíces jóvenes son de colores blancos, finos y débiles mientras que las viejas son de color crema. La longitud de las raíces principales es de 35 - 45 cm y de las laterales llega hasta los 2 m. Cada planta tiene de 100 a 250 raíces.
- **Las hojas:** Salen directamente de un cormo subterráneo primario el cual es casi vertical y donde se forman cormos secundarios laterales y horizontales comestibles. Las hojas adjuntas a los rizomas son lisas. La duración media de vida de una hoja es de 45 días (en estación seca es de 30 días). Durante la vegetación crecen y se desarrollan constantemente 5 - 7 hojas. El color de las hojas varía desde verde claro hasta verde oscuro. Las primeras hojas se forman de la yema apical principal del tallo falso y las siguientes de las vainas de las hojas anteriores.
- **El pecíolo:** Se forma de la yema apical y los vástagos laterales de las yemas situadas en la parte interior del rizoma. Ésta planta crea un tallo principal, que

básicamente es un rizoma de entre 6 y 8 cm de diámetro, el cual es casi vertical de donde nacen los cormos secundarios laterales. El tallo es también conocido como cormo principal y se utiliza para obtener la semilla.

- **El fruto:** La pituca constituye el cormo, cormelos secundarios comestibles que pueden ser laterales y horizontales que nacen del cormo o tallo principal. De cada planta se pueden obtener aprox. 5 - 8 cormos secundarios. El interior del fruto de la pituca es de color blanco, la textura es fibrosa y contiene grandes cantidades de almidón (Álvarez, Delgado y Reyes, 2014).

2.1.3 Clasificación taxonómica

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Liliopsida
Orden	:	Alismatales
Familia	:	Araceae
Subfamilia	:	Aroideae
Tribu	:	Colocasieae
Género	:	Colocasia
Especie	:	<i>Colocasia Esculenta</i>
Nombre Común	:	Vituca, pituca, taro, malanga, witina, etc.

Sánchez y Alvarado (2015).

2.1.4 Nominaciones

Mafafa, malanga (Brasil)

Callalo, pituca (Hawai)

Chonque, bore (Venezuela)

Papa china, tetechcamote, cocoñame, Jergón sachá, huitina, pituca, pitus (Perú)

Morales (2012).

2.1.5 Formas hortícolas

En nuestro país hay dos subespecies: la blanca que es la que tiene un tamaño superior y la morada que según los pobladores de nuestros trópicos húmedos no es de sabor muy agradable. La diferencia en el color radica en que en los cormos hay unas ramificaciones de color morado, en ambas las hay, pero si se dice que la otra subespecie es morada es porque posee mayor cantidad de ramificaciones (Morales, 2012).

2.1.6 Variedades de pituca

En nuestro medio se ha podido reconocer tres variedades de *Colocasia esculenta*, llamándose negra si la variedad que tiene en la base del limbo presenta una coloración rosada, mientras que la variedad blanca presenta un color amarillento claro. La variedad japonesa se distingue por la coloración pigmentada azul morado en su corno (Montenegro y Pérez, 2016).

2.1.7 Requerimientos del cultivo

Según práctica de cultivo de la pituca (2017), la pituca es una planta netamente tropical. Para su desarrollo óptimo requiere las siguientes condiciones climáticas y de suelo.

➤ **Fotoperiodo**

El mejor desarrollo se alcanza con periodos de 11 - 12 horas luz. La luz influye sobre algunos aspectos morfológicos como el número de hojas y cormos, así como la altura de la planta.

➤ **Tipo de suelo**

En cuanto al tipo de suelo, las plantas se adaptan más a aquéllos profundas, fértiles, con suficiente materia orgánica y bien drenada. Deben evitarse los suelos con alto contenido de arcilla o arena. El pH óptimo debe ser entre 5,5 - 6,5, aunque puede adaptarse a espectros de 4,5 - 7,5.

Aunque se adapta a una gran diversidad de suelos, los óptimos son los francos, franco limosos o arenosos con profundidades de 50 a 60 cm ricos en materia orgánica (2 - 3%) y pH de 4,5 a 7,5.

➤ **Temperatura**

La pituca es una planta que produce con buenos rendimientos en temperaturas desde 12 hasta 30°C, lo cual nos indica que es un cultivo que se adapta a climas calientes. Debe haber temperaturas promedio no inferiores a 20°C, siendo la óptima entre 25 - 30°C. Las temperaturas menores de 18°C detienen el crecimiento y se interrumpe la fotosíntesis.

➤ **Altitud**

La pituca se cultiva en alturas desde 200 a 2,300 msnm, siendo las mejores de 200 a 1,000 msnm. Se adapta desde el nivel del mar hasta 1500 msnm.

➤ **Precipitación**

Para que no se manifiesten retrasos en el crecimiento, la planta de pituca necesita suficiente agua. Sin embargo, crece bien en zonas con precipitación

de 1000 a 1600 mm anuales bien distribuidas, es una planta bastante exigente en cuanto a humedad disponible en el suelo.

2.1.8 Plagas y enfermedades de la pituca

la pituca es un cultivo rústico, pero a pesar de esto y el interés de tecnificar el cultivo, no se deben de tomar el ataque de plagas muy inadvertido. Las plagas que atacan el cultivo y las más peligrosas son las del suelo ya que pueden llegar a causar pérdidas muy cuantificables en el cultivo. Entre las principales plagas de interés económico tenemos: gallina ciega (*Phylophaga ssp*), gusano alambre (*Aeolus ssp*), termitas (*reticulitermes lucifugus*)

2.1.8.1 Plagas

➤ **Gallina ciega**

Esta plaga causa daño al material que se planta para establecer el cultivo (hijos o cormelos) y otras atacan las raíces, generalmente, esta plaga se presenta en focos.

Pertenece al orden Coleóptera, Familia Melolonthidae, son insectos que se alimentan de las raíces de diversas plantas, entre ellas el cultivo de la pituca.

Es una de las plagas que más daño causa y es muy difícil de controlar.

➤ **Gusano alambre**

Las larvas son muy típicas, de color dorado y anillos muy marcados. Estas larvas, al igual que los gusanos blancos, viven bajo tierra, alimentándose de raíces, tubérculos y bulbos. Los daños más importantes los producen en primavera y otoño, permaneciendo los gusanos más parados en verano e

invierno, roen raíces de todo tipo de plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas; horadan y hacen galerías en tubérculos y semillas.

➤ **Termitas**

La especie de termita que habita en la península es subterránea, construyen los termiteros bajo tierra, saliendo a través de túneles para buscar la celulosa de que se alimentan, principalmente en forma de madera. (Práctica de cultivo de la pituca, 2017),

2.1.8.2 Enfermedades

Las enfermedades más comunes que se presentan son: Cercospora sp, Punctellina solteroi y Sclerotinia rolfsii. El hongo del genero Phythium es frecuente encontrarlo como parásito de este cultivo en los trópicos, también se presenta bacteriosis (Xantomonas sp.) atacando al follaje de las hojas (amarillamiento), por lo que se considera adecuado aplicar un producto bactericida por lo menos una vez, de acuerdo a las necesidades del cultivo (Práctica de cultivo de la pituca, 2017)

2.1.9 Composición química de la pituca

La pituca es un alimento bajo en proteínas y grasas, siendo su mayor valor alimenticio en su contenido de carbohidratos y nutritivamente frente a la yuca, la papa y cereales, la pituca resulta de mayor valor alimenticio (Sánchez y Alvarado, 2015).

Tabla 1: Composición química de los cormos de *Colocasia esculenta*

Componentes	% Base Húmeda	% Base Seca
Humedad	74,3%	----
Proteína	1,5	5,8
Grasa	0,6	2,3
Fibra	0,9	3,5
Ceniza	1,2	4,7
Carbohidratos	21,5	83,7
Almidón(g/100g)	-----	13,8
Ácido Oxálico(g/100g)	-----	15,6

Angamarca (2013)

Tabla 2: Composición de los hidratos de *Colocasia esculenta*

Componentes	% Base Seca
Almidón	77,0
Pentosanas	2,6
Proteína cruda	1,4
Dextrina	0,5
Azúcares reductores	0,1

Angamarca (2013)

2.1.10 Valor nutricional

Morales (2012), mencionada que los cormos y cormelos son la parte económica importante de la pituca. De vez en cuando las hojas y pecíolos son también usados como alimento. Por los nutrientes que proporcionan, los cormos pueden ser considerados como una fuente buena de hidratos de carbono y potasio. Los granos de almidón son muy pequeños y van en diámetro de 1 a 4 milimicras. Como resultado, el almidón de la pituca es muy rápidamente digerible cuando es usado

para alimento, además de su alto contenido de almidón, la pituca o papa china tiene un volumen alto de proteína y aminoácidos que otras raíces y tubérculos tropicales.

Angamarca (2013); señala que la pituca contiene grandes cantidades de calcio y fósforo, tiene un alto contenido de tiamina, riboflavina, vitamina C y hierro. Es un excelente alimento por su contenido de proteína del producto húmedo que es de 1,7 a 2,5%. En la tabla se especifica la comparación de los diferentes componentes del corno de la pituca frente a otros tubérculos convencionales.

Tabla 3: Comparación del valor nutricional de la pituca y otros

Descripción	Kcal	Proteína(g)	Calcio(g)
Pituca	8,5	2,5	19,1
Camote	103	1,0	14,0
Papa	76	1,6	17,5
Yuca	121	1,0	28,2

Angamarca (2013)

Morales (2012); indica que la pituca tiene un gran significado en la alimentación humana; se reporta su uso en panificación en 30% de harina fina de pituca, comparada con harina gruesa al 50% con harina de trigo. De la pituca se podría obtener productos y subproductos similares a los de la papa, para diversos usos. Su mayor valor alimenticio está en su contenido de carbohidratos y frente a la yuca, papa y cereales; la pituca resulta de mayor valor alimenticio. Además, los gránulos de almidón con un tamaño de 4 – 11 micras son fáciles de digerir y es una buena fuente de calcio altamente asimilable.

Tabla 4: Composición química de la pituca, para 100g de producto en base húmeda

Composición	Pituca blanca	Pituca morada
Calorías (cal)	98	92
Humedad (%)	66	68
Proteínas (g)	0,91	0,95
Grasas(g)	0,15	0,13
Carbohidratos(g)	29	31
Fibra(g)	0,3	0,35
Calcio (mg)	27	28,6
Fósforo (mg)	1,6	1,56
Cenizas (mg)	1,2	1,3
Riboflavina (mg)	0,03	0,04
Niacina (mg)	5,2	5,6
Ácido ascórbico (mg)	18	16

Morales (2012)

2.1.11 Usos de la pituca

Angamarca (2013), señala que la *Colocasia esculenta* es un alimento primordial en los países en vías de desarrollo de África, Indias Orientales, Asia y la región del Pacífico. Los cormos y los cormelos generalmente se usan como la principal fuente de hidratos de carbono en las comidas. Los cormos y cormelos cocidos sustituyen a la papa, yuca, camote, etc. y se utilizan encurtidos considerándolas como artículos muy nutritivos.

Castro (2010), menciona que un corno es un tallo engrosado subterráneo, de base hinchada y crecimiento vertical que contiene nudos y abultamientos de los que salen yemas. Produce cormelos laterales que servirán para la reproducción de nuevas plantas. Tanto los cormos y los cormelos están recubiertos por escamas fibrosas.

Montenegro y Pérez (2016), menciona que utilizando tecnologías sencillas, es posible aprovechar este recurso agrícola obteniendo almidón de pituca, que sirve como materia prima para la elaboración de diversos productos alimenticios, debido a sus altas cantidades de almidón, superiores al 80%, la pituca puede ser utilizada para reemplazar materias primas convencionales como maíz, ñame, yuca y papa en la industria alimentaria.

De los Ángeles (2016), manifiesta que la pituca es un alimento satisfactorio para los animales. En algunos lugares los tallos, hojas y cormos son hervidos y se proporcionan como alimento a los cerdos, también la harina de pituca se ha usado para alimento de ovinos.

2.1.12 Beneficios de la pituca en la alimentación

CIPAL (2017), menciona que la pituca, es un alimento mágico y desconocido en el Perú. Es bueno destacar a la pituca como un alimento excelente para deportistas o personas que realizan algún trabajo físico, pues aporta mucha energía, pero sobre todo, resulta vital como alimento de los niños, en especial de los bebés durante su etapa de formación de huesos y dientes.

En Cuba es un producto costoso. Los médicos la recomiendan a las embarazadas como el primer alimento del bebé mientras alterna con el lento destete. Se le confecciona en forma de papilla blanda, a la cual se le van agregando en la medida en que la criatura crece, los pedazos de carne molida, etc.

Es un alimento muy digestivo por lo que son ideales para personas con problemas gástricos como la acidez del estómago, problemas hepáticos o intestinales, etc.

Para las personas con problemas gástricos como la acidez del estómago, problemas hepáticos o intestinales, la pituca resulta insustituible.

2.1.13 Producción y distribución de la pituca

Se cultiva y se usa en la ceja de la selva en los departamentos Amazonas, San Martín, Huánuco y Ucayali, siendo un alimento importante en la dieta de la población rural, sin embargo en los últimos años su uso y comercialización se incrementó hasta llegar a los mercados de las zonas urbanas, esto debido a que los cormos pueden ser consumidas en diversas maneras y por ser ricas en carbohidratos, aminoácidos, vitaminas y fibra; bajos en grasas y cenizas (Sánchez y Alvarado, 2015).

2.2 Almidón

2.2.1 Definición

Badui (2006), afirma que este carbohidrato ha sido parte fundamental de la dieta del hombre desde la prehistoria, además de que se le ha dado un gran número de usos industriales. Después de la celulosa, es probablemente el polisacárido más abundante e importante desde el punto de vista comercial. Se encuentra en los cereales, los tubérculos y en algunas frutas como polisacárido de reserva energética. El almidón sirve de reserva energética en el reino vegetal, y se encuentra en pequeños corpúsculos discretos que reciben el nombre de gránulos. El tamaño y la forma del gránulo son característicos de cada especie botánica; esto se ha

aprovechado en el desarrollo de diferentes métodos microscópicos para identificar el origen de los distintos almidones.

Las características físicas y químicas específicas del almidón y sus aspectos nutricionales le diferencian del resto de los polisacáridos. El almidón es fundamentalmente un alimento de reserva en vegetales y proporciona el 70 - 80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo. El almidón y los productos de su hidrólisis constituyen la mayor parte de los carbohidratos digeribles, de la dieta humana (Fennema, 2010).

Los almidones comerciales se obtienen de granos de cereales sobre todo de maíz, maíz céreo, maíz rico en amilosa, trigo, arroces diversos y a partir de tubérculos y raíces, particularmente papa y yuca. Los almidones nativos y modificados tienen un número enorme de aplicaciones en los alimentos. Entre ellas como agentes adhesivos y ligantes, formadores de turbidez y de película, para reforzar la estabilidad de espumas, gelificantes, para el glaseado, retención de humedad y mejora de la textura, estabilizante y espesante (Fennema, 2010).

El almidón se diferencia del resto de carbohidratos porque existe en la naturaleza formando partículas discretas que se denominan gránulos. Éstos son insolubles y sólo se hidratan ligeramente en agua fría. El calentamiento a unos 80 °C con agitación simultánea de una papilla al 5% de gránulos de almidón no modificado da lugar a una dispersión extremadamente viscosa denominada engrudo. Una segunda propiedad específica es que la mayoría de los gránulos de almidón están

compuestos de una mezcla de dos polímeros; uno esencialmente lineal llamada amilosa y el otro ramificado denominado amilopectina (Fennema, 2010).

Angamarca (2013), define que, el almidón se diferencia de los demás hidratos de carbono presentes en la naturaleza en que se presenta como un conjunto de gránulos o partículas, estos gránulos son relativamente densos e insolubles en agua fría.

Sánchez y Alvarado (2015), se denomina almidón al producto amiláceo que se extrae de los tubérculos, raíces y rizomas de los vegetales. Los almidones nativos se obtienen a partir de las fuentes de cereales y tubérculos (a partir de grano o subproductos) conservando la estructura nativa del almidón, su utilidad consiste en que regulan y estabilizan la textura y por sus propiedades gelificantes y espesantes. Estos compuestos son una excelente materia prima, su funcionalidad depende del contenido de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular dentro del gránulo.

El almidón es una materia prima con muchas aplicaciones que van desde formación de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables.

Ampliamente el almidón es el polisacárido más utilizado como ingrediente funcional (espesante, estabilizante y gelificante) en la industria alimentaria, por lo que es necesario buscar nuevas fuentes de extracción.

Álvarez, Delgado y Reyes (2014), el almidón se encuentra en todas las partes de la planta, en tubérculos, hojas y frutos. Sin embargo, el almidón proveniente del

tubérculo es de principal interés por su naturaleza y propiedades para el uso en la industria. Además, es el principal componente del tubérculo, con las $\frac{3}{4}$ partes de la materia seca. Durante la estación de crecimiento, el almidón se acumula en las células del tubérculo formando gránulos simples y/o complejos.

2.2.2 Composición del almidón

Badui (2006), el almidón es una mezcla de dos polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina; el primero es producto de la condensación de D - glucopiranosas por medio de enlaces glucosídicos α (1,4), que establece largas cadenas lineales con 200 - 2 500 unidades y pesos moleculares hasta de un millón; es decir, la amilosa es una α - D - (1,4) - glucana, cuya unidad repetitiva es la α - maltosa. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa.

Por su parte, la amilopectina se diferencia de la amilosa en que contiene ramificaciones que le dan una forma molecular similar a la de un árbol; las ramas están unidas al tronco central (semejante a la amilosa) por enlaces α - D - (1,6), localizadas cada 15 - 25 unidades lineales de glucosa.

En términos generales, los almidones contienen 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 de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización.

Álvarez, Delgado y Reyes (2014), químicamente el almidón es una mezcla de dos polisacáridos, uno lineal (amilosa) y otro ramificado (amilopectina) y se encuentran agrupados en la forma de gránulos parcialmente cristalinos. El contenido de amilosa y amilopectina dependerá de la fuente de origen de la cual procedan como se observa en la tabla 9.

1. Amilosa

Es un polímero lineal, constituido por moléculas de D - glucopiranosas unidas casi en su totalidad por enlaces α - 1,4 aunque existen también moléculas que poseen unas pocas ramificaciones en posición α - 1,6; alrededor de una cada 180 - 320 unidades. Tiene la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de la hélice consta de seis moléculas de glucosa, su peso molecular es de hasta un millón de Dalton (Aristizabal y Sánchez, 2007)

La mayoría de los almidones contienen alrededor de un 25% de amilosa. Los dos tipos de maíz muy ricos en amilosa que existen comercialmente aparentemente tienen contenidos de amilosa, uno, de alrededor del 52% y, el otro, entre 70 - 75% (Fennema, 2010)

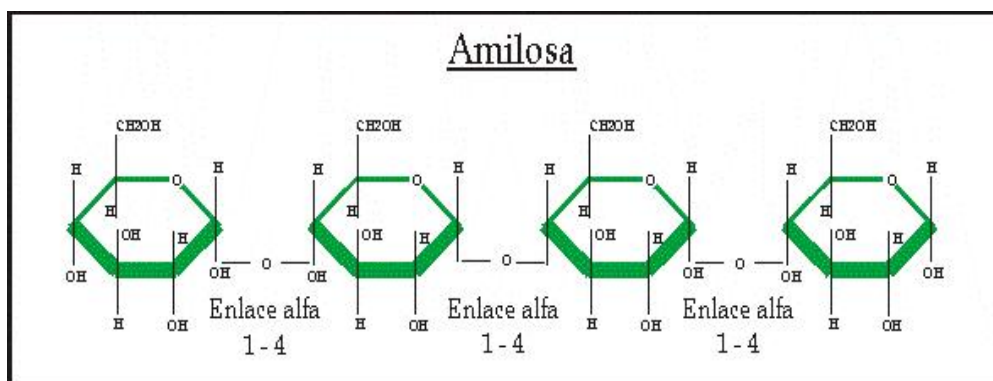


Figura 3: Representación de la amilosa (diagrama de Haworth).

2. Amilopectina

La amilopectina es una molécula muy grande y extremadamente ramificada, cuyos enlaces en los puntos de ramificación constituyen el 4 - 5% del total de enlaces.

La amilopectina existe en todos los almidones; comprende alrededor del 75% de los almidones más comunes. Algunos almidones constan totalmente de amilopectina y se denominan almidones de amilopectina o céreos (Fennema, 2010)

Se diferencia de la amilosa por su constitución en cadenas ramificadas compuestas por enlaces α - 1,6 sobre cadenas α - 1,4. Estos enlaces están localizados cada 15 - 25 unidades lineales de D - glucosa, su peso molecular es muy alto ya que algunas fracciones llegan a alcanzar hasta 200 millones de Dalton. La amilopectina está presente en todos los almidones, constituyendo alrededor del 75,0% de los almidones más comunes. Algunos almidones están formados exclusivamente por amilopectina, y se les conoce como almidones céreos (Badui, 2006)

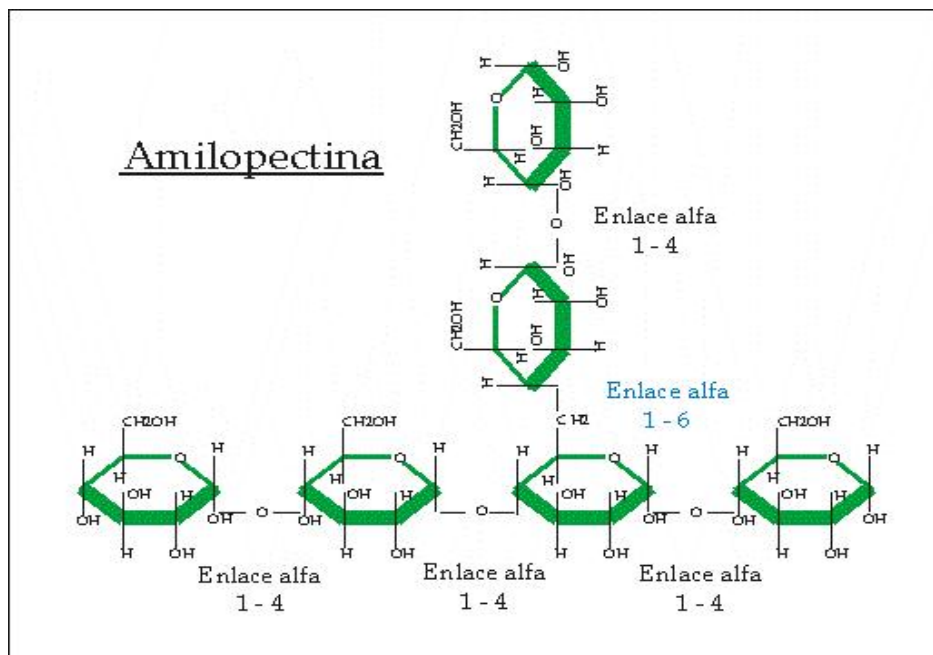


Figura 4: Representación de la amilopectina. (Diagrama de Haworth)

2.2.3 Propiedades físicas y químicas del almidón

a). Propiedades físicas del almidón

Morales (2012), señala que los almidones tienen la característica de ser polvo fino, blanco, inodoro, insípido, produce ligera crepitación cuando es comprimido entre los dedos, insoluble en agua y en alcohol.

b). Propiedades químicas del almidón

Morales (2012), menciona que está formada por pequeños gránulos que constan de una porción más externa y ramificada: la amilopectina, y otra más interna y lineal: la amilosa.

Tabla 5: Propiedades generales de algunos gránulos de almidón y de sus pastas

	Almidón de patata	Almidón de tapioca	Almidón de maíz común
Tamaño del gránulo(μm)	5 – 100	4 - 35	2 - 30
Amilosa %	21	17	28
Temperatura de gelatinización /pasta (°C)	58-65	52 - 65	62 - 80
Opacidad de la pasta	Transparente	Transparente	Opaca
Lípidos (% GS)	0,1	0,1	0,8
Proteínas (% GS)	0,1	0,1	0,35
Fósforo (% GS)	0,08	0,0	0,0
Sabor	Ligero	Insípido	Cereal

Fennema (2010)

Los almidones comerciales contienen pequeñas cantidades de cenizas, lípidos y proteínas (Fennema, 2010).

Tabla 6: Composición del almidón de papa

Propiedades	Cantidad
Humedad	18 - 20,50%
Cenizas	0,50% máximo
Proteína (N x 6,25)	0,10% máximo
Lípidos	0,10% máximo
Hierro	10 ppm. máximo

Ramírez, Zárate & Otálora (2011)

Tabla 7: Requisitos fisicoquímicos del almidón de yuca

Análisis fisicoquímico	Rango estándar
Almidón %	92 - 98
Humedad %	10 - 12
Cenizas %	<0,12
Nitrógeno total %	<0,064
pH	4,5 – 5,5
Temperatura de gelatinización °C	58,5 – 70,0
Color	Blanco

Aristizábal & Sánchez (2007)

2.2.4 Productos derivados del almidón

Badui (2006), a partir de este hidrato de carbono se obtienen distintos derivados, como la glucosa, las dextrinas y los almidones modificados, todos ellos

ampliamente usados en la elaboración de un gran número de alimentos, e incluso en muchas otras industrias de productos no comestibles.

Morales (2012), entre los principales tenemos:

- Alimento: estabilizante, espesante, desmoldante, encapsulante, texturizante, consistencia, sopas, postres, relleno, embutidos, etc.
- Farmacéuticos: empleado como excipiente para la formación de tabletas, espesante de jarabes.
- Pegamentos: empleado como base para la fabricación de pegamentos vegetales, alta adhesividad.
- Cosmético: empleado para la producción de talcos, polvos de rostro, maquillaje.
- Minero: estabilizante como floculante de la bauxita hierro, aglomerante en ladrillos refractarios.
- Textil: empleado como encolante de los hilos de urdimbre para proporcionar resistencia a los hilos en el telar.
- Cartón: empleado como adhesivo en el proceso de manufactura del cartón corrugado.
- Papel: mejora la resistencia superficial e interna, la retención de finos y cargas minerales, la formación de la hoja y apariencia superficial.

Álvarez, Delgado y Reyes (2014), en la industria alimentaria el uso del almidón es bastante diversificado y se ha logrado introducir en diferentes ámbitos. Entre ellos podemos mencionar algunos de los usos más característicos de este:

- **El almidón como agente espesante o gelatinizante:** La gelatinización puede ser sinónimo de formación de una pasta, aunque la gelatinización y la formación de la pasta pueden ser consideradas acontecimientos secuenciales. El proceso de gelatinización conlleva una pérdida de la estructura cristalina ordenada del almidón; bien como proceso separado o como continuación de la gelatinización, se produce la formación de una pasta con el calentamiento continuado de los granos de almidón gelatinizados. La temperatura a la que diversos almidones gelatinizan es realmente un intervalo de temperaturas específicos para cada almidón. Los gránulos dentro de un almidón se hincharán y espesarán las mezclas a temperaturas ligeramente diferentes, hinchándose antes los gránulos más grandes que los gránulos pequeños.

- **El almidón como emulsificador:** Las principales funciones del almidón como emulsificante en las aplicaciones de alimentos son aumentar el volumen y la aireación, para reducir la viscosidad, favoreciendo la consistencia del producto, y mejorar la textura, proporcionando estabilidad de emulsiones (por ejemplo, la mayonesa) y espumas, al mismo tiempo. Por otra parte, también mejoran la palatabilidad y, por tanto indirectamente influyen en el sabor de los productos de panadería. Estas moléculas representan alrededor del 75% de todos los aditivos alimentarios autorizados que se utilizan comúnmente en el mercado. Los emulsificantes se clasifican en dos: los que forman complejos con el almidón, favoreciendo la suavidad de la miga y prevención del envejecimiento, como por ejemplo los monoglicéridos; y los que actúan en

interacción con la proteína, reforzadores de masa que aumentan la capacidad del gluten para formar una película que retiene la producción de gas.

- **El almidón como estabilizador:** Los productos de almidón son ampliamente utilizados para el control del agua en alimentos. La función del almidón como estabilizante se traslada adecuadamente a otros alimentos y bebidas y, se pueden ver reflejadas de las siguientes formas: manejo de la viscosidad, prevención de la separación líquido/sólido, efectos sobre el comportamiento del proceso, palatabilidad e intensificación del sabor, protección contra la desestabilización de la proteína y sinéresis posteriores, administrar la capacidad de tomar y retener el aire, la participación secundaria en la aglomeración de grasa (la desestabilización), control del tamaño de los cristales de hielo, control de la cristalización de los componentes no acuosos(lactosa y dextrosa).

2.2.5 Gelatinización del almidón

Badui (2006), los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada y a que presenta una gran estabilidad por las múltiples interacciones que existen con sus dos polisacáridos constituyentes; sin embargo, cuando se calientan empieza un proceso lento de absorción de agua en las zonas intermicelares amorfas, que son las menos organizadas y las más accesibles, ya que los puentes de hidrógeno no son tan numerosos ni rígidos como en las áreas cristalinas. A medida que se incrementa la temperatura, se retiene más agua y el gránulo empieza a hincharse y a aumentar de volumen, fenómeno que puede

observarse en el microscopio, sin que se presente un aumento importante en la viscosidad; una vez que la parte amorfa se ha hidratado completamente, la cristalina inicia un proceso semejante, pero para esto se requiere más energía.

Al llegar a ciertas temperaturas normalmente cercanas a 65°C, aunque dependen de cada tipo de almidón, el gránulo alcanza su volumen máximo y pierde tanto su patrón de difracción de rayos X como la propiedad de birrefringencia; si se administra más calor, el gránulo hinchado, incapacitado para retener el líquido, se rompe parcialmente y la amilosa y la amilopectina, fuertemente hidratadas, se dispersan en el seno de la disolución. En este punto se pierden la estructura original y la birrefringencia del gránulo; esto va aunado a un aumento de la viscosidad.

A todo este proceso se le llama gelatinización, y es una transición de un estado ordenado a otro desordenado en el que se absorbe calor. Es decir, la gelatinización transforma los gránulos de almidón insolubles en una solución de las moléculas constituyentes en forma individual.

Fennema (2010), menciona que, los gránulos de almidón sin daño alguno son insolubles en agua fría pero pueden absorber agua de forma reversible, es decir, pueden hincharse ligeramente y volver después, al secarse, a su tamaño original. Cuando los gránulos de almidón se calientan en agua sufren un proceso que se denomina gelatinización. Este fenómeno es, en esencia, la perturbación de la organización molecular del interior de los gránulos. La temperatura aparente del inicio de la gelatinización y el intervalo en que el fenómeno acaece depende del método de medida y de la relación almidón: agua, tipo de gránulo, y grado de

heterogeneidad del conjunto de gránulos bajo observación. Pueden determinarse diversos parámetros de la gelatinización de los agregados de gránulos. Entre ellos, la temperatura de iniciación, la temperatura en el punto medio y la temperatura al completarse la gelatinización.

La gelatinización del almidón es un proceso endotérmico. Por ello, el proceso se monitoriza comúnmente mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) que mide la temperatura y entalpías de gelatinización.

La mayoría de las suspensiones de gránulos de almidón se agitan a la vez que se calientan para evitar que los gránulos se retengan en el fondo.

2.2.6 Retrogradación del almidón

Badui (2006), afirma que, este fenómeno se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; esto se puede efectuar por diversas rutas, según la concentración y de la temperatura del sistema.

Cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación, lo cual se relaciona con su contenido de amilosa: es más difícil que la amilopectina la desarrolle, debido a que sus ramificaciones impiden la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas adyacentes; sin embargo, si las soluciones de almidón se congelan y se descongelan continuamente, se produce su insolubilización. Las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con

una organización cristalina muy rígida que, para romperse y permitir la gelatinización del almidón, requiere alta energía.

Fennema, (2010); el enfriamiento de una pasta de almidón caliente conduce normalmente a formar un gel viscoelástico firme, proceso en que, colectivamente, las moléculas disueltas, o la pasta, son cada vez menos solubles se denomina retrogradación. Es un fenómeno propio de las moléculas de almidón y afecta a los dos polímeros constituyentes, la amilosa y la amilopectina, aunque la primera sufre la retrogradación más rápidamente que la amilopectina. La velocidad del suceso depende de diversas variables; entre ellas, la relación molecular entre amilosa y amilopectina, estructura de ambas que viene determinada por la fuente botánica del almidón, temperatura, concentración de almidón y presencia y concentración de otros ingredientes, principalmente agentes de superficie y sales.

2.2.7 Gránulos de almidón

Los gránulos de almidón están compuestos de moléculas de amilosa y/o amilopectina dispuestas radialmente. Contienen regiones tanto cristalinas como no cristalinas en capas alternativas. Los agregados ramificados de amilopectina se encuentran en paquetes de dobles hélices.

Los gránulos de almidón de maíz, incluso los de un mismo origen, tienen formas mezcladas, unas, casi esféricas, algunas, angulares y, otras, dentadas. Los gránulos de almidón del trigo son de forma lenticulares y tienen un tamaño de distribución bimodal con los gránulos más grandes de forma lenticular. Los de arroz son los más

pequeños de los gránulos de almidón comerciales (1 - 9 μm) aunque los gránulos pequeños del almidón de trigo son casi del mismo tamaño. Mucho de los gránulos de los almidones procedentes de tubérculos y raíces, como los de papa y yuca, tienden a ser mayores que los almidones de semillas y son, generalmente, más densos y más fáciles de cocinar. Los gránulos de almidón de la papa pueden alcanzar una longitud de 100 μm a lo largo del eje principal. Los almidones comerciales contienen pequeñas cantidades de cenizas, lípidos y proteínas (Fennema, 2010).

2.3 Almidón de pituca

Angamarca (2013), menciona, que investigadores han confirmado la superioridad de este tubérculo por encima de otros primordiales alimentos almidonados. Se ha estimado la digestibilidad del almidón es de 98,8 %.

2.3.1 Características del almidón de pituca

Angamarca (2013), da conocer que el almidón contiene de 17 - 28% de amilosa, mientras el resto es amilopectina. Los granos de almidón son muy pequeños; por lo que es rápidamente digerible cuando es usado para alimento. Además del tamaño de partícula, la temperatura de gelificación del almidón también es importante durante el procesamiento y las aplicaciones industriales. Datos disponibles indican que las aráceas tienen temperaturas altas de gelificación comparadas con fuentes de almidón tradicionales, lo que indica que podría proporcionar una única combinación de partículas pequeñas con altas temperaturas de gelificación.

Tabla 8: Composición proximal, contenido de fosforo, amilosa y pureza de los almidones de *Colocasia esculenta*

Parámetros	Valor porcentual %
Humedad	9,01
Proteína cruda	4,57
Grasa cruda	0,41
Amilosa	24,56
Fósforo	0,13
Calcio	0,07
Fibra	3,86

Sánchez & Alvarado (2015)

Tabla 9: Componentes de almidón de pituca y otros tubérculos

Descripción	% Almidón		Tamaño (micras)
	Amilopectina	Amilosa	
Pituca	75	25	4 - 11
Papa	78	22	5 - 100
Yuca	82	18	5 - 35
Trigo	76	24	11 - 41
Arroz	83	17	2 - 55

Morales (2012)

2.3.2 Usos del almidón de pituca

Angamarca (2013), indica que el tamaño del grano de almidón es una décima al de la papa y debido a su facilidad de asimilación puede ser usado por personas con problemas digestivos. La harina y otros se han usado extensivamente para formulaciones infantiles en los Estados Unidos y ha formado un importante

constituyente de las propiedades de las comidas enlatadas para bebés. Es especialmente útil para las personas alérgicas a los cereales. Además las aráceas contienen una sustancia mucilaginoso que se hincha e hidrata en el agua. Esta goma tiene utilidad potencial como emulsificante y espesante, agente suavizador para las cremas y otras preparaciones alimenticias coloidales.

2.4 Modificaciones del almidón

El almidón sin modificar está muy limitado debido a sus pobres propiedades, como son: el deterioro de las propiedades mecánicas por la humedad, la reducida procesabilidad debido a su alta viscosidad y la fragilidad de las piezas fabricadas. Es por eso que al almidón se le realizan modificaciones por varios métodos (De los Ángeles, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación se realizó en los laboratorios de análisis de alimentos y operaciones unitarias de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia; asimismo en el laboratorio de biología celular y molecular de la Facultad de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, durante los meses agosto, setiembre y octubre del 2017 y los meses de febrero, marzo, abril y mayo 2018.

3.2 Materiales, equipos y reactivos.

3.2.1 Materia prima

Para la obtención de almidón se utilizaron cormos y cormelos frescos de pituca de las variedades blanca y morada procedentes del Valle Río Apurímac y Ene distrito de Ayna – San Francisco. Se recolectaron aproximadamente 5 kg de muestra por cada variedad, los cuales se han podido diferenciar por el color de la pulpa realizando un corte transversal (Anexo 4).

3.2.2 Materiales

- Baldes de plástico de 5 y 10 litros

- Balones de digestión.
- Buretas de vidrio de 5 mL, 10 mL y 50 mL
- Cápsulas de porcelana
- Coladeras de plástico.
- Crisoles de porcelana
- Cuchillos de acero inoxidable.
- Desecadores con silicagel
- Embudo de vidrio
- Escobillones
- Espátulas c/ mango de madera
- Fiolas de vidrio 50 mL y 100 mL
- Jarras de plástico de 5 y 2 litros.
- Lunas de reloj de tamaños diferentes.
- Matraz aforado de 100 y 250ml.
- Matraz de kitasato y embudo de buchner.
- Matraz erlenmeyer 250 mL, 500 mL y 1000 mL
- Mortero c/ pilón de porcelana
- Papel whatman N° 2 y 3.
- Peras de goma c/ 3 válvulas.
- Pinzas metálicas de laboratorio
- Pipetas de vidrio 5 mL y 10 mL.
- Pissetas de diferentes tamaños.
- Placas petri.
- Probetas de vidrio 50 mL y 100 mL

- Recipientes de vidrio
- Soporte universal c/ pinzas
- Termómetros de 100°C.
- Tinas de plástico.
- Tubos de centrífuga x 30 mL.
- Varillas de vidrio.
- Vasos precipitados 50 mL, 100 mL, 250 mL, 500 mL y 1000 mL

3.2.3 Equipos

- **Balanza analítica electrónica**

Marca : OHAUS
 Modelo : AS200
 Serie : 3526 USA
 Capacidad : 200g

- **Balanza analítica**

Marca : 6DANSK
 Modelo : WA - 33
 Serie : 103767 USA
 Capacidad : 200g

- **Estufa eléctrica**

Marca : MEMMERT
 Modelo : M.GERMAMY

- **pH – metro digital portátil.**

Modelo : 3510

➤ **Centrífuga**

Marca : Janetzki
Modelo : T30
Serie : 75/04494

➤ **Refrigeradora eléctrica doméstica**

Marca : FAEDA
Serie : 0100438442

➤ **Mufla eléctrica digital**

Marca : BIONET
Modelo : BNMF
Serie : 2.0 - 110106 temperatura máx. 1200°C.

➤ **Licadora eléctrica**

Marca : OSTERIZER.
Serie : 895 – 45

➤ **Baño maría**

Marca : HLW
Modelo : W3
Serie : 13892160

➤ **Espectrofotómetro de Uv - visible**

Color : Blanco humo
Modelo : Spectro Scan 50v
Serie : 05 – 1811 – 17 - 0016

➤ **Destilador de agua**

Color : Metálico

Modelo : Con soporte de motor

➤ **Bomba de vacío de alta presión**

Marca : GAST DE 115V

Modelo : Electrónica Olivera

Serie : 0205601895

➤ **Cocina eléctrica c/ 4 hornillas**

Marca : SELECTA

Modelo : DOMESTICA

Serie : 0456941

Código : 6014204

➤ **Destilador de proteínas – destilador Kjendal**

Marca : LABCONCO

Color : Blanco

➤ **Digestor de proteínas - eléctrico.**

Marca : LABCONCO

Serie : 242044

➤ **Digestor de fibra cruda c/ 4 hornillas.**

Marca : GER HARD

Serie : 1711080004

➤ **Agitador magnético**

Marca : JKAMAG

Color : azul

Serie : 300764

➤ **Picnómetro**

Marca : HACH

Modelo : EC – 10

➤ **Viscosímetro**

Marca : BROOKFIELD

Modelo : DV – II + Pro

➤ **Microscopio compuesto electrónico**

Marca : OLYMPUS CX – 31

➤ **Cámara Digital**

Marca : Cannon

3.2.4 Reactivos

➤ Bisulfito de sodio.

➤ Ácido sulfúrico concentrado y al 1,25%

➤ Sulfato de cobre pentahidratado.

➤ Sulfato de potasio

➤ Hidróxido de sodio 1,25%, 80%, 0,1N y 1N

➤ Ácido Clorhídrico 0,1N

➤ Ácido bórico al 4%

➤ Ácido acético 1N

➤ Yodo al 2%

➤ Alcohol etílico al 96%

➤ Yoduro de potasio KI

- Yodo metálico (I₂)
- Agua potable, destilada y desionizada.

3.3 Metodología de análisis

3.3.1 Extracción del almidón de pituca

Se realizó mediante el método húmedo, según la técnica descrita por Morales (2012), utilizada especialmente para la extracción del almidón de pituca. Se realizó algunas modificaciones y adaptaciones de acuerdo a los materiales y equipos que cuenta el laboratorio así como el licuado, el filtrado y el centrifugado con la finalidad de optimizar los rendimientos y la calidad del almidón (ver anexo 4).

Los procesos son descritos según el diagrama de flujo (figura 5)

- **Recepción:** se recolectaron cormos y cormelos frescos de pituca blanca y morada por separado, previa selección y/o clasificación por daños físicos, microbianos y según su variedad diferenciando por el color de la pulpa.
- **Pesado:** se realizó en una balanza digital electrónica de plataforma, este proceso es muy importante ya que nos permite cuantificar el rendimiento de almidón que presenta la materia prima. .
- **Lavado I:** consiste en eliminar las impurezas adheridas al tubérculo mediante inmersión y aspersión con agua potable.
- **Descascarado:** el objetivo fue retirar la cáscara de los tubérculos esta operación se realizó manualmente con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.

- **Cortado:** se cortaron en cubitos de aproximadamente 3cm^3 para facilitar el triturado.
- **Lavado II:** se realizó con agua corriente con la finalidad de eliminar las sustancias mucilaginosas del tubérculo y posteriormente se efectuó la inmersión en una solución de bisulfito de sodio 1g/L de agua destilada para evitar el pardeamiento.
- **Triturado:** se realizó en una licuadora con la adición de agua destilada en una relación de 1:3 en peso, durante 5 minutos.
- **Filtrado I:** consiste en pasar por un colador de plástico a fin de separar la suspensión (agua + almidón) y la torta I.
- **Filtrado II:** se realizó con una tela fina para separar la totalidad de la torta y obtener la suspensión mucho más puro.
- **Decantación:** la suspensión obtenida se dejó decantar por un tiempo de 72 horas a medio ambiente en recipientes de vidrio de aproximadamente un litro de capacidad con la finalidad de separar las fases sobrenadante – almidón.
- **Centrifugado:** Transcurrido este tiempo no se logró la sedimentación del almidón por lo que se acudió al centrifugado a 4900 rpm durante 5 minutos, con la finalidad de acelerar la extracción del almidón.
- **Secado:** el almidón húmedo obtenido se procedió a secar en una estufa a 40°C durante 20 horas.

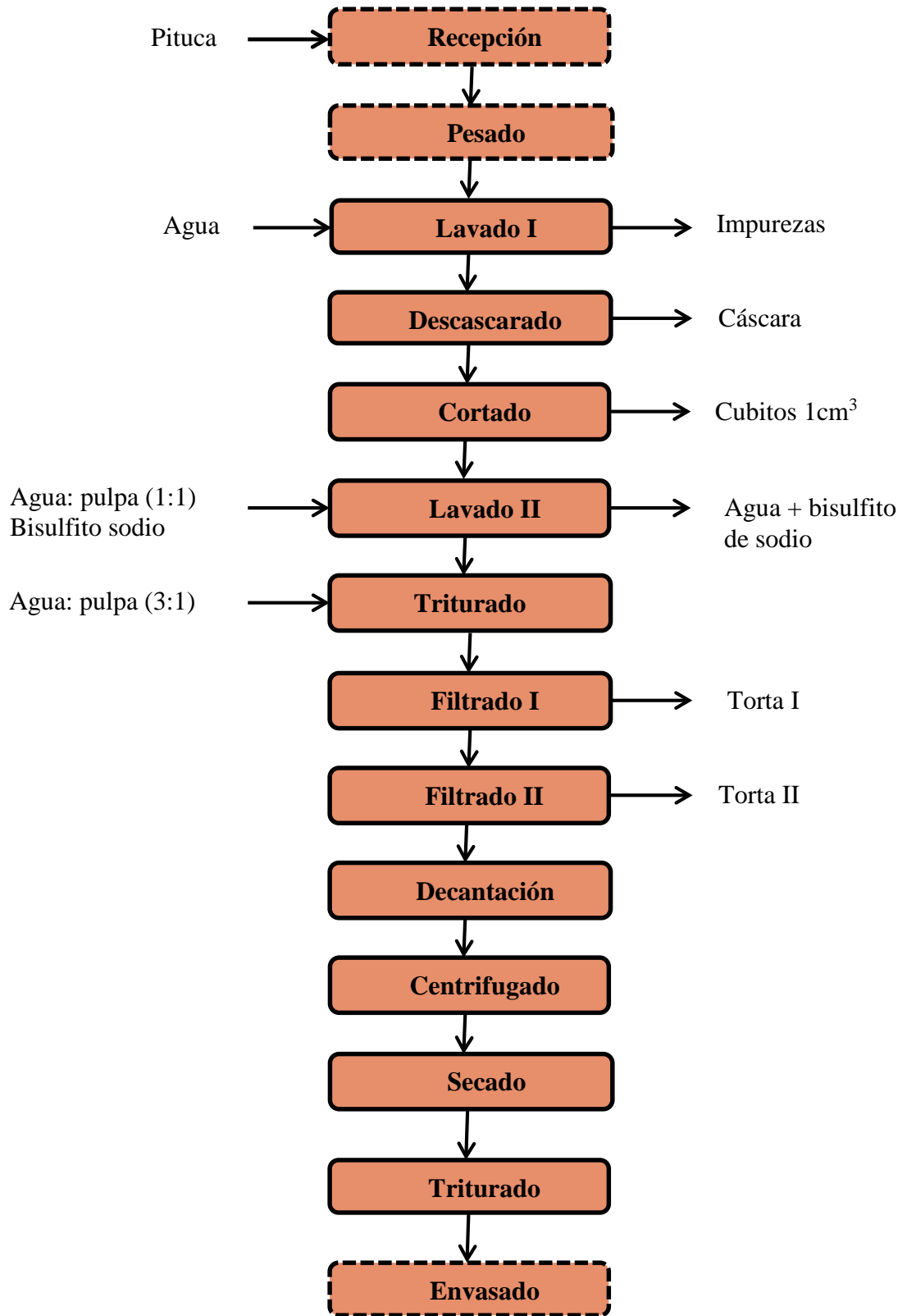


Figura 5: Diagrama de flujo de extracción del almidón de pituca

- **Molienda:** se realizó con un mortero de porcelana obteniéndose polvos muy finos.
- **Pesado:** se procedió a pesar en una balanza digital de precisión previamente tarado.
- **Envasado:** El almidón fino obtenido se envasó en frascos de plástico herméticos.

3.3.2 Caracterización fisicoquímica del almidón de pituca

La caracterización fisicoquímica se determinó mediante los métodos descritos:

1. Humedad: por el método A.O.A.C. (1998), descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.1
2. Cenizas: por el método A.O.A.C. (1998), descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.2
3. Proteínas: por el método Kjendahl recomendado por la A.O.A.C. (1998), descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.3
4. Lípidos: por el método Soxhlet recomendado por la A.O.A.C. (1998), descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.4
5. Fibra cruda: por el método A.O.A.C. (1998), descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.5
6. Carbohidratos totales: por cálculo, descrita por Huamaní (2016) Anexo 2.6
7. Acidez titulable: técnica usada ISI (1999), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 1.7
8. Determinación del pH: por el método de potenciómetro, método A.O.A.C. Internacional 943.02/05 Anexo 1.8

9. Densidad aparente (g/mL): Método del picnómetro, descrita por Huamaní (2016) Anexo 1.9

3.3.3 Caracterización funcional del almidón de pituca

- 1 Determinación de la viscosidad: técnica usada (ISI 2002), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.1
- 2 Temperatura de gelatinización (°C): técnica usada Grace (1977), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.2
- 3 Claridad de la pasta: técnica usada Craig et al. (1989), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.3
- 4 Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua (ISA) y poder de hinchamiento (PH): técnica usada Anderson et al. (1969), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.4
- 5 Porcentaje de sinéresis (%S): técnica usada Anderson et al. (1969), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.5
- 6 Contenido de amilosa y amilopectina: técnica usada (ISO 1987), descrita por Aristizábal y Sánchez (2007) Anexo 2.6
- 7 Forma de los gránulos: método McMaster (1964), descrita por Ríos (2014) Anexo 2.7

3.4 Análisis de métodos estadísticos

Se efectuó el análisis de varianza de una vía en un DCA (diseño completamente al azar) con 5% de significación y un intervalo de confianza de 95% bajo el modelo estadístico lineal siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

$i = 1; 2; \dots; t$ (tratamientos)

$j = 1; 2; \dots; r$ (repeticiones)

Donde:

Y_{ij} : Respuesta observada en el i -ésimo tratamiento, j -ésima repetición.

μ : Efecto de la media general (factor constante). Es un parámetro.

T_i : Efecto del i -ésimo tratamiento en la u.e. Es un parámetro único.

e_{ij} : Efecto de la j -ésima repetición (u.e.) sujeto al i -ésimo tratamiento. Error experimental (factor aleatorio) y el efecto no controlado.

Así como la comparación de medias para todos los resultados obtenidos de cada análisis fisicoquímico y funcional. Se procedió a reportar las medias y la desviación estándar (DS). Los datos fueron procesados con la ayuda de los programas estadísticos IBM SPSS v_23 y Microsoft Excel 2013.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Extracción del almidón

Durante el proceso de obtención del almidón se observó un comportamiento atípico en la etapa de decantación debido a que la suspensión no se separó en fases (sobrenadante – almidón) ni aún después de haber transcurrido 72 horas dejados a una temperatura ambiente, por lo que, se tuvo que centrifugar a 4900 rpm durante 5 min de esta manera se logró la sedimentación y su posterior obtención del almidón nativo de pituca de las variedades blanca y morada.

4.2 Caracterización fisicoquímica del almidón de pituca

Los almidones nativos de pituca blanca y morada se analizaron por triplicado, se realizaron los cálculos respectivos y fueron reportados (Anexo 3), con estos valores se determinó estadísticamente las medias, la desviación estándar y los análisis de varianza.

4.2.1 Rendimiento

En la tabla 10, se muestra la media y la desviación estándar del rendimiento de almidón de dos variedades de pituca, obtenidos estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 49.

Tabla 10: Media y desviación estándar del rendimiento de almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Rendimiento
Blanca	20,090	2,847	3	20,09 ± 2,85
Morada	13,160	1,785	3	13,16 ± 1,79
Total	16,625	4,350	6	

Se observa que la variedad blanca tiene un rendimiento superior frente a la variedad morada, presentando ventajas económicas por los altos contenidos de almidón.

En la tabla 11, se observa el análisis de varianza del rendimiento de almidón de dos variedades de pituca, determinadas con el 5% de nivel de significancia.

Tabla 11: Análisis de varianza del rendimiento de almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
Pituca	72,037	1	72,037	12,757	0,023
Error	22,588	4	5,647		
Total corregido	94,625	5			

El valor de ($p < 0,05$) obtenido indica que existe diferencias significativas entre los rendimientos de almidón de ambas variedades.

En el diagrama de barras de la figura 6, se observa las diferencias significativas en los rendimientos de almidón de las dos variedades de pituca.

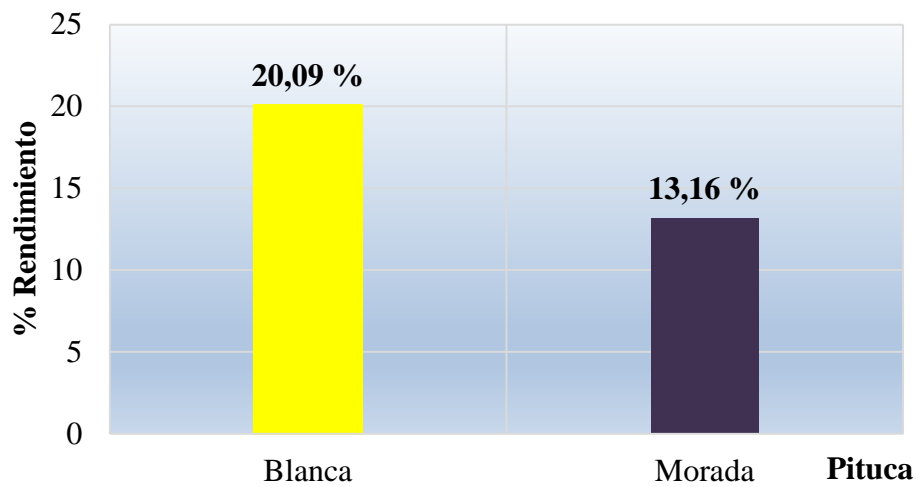


Figura 6: Media del rendimiento de almidón de pituca.

Los resultados obtenidos del almidón de pituca blanca $20,09 \pm 2,85$ es superior a 13,66% de rendimiento de almidón de pituca determinado por Castro (2010) y muy cercano a lo determinado de 22,6% por De Los Ángeles (2016).

Mientras el rendimiento obtenido de 13,16% del almidón de pituca morada es muy cercano a lo reportado de 13,66% por Castro (2010).

Las variaciones en los resultados puede deberse a muchos factores tales como métodos de extracción, factores climáticos, tipo de suelo, fertilización, riego, temperaturas diurnas y nocturnas, estado de maduración y procedencia Montenegro y Pérez, (2016)

4.2.2 Características físicas y organolépticas

En la tabla 12, se muestra las características físicas y organolépticas del almidón nativo de pituca variedades blanca y morada.

Tabla 12: Características físicas y organolépticas del almidón de pituca

Descripción	Pituca blanca	Pituca morada
Color	Blanco	Blanco
Olor	Inodoro	Inodoro
Sabor	Insípido	Insípido
Textura	Polvo fino, suave	Polvo fino, suave

Estas características cumplen con las mencionadas por Morales (2012), quien señala que los almidones tienen las características de ser polvo fino, blanco, inodoro, insípido, produce ligera crepitación cuando es comprimido entre los dedos, insoluble en agua y en alcohol.

Ambas variedades presentan ventajas debido a que cumplen con las características físicas y organolépticas de los almidones comerciales.

4.2.3 Humedad (base húmeda)

En la tabla siguiente, se observa la media y la desviación estándar del porcentaje de humedad del almidón nativo de dos variedades de pituca, determinadas estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 51.

Tabla 13: Media y desviación estándar del porcentaje de humedad del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Humedad
Blanca	8,9828	1,2812	3	8,98 ± 1,28
Morada	7,6250	0,4990	3	7,63 ± 0,50
Total	8,3039	1,1442	6	

El almidón nativo de la pituca blanca reportó el $8,98 \pm 1,28$ y la pituca morada de $7,63 \pm 0,50$; al comparar estos valores resultan muy cercanos.

En la tabla 14, se observa el análisis de varianza del porcentaje de humedad a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 14: Análisis de varianza del % de humedad del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	2,766	1	2,766	2,926	0,162
Error	3,781	4	0,945		
Total corregido	6,547	5			

Obteniéndose estadísticamente el valor de ($p > 0,05$); que indica, que no existen diferencias significativas entre ambos valores.

Asimismo en el diagrama de barras de la figura 7, se observa que la diferencia de valores es mínima resultando niveles de diferencias no significativos.

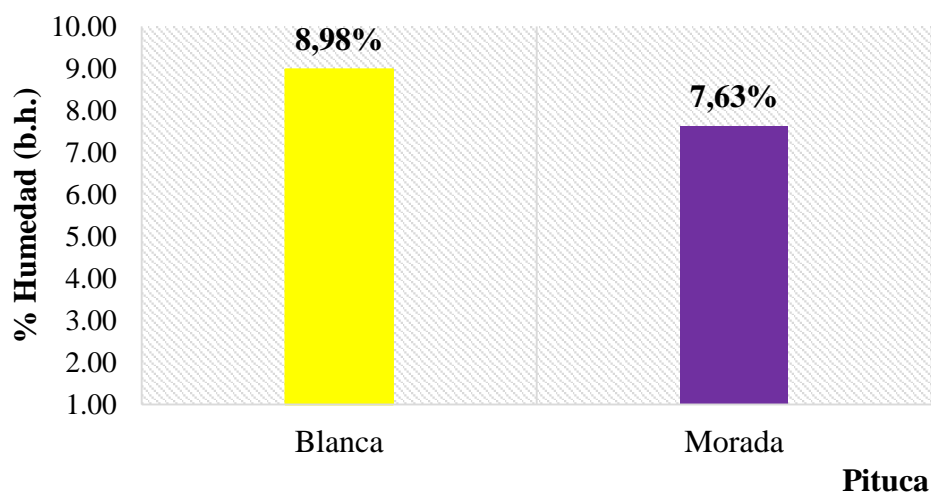


Figura 7: Media del porcentaje de humedad del almidón de pituca

Ambos valores son inferiores al reportado en la literatura para almidón de pituca blanca $14,49 \pm 0,04$ y $14,29 \pm 0,05$ para pituca morada. Estas diferencias pueden atribuirse a la técnica empleada; en una investigación determinaron el contenido de humedad en almidón de pituca empleando diversas técnicas, concluyeron que con el método Karl Fischer se obtenían valores de humedad ligeramente mayores a los obtenidos por secado en estufa a 105°C (Torres, Montero & Duran, 2013).

No obstante, los resultados obtenidos para ambos almidones son inferiores a los reportados en la literatura para almidón nativo de achira 13,60 % a 23,40 % (De León, 2015); y para almidón nativo de papa 18,00 % a 20,0 % (Ramírez, Zárate & Otálora, 2011).

Sin embargo, los valores obtenidos en este estudio se encuentran en el intervalo de humedad aceptado para productos secos con una vida de anaquel deseable y es menor al valor permitido ($< 20\%$) para otros almidones convencionales. (Torres, Montero & Duran, 2013).

4.2.4 Cenizas

En la tabla 15, se observa la media la desviación estándar del porcentaje de cenizas del almidón nativo de dos variedades de pituca, obtenidos mediante los análisis estadísticos con los datos del Anexo 3, tabla 53.

Tabla 15: Media y desviación estándar del porcentaje de cenizas del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Cenizas
Blanca	0,3900	0,04000	3	0,39 ± 0,04
Morada	0,4667	0,01528	3	0,47 ± 0,02
Total	0,4283	0,04997	6	

Reportando la variedad blanca de $0,39 \pm 0,04$ y la morada de $0,47 \pm 0,02$, resultando con contenido bajo de cenizas la variedad blanca a comparación de la morada.

De la misma manera en la Tabla 16, se observa los análisis de varianza a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 16: Análisis de varianza del % de cenizas del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,009	1	0,009	9,618	0,036
Error	0,004	4	0,001		
Total corregido	0,012	5			

Resultado que se observa valores de ($p < 0,05$); indica, que existen diferencias significativas en los porcentajes de cenizas de los almidones de ambas variedades de pituca.

En el diagrama de barras de la figura 8, se observa las diferencias significativas entre los valores.

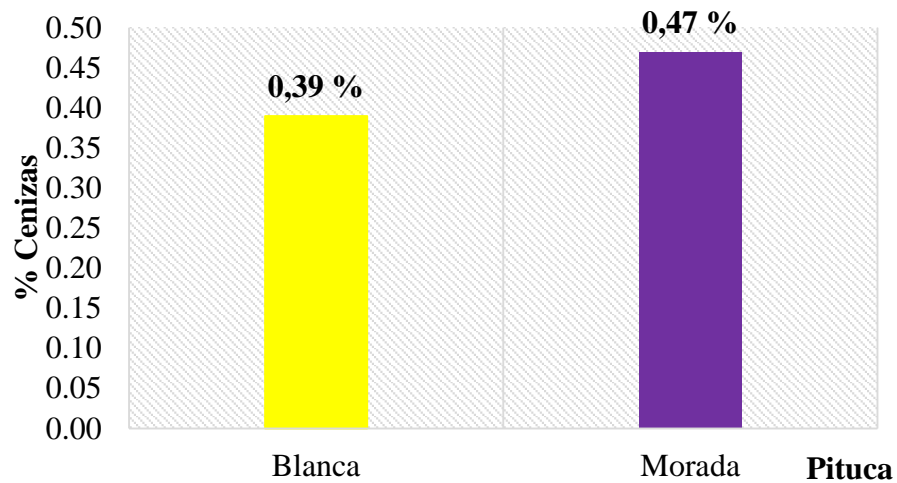


Figura 8: Media del porcentaje de cenizas del almidón de pituca

Estas diferencias podrían atribuirse a que este parámetro es característico e inherente a la especie, y puede variar según la variedad de *Colocasia esculenta* estudiada. Otro factor que incide en el contenido de ceniza es la edad del tubérculo; algunas investigaciones han reportado un aumento significativo en el contenido de fósforo a medida que el tubérculo es más maduro (Torres, Montero & Duran, 2013).

Cabe señalar que al comparar este parámetro con los valores obtenidos para almidón nativo de malanga blanca y morada de $0,27 \pm 0,01$ y $0,16 \pm 0,05$, se observó que el contenido de ceniza obtenido fue superior a los reportados por Torres, Montero & Duran, 2013 e inferior a lo reportado de $3,14 \pm 0,08$ por Álvarez, Delgado & Reyes, 2014.

Por otra parte, el contenido de ceniza para ambas muestras fue inferior a los reportados en la literatura para camote ($0,90 \pm 0,01$), maíz ($1,24 \pm 0,00$), yuca ($1,84 \pm 0,04$); similares al de arroz ($0,39 \pm 0,02$) y papa ($0,40 \pm 0,01$) reportes determinados por Acosta & Blanco, 2013.

Los almidones obtenidos se han excedido en el contenido de cenizas ya que resultó superior a los límites establecidos para almidones por Aristizábal & Sánchez, 2007; podría deberse a que el tubérculo se haya tomado en estado sobre maduro afectando negativamente la calidad del almidón ya que altos niveles de cenizas indican contaminación del producto.

4.2.5 Proteínas

En la tabla 17, se muestra la media y la desviación estándar del porcentaje de proteínas del almidón nativo de dos variedades de pituca, obtenidos del análisis estadístico (Anexo 3, tabla 54).

Tabla 17: Media y desviación estándar del porcentaje de proteínas del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Proteínas
Blanca	1,167	0,292	3	$1,17 \pm 0,30$
Morada	2,236	0,446	3	$2,24 \pm 0,45$
Total	1,701	0,676	6	

Resultando la variedad blanca de $1,17 \pm 0,30$ inferior a la morada de $2,24 \pm 0,45$ de proteínas, rangos significativamente variados entre ambos tipos de almidones.

En la siguiente tabla, se muestra el análisis de varianza del porcentaje de proteínas del almidón de pituca, determinado estadísticamente a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 18: Análisis de varianza del % de proteínas del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	G L	Media cuadrática	F	p
Pituca	1,716	1	1,716	12,100	0,025
Error	0,567	4	0,142		
Total corregido	2,283	5			

Se obtiene el valor de ($p < 0,05$); indica, que existen diferencias significativas en el porcentaje de proteínas de los almidones.

Asimismo en el diagrama de barras de la figura 9, se observa la variación de los valores con rangos significativos.

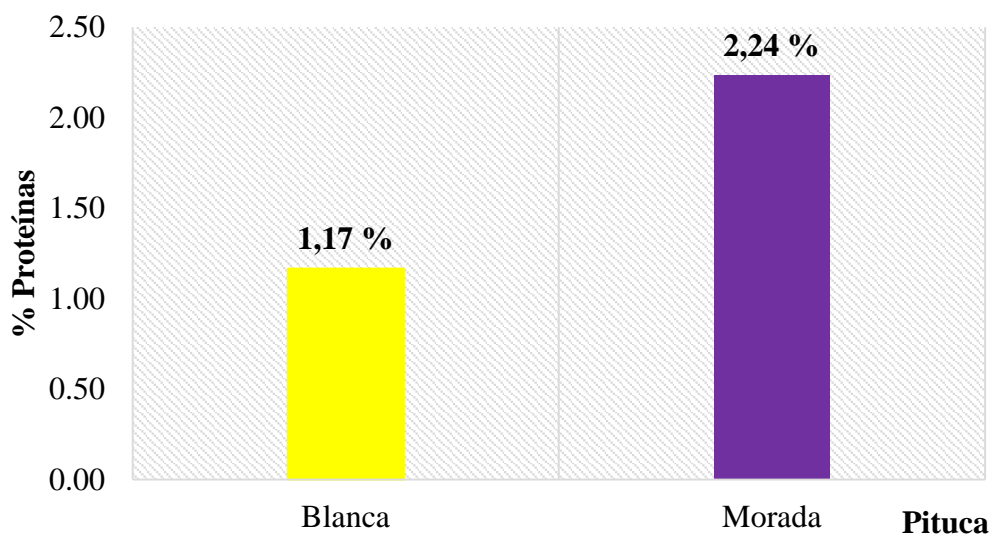


Figura 9: Media del porcentaje de proteínas del almidón de pituca

La proteína presente en el almidón nativo de pituca blanca y morada mostró diferencias significativas, encontrándose contenidos de $1,17 \pm 0,30$ y $2,24 \pm 0,45$

respectivamente; el contenido de proteína de pituca morada es superior a la blanca; y es superior al reportado en la literatura para almidón de malanga blanca ($1,5 \pm 0,03$ %) y morada ($0,57 \pm 0,07$ %) reportado por (Torres, Montero & Duran, 2013). Asimismo, estos valores obtenidos comparados con los almidones nativos de arroz ($2,74 \pm 0,05$), yuca ($4,26 \pm 0,58$) es inferior y similares a los almidones nativos de maíz ($1,23 \pm 0,04$) y papa ($2,25 \pm 0,41$) reportados por Acosta & Blanco, (2013).

Aristizábal & Sánchez (2007), señala que la proteína residual afecta el sabor y olor de los almidones de cereales y tienden a formar espuma. Valores altos en el contenido de nitrógeno total, indican un proceso de extracción de almidón no eficiente y puede afectar en la funcionalidad del producto final.

Conviene destacar que los contenidos altos de proteína cruda y por ende del porcentaje de nitrógeno total encontrados en los almidones de pituca blanca y morada ($0,18\% N_2$ y $0,35\% N_2$) están por encima del nivel permitido por lo cual los hace poco factibles para la producción de jarabes con alto contenido de glucosa, considerando que se favorecerían así las reacciones de Maillard que se pueden presentar durante el proceso de producción de estos productos (Torres, Montero & Duran, 2013).

4.2.6 Fibra cruda

En la tabla 19, se observa la media y la desviación estándar del porcentaje de fibra de los almidones nativos de pituca, determinados estadísticamente con los datos obtenidos de Anexo 3, tabla 55.

Tabla 19: Media y desviación estándar del porcentaje de fibra del almidón de pituca.

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Fibra
Blanca	0,557	0,196	3	0,56 ± 0,20
Morada	1,890	0,381	3	1,90 ± 0,38
Total	1,223	0,779	6	

La variedad blanca reporta $0,56 \pm 0,20$ resultando inferior a la morada de $1,90 \pm 0,38$, valores significativamente diferenciados entre ambos.

En la tabla 20, se muestra el análisis de varianza del porcentaje de fibra, determinado estadísticamente a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 20: Análisis de varianza del porcentaje de fibra del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	2,667	1	2,667	29,028	0,006
Error	0,367	4	0,092		
Total corregido	3,034	5			

Obteniéndose valores de ($p < 0,05$); indica, que existen diferencias significativas en el contenido de fibra de los almidones nativos obtenidos.

En el diagrama de barras de la figura 10, se observa las diferencias significativas de los valores con rangos altos de variación.

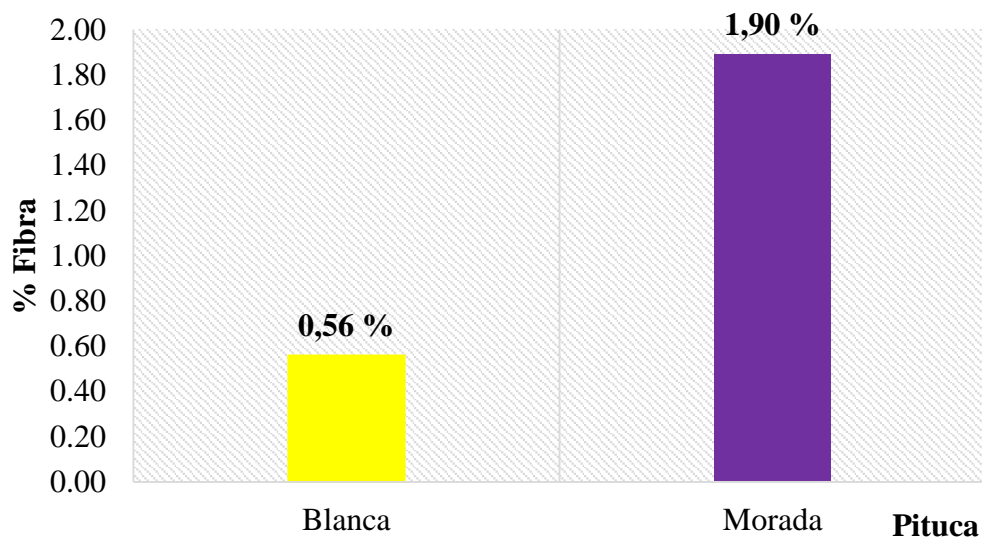


Figura 10: Media del porcentaje de fibra del almidón de pituca

En los almidones nativos de pituca blanca y morada estudiados se observan diferencias significativas en el contenido de fibra de $(0,56 \pm 0,20)$ y $(1,90 \pm 0,38)$ respectivamente, estos resultados son superiores a los reportados en otras investigaciones donde al caracterizar almidón de pituca blanca y morada se reportaron $(0,57 \pm 0,00)$ y $(0,67 \pm 0,19)$ por Torres, Montero & Duran, (2013).

Estas diferencias están relacionadas con el método de extracción del almidón; es posible que el contenido de este componente haya sido afectado por el tipo de tamiz empleado durante la etapa de filtrado, por lo que afecta negativamente a la calidad del almidón.

Además estos valores obtenidos son inferiores a los de ñame $(3,90 \pm 0,00)$ y camote $(3,48 \pm 0,14)$ similares a los de maíz $(1,7 \pm 0,03)$, arroz $(1,65 \pm 0,04)$ y yuca $(1,56 \pm 0,02)$ reportados por Acosta & Blanco, 2013.

4.2.7 Grasa total

En la tabla 21, se observa la media y la desviación estándar del porcentaje de grasa del almidón de dos variedades de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 56.

Tabla 21: Media y desviación estándar del porcentaje de grasa del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Grasa
Blanca	0,750	0,368	3	0,75 ± 0,37
Morada	0,400	0,138	3	0,40 ± 0,14
Total	0,575	0,314	6	

La variedad blanca reporta $0,75 \pm 0,37$ y la morada de $0,40 \pm 0,14$, estos valores obtenidos son muy cercanos por lo que no representan diferencias significativas.

Mientras en la tabla 22, se observa el análisis de varianza del porcentaje de grasa a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 22: Análisis de varianza del % de grasa del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,184	1	0,184	2,386	0,197
Error	0,308	4	0,077		
Total corregido	0,492	5			

Obteniéndose el valor de ($p > 0,05$); indica, que no existen diferencias significativas en los porcentajes de grasa de los almidones.

En el diagrama de barras de la figura 11, se observa que no existen diferencias significativas entre ambos valores determinados.

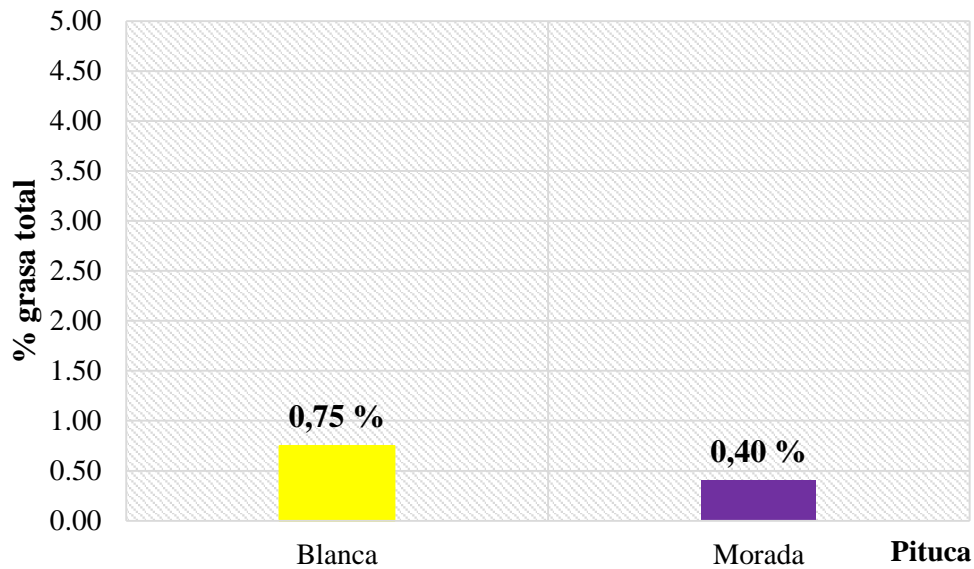


Figura 11: Media del porcentaje de grasa del almidón de pituca.

Entre ambos valores el contenido de grasa de la variedad morada está muy cercano a lo reportado por Sánchez & Alvarado, (2015); de 0,41% como almidón de *Colocasia esculenta*.

Además el porcentaje de grasa obtenido del almidón de pituca blanca ($0,75 \pm 0,37$) es similar al de maíz ($0,75 \pm 0,01$) y superior al de arroz ($0,40 \pm 0,03$), ñame ($0,22 \pm 0,01$) y camote ($0,52 \pm 0,01$), mientras la variedad morada presenta contenidos de grasa inferiores a los de maíz y camote; similares a los arroz y superiores a ñame y yuca ($0,12 \pm 0,10$) investigaciones realizadas por Acosta & Blanco, (2013).

El contenido alto de lípidos o grasas en el almidón de pituca blanca no es favorable, podrían formar complejos con la amilosa lo cual reprime el hinchamiento y la solubilidad de los gránulos de almidón, requiriendo altas temperaturas ($> 125^{\circ}\text{C}$) además de crear problemas durante el almacenamiento (rancidez) según Aristizábal & Sánchez, (2007).

4.2.8 Carbohidratos totales

En la tabla 23, se observa el porcentaje de carbohidratos totales del almidón de pituca, determinados por diferencia.

Tabla 23: Porcentaje de carbohidratos totales del almidón de pituca

Descripción	Pituca blanca	Pituca morada
Carbohidratos totales	88,15 \pm 2,18	87,38 \pm 1,48

Para los carbohidratos, el mayor porcentaje lo obtuvo la variedad blanca. Estos valores son mayores a los reportados por otros autores, haciendo de esta una mejor opción para la obtención de almidón.

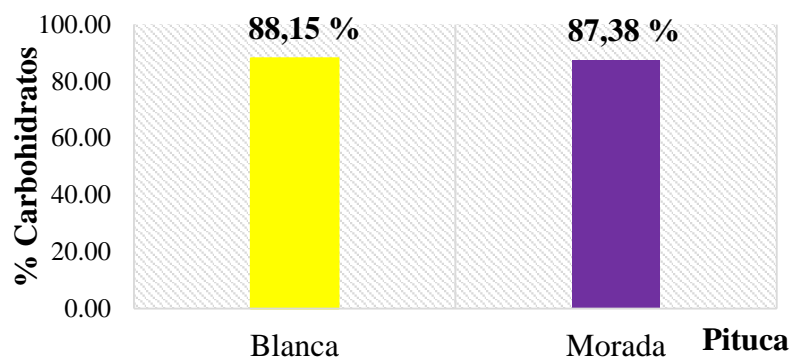


Figura 12: Porcentaje de carbohidratos totales del almidón de pituca.

Así tenemos los reportes realizados para tres variedades de quinua, reportándose la negra 71,30%; roja 68,79 y pasankalla 68,79% realizados por Arzapalo, Huamán, Quispe & Espinoza, (2015); y 82,13% para achira reportado por De León, (2015).

Este factor es favorable ya que altos contenidos de carbohidratos asimismo refleja altos porcentaje de almidón puro.

4.2.9 Acidez titulable

En la tabla 24, se observa la media y la desviación estándar del porcentaje de acidez titulable del almidón nativo de dos variedades de pituca, determinado estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 57.

Tabla 24: Media y desviación estándar del porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Acidez titulable x 10 ⁻³
Blanca	0,00294	0,00049	3	2,94 ± 0,00
Morada	0,00376	0,00075	3	3,76 ± 0,00
Total	0,00335	0,00072	6	

Obteniéndose para la variedad blanca $2,94 \times 10^{-3}$ y la morada de $3,76 \times 10^{-3}$ expresados como ácido sulfúrico, estos valores obtenidos son muy cercanos.

En la tabla 25, se observa el análisis de varianza del porcentaje de acidez titulable a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 25: Análisis de varianza del % de acidez titulable del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	1,000E-6	1	1,000E-6	2,500	0,189
Error	1,601E-6	4	4,002E-7		
Total corregido	2,601E-6	5			

Se obtiene un valor de ($p > 0,05$); indica, que entre estos resultados no existen diferencias significativas.

En el diagrama de barras de la siguiente figura, se observa que los rangos de valores son muy cercanos.

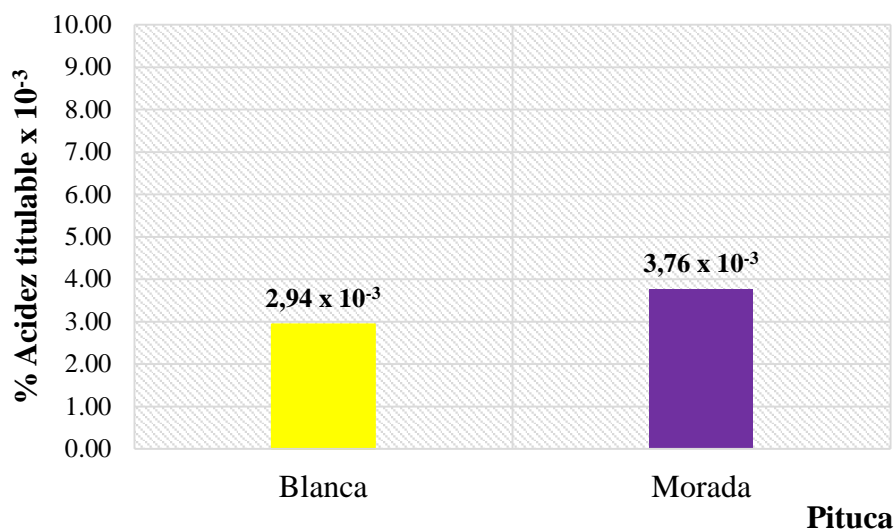


Figura 13: Media del porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca

Estos resultados de acidez titulable de pituca blanca y morada; $2,94 \times 10^{-3}$ y $3,76 \times 10^{-3}$ respectivamente; expresados como ácido sulfúrico; se encuentran fuera de los rangos establecidos para un almidón de buena calidad. Los mismos que equivalen a $5,40 \times 10^{-3}$ y $6,91 \times 10^{-3}$ expresado como ácido láctico.

Aristizábal & Sánchez (2007), menciona que la acidez titulable para un almidón de buena calidad debe estar dentro del rango $2,2 \times 10^{-3} - 5,0 \times 10^{-3}$ % meq. de ácido láctico/g de almidón.

La determinación de ácido sulfúrico en harinas o almidones, se realiza para saber el grado de deterioro por acción microbiana, los valores altos de acidez en el almidón nativo de pituca extraído de dos variedades indican que es susceptible a las reacciones de fermentación pero es favorecido por su baja humedad lo que impide la proliferación de hongos y levaduras y en su conservación por un tiempo prolongado (Aristizábal y Sánchez 2007).

4.2.10 pH

En la tabla 26, se observa la media y la desviación estándar del pH del almidón de dos variedades de pituca, determinados estadísticamente con los datos obtenidos del Anexo 3, tabla 58.

Tabla 26: Media y desviación estándar del pH del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	pH
Blanca	6,40	0,015	3	$6,40 \pm 0,02$
Morada	5,67	0,031	3	$5,67 \pm 0,03$
Total	6,04	0,400	6	

El pH de la variedad blanca reporta de $6,40 \pm 0,02$ y la morada de $5,67 \pm 0,03$; mostrando valores muy diferenciados entre ambos.

La tabla 27, muestra el análisis de varianza del pH del almidón, determinado a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 27: Análisis de varianza del pH del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,799	1	0,799	1370,314	0,000
Error	0,002	4	0,001		
Total corregido	0,802	5			

Obteniéndose un valor de ($p < 0,05$); por lo tanto existen diferencias significativas en el pH de los almidones.

De la misma manera en el diagrama de barras de la figura 14, se observa que los rangos en los valores presentan diferencias significativas.

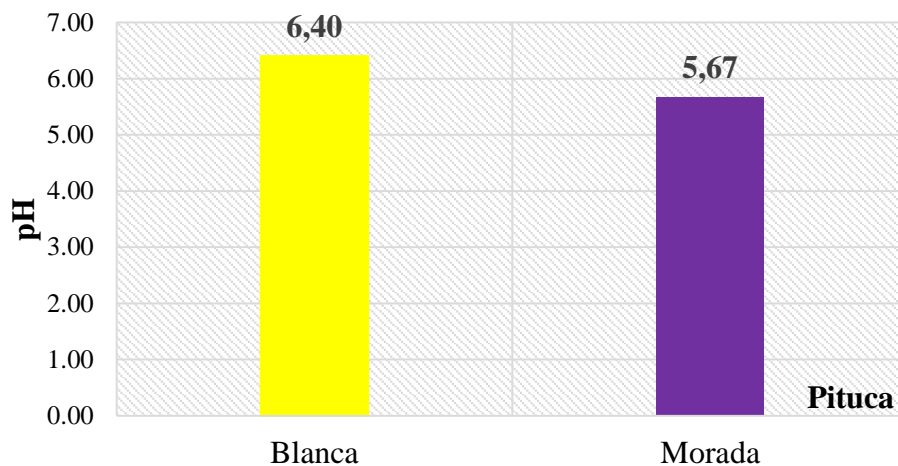


Figura 14: Media del pH del almidón de pituca

Los valores de pH del almidón nativo de pituca blanca y morada fueron ($6,40 \pm 0,02$ y $5,67 \pm 0,03$) respectivamente. El pH de la variedad blanca se encuentra

dentro del rango mencionado por Aristizábal y Sánchez (2007) para un almidón de buena calidad (6 – 6,5) y mientras el pH del almidón morado está fuera de los rangos.

El pH influye en la formación de geles puesto que valores más cercanos a 7, la temperatura de gelatinización se reduce y el proceso de cocción acelera (Badui 2006).

Asimismo tenemos reportes de la yuca $5,70 \pm 0,03$ siendo similar al pH de pituca morada, achira $6,41 \pm 0,04$; arracacha $6,41 \pm 0,04$; similar al de pituca blanca, tenemos también algunos almidones nativos con pH bajos tales como maíz $6,57 \pm 0,035$, ñame $7,19 \pm 0,042$; papa $7,19 \pm 0,042$ reportados por Acosta & Blanco, (2013).

El valor de pH y de la acidez titulable son buenas medidas del grado de fermentación del almidón. El pH disminuye a 4,0 cuando sucede una fermentación ácida. El crecimiento de hongos libera amoníaco e incrementa el valor del pH.

4.2.11 Densidad aparente (g/mL)

La tabla 28, muestra la media y la desviación estándar de la densidad del almidón de dos variedades de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 59.

Tabla 28: Media y desviación estándar de la densidad del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	Densidad
Blanca	1,412	0,058	3	1,41 ± 0,06
Morada	1,531	0,069	3	1,53 ± 0,07
Total	1,472	0,087	6	

Reportando la variedad morada de $1,53 \pm 0,06$ y la blanca de $1,41 \pm 0,06$; obteniéndose valores muy cercanos.

En la tabla 29, se observa el análisis de varianza de la densidad de los almidones nativos determinados a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 29: Análisis de varianza de la densidad del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,021	1	0,021	5,082	0,087
Error	0,016	4	0,004		
Total corregido	0,037	5			

Se muestra un valor de ($p > 0,05$); en consecuencia, no existen diferencias significativas en la densidad de los almidones nativos de las variedades en estudio.

En el diagrama de barras de la figura 15, se observa que los rangos de valores no se diferencian.

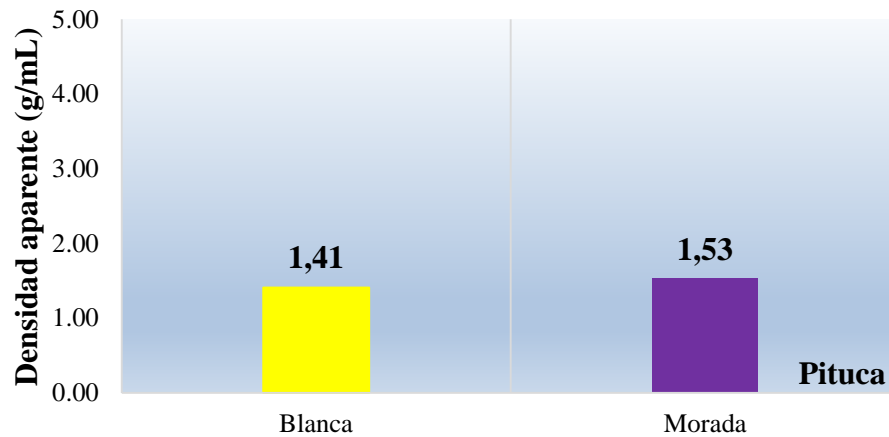


Figura 15: Media de la densidad del almidón de pituca

Los resultados obtenidos de la densidad del almidón nativo de pituca de las variedades blanca y morada $1,41 \pm 0,06$ g/mL y 1,53 g/mL respectivamente, presentan valores muy cercanos entre ambos.

Según Aristizábal y Sánchez (2007), el almidón debe tener una densidad promedio de 1,560 g/mL. Por lo tanto los valores obtenidos están dentro de los rangos de calidad, siendo muy próximo el almidón de la pituca morada seguido de la blanca.

4.3 Caracterización funcional del almidón de pituca

4.3.1 Viscosidad aparente (cps)

En la Tabla 30, se muestra la viscosidad aparente del almidón nativo de dos variedades de pituca realizados a diferentes temperaturas.

Tabla 30: Viscosidad aparente (cps) del almidón de pituca

Temperatura	Pituca blanca	Pituca morada
25°C	3185	2447
30°C	2705	2142
35°C	2304	1830

Los resultados reportados muestran una diferencia significativa en la viscosidad de los almidones de pituca blanca y morada determinados a 25 °C y a una velocidad de 100 rpm, de 3185 y 2447 cps respectivamente.

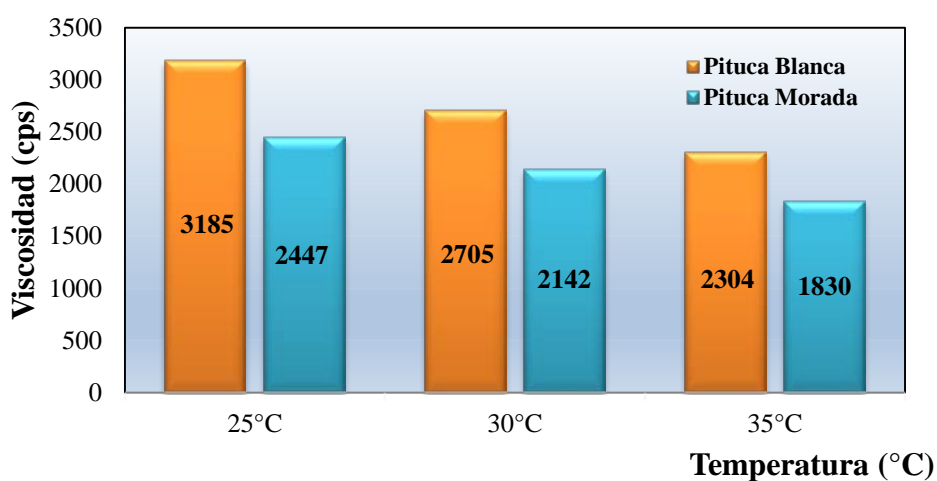


Figura 16: Influencia de la temperatura en la viscosidad del almidón de pituca.

Además según la Figura 16, se observa a mayor temperatura la viscosidad disminuye y a menor temperatura hay un incremento en la viscosidad, además

depende de la concentración de la solución y la velocidad del esfuerzo cortante en estudio.

Aristizábal y Sánchez (2007), menciona en general el valor de la viscosidad en los geles de yuca con una concentración del cinco por ciento, a 25°C, con una velocidad de 10 RPM, varía entre 840 - 1 500 cps.

4.3.2 Temperatura de gelatinización (°C)

En este análisis se han determinado la temperatura de gelatinización inicial (T_i °C) el cambio de la coloración inicial y por otro lado la temperatura de gelatinización final (T_f °C) la desaparición total del color de los geles de almidón.

4.3.2.1 Temperatura de gelatinización inicial (T_i °C)

La tabla 31, muestra la media de la temperatura de gelatinización inicial del almidón nativo de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 61.

Tabla 31: Media y desviación estándar de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	T_i (°C)
Blanca	48,67	3,055	3	$49,0 \pm 3,0$
Morada	42,00	2,000	3	$42,0 \pm 2,0$
Total	45,33	4,320	6	

La variedad morada reporta $42,0 \pm 2,0$ °C inferior a la blanca de $49,0 \pm 3,0$ °C; estos valores presentan rangos significativamente diferenciados.

En la tabla 32, se observa el análisis de varianza de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca determinado a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 32: Análisis de varianza de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	104,167	1	104,167	32,895	0,005
Error	12905,000	6			
Total corregido	116,833	5			

Se obtiene un valor de ($p < 0,05$); por lo tanto, existe diferencias significativas en las temperaturas de gelatinización inicial de los almidones.

Del mismo modo en el diagrama de barras de la figura 17, se observa las diferencias significativas entre ambos valores.

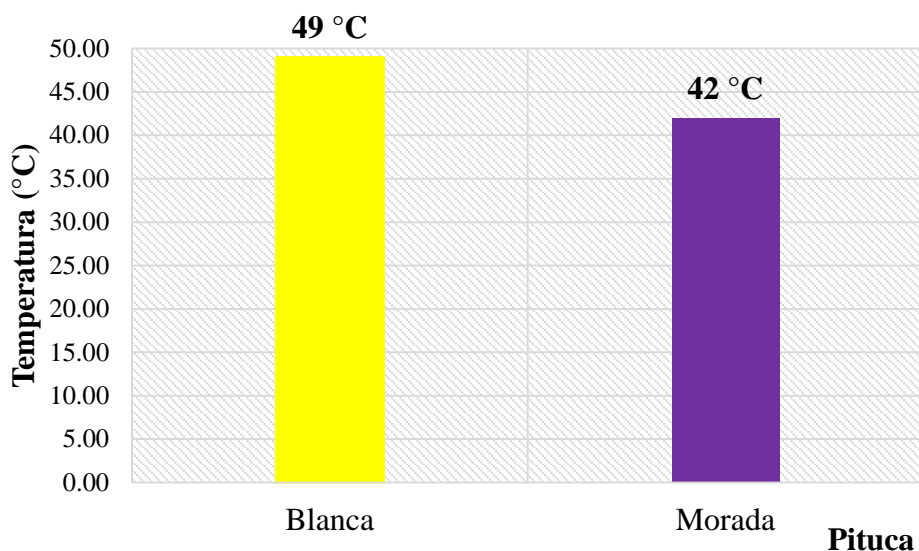


Figura 17: Media de la temperatura de gelatinización inicial del almidón de pituca

Estos valores son inferiores a los reportados para almidones nativos de achira morada (59 °C) y la achira blanca (60 °C) por Quicaña, (2015).

Al comparar los valores obtenidos para almidones nativos de otros tubérculos, se observa que son inferiores a los rangos obtenidos tales como; para el almidón de papa se han reportado 56°C, yuca 58 °C, y ñame 75 °C por (Torres, Montero & Duran, 2013).

Debido a esta baja temperatura, los almidones de pituca blanca y morada hacen factible su inclusión en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos tipo chiclosos o natillas, pudines, entre otros. (Torres, Montero & Duran, 2013).

4.3.2.1 Temperatura de gelatinización final (T_f °C)

La tabla 33, muestra la media y la desviación estándar de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 61.

Tabla 33: Media y desviación estándar de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	T_f (°C)
Blanca	65,00	3,000	3	$65,0 \pm 3,0$
Morada	58,00	2,646	3	$58,0 \pm 3,0$
Total	61,50	4,593	6	

Reportando la variedad morada de $58,0 \pm 3,0$ °C inferior a la blanca de $65,0 \pm 3,0$ °C; mostrando valores significativamente diferenciados entre ambos valores.

En la tabla 34, se muestra el análisis de varianza de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca, determinado estadísticamente a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 34: Análisis de varianza de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	73,500	1	73,500	9,187	0,039
Error	32,000	4	8,000		
Total corregido	105,500	5			

Se obtiene un valor de ($p < 0,05$); indica que existen diferencias significativas en la temperatura de gelatinización final (desaparición del color de los geles) de ambos tipos de almidón.

En el diagrama de barras de la figura 18, se observa las diferencias significativas entre ambos valores.

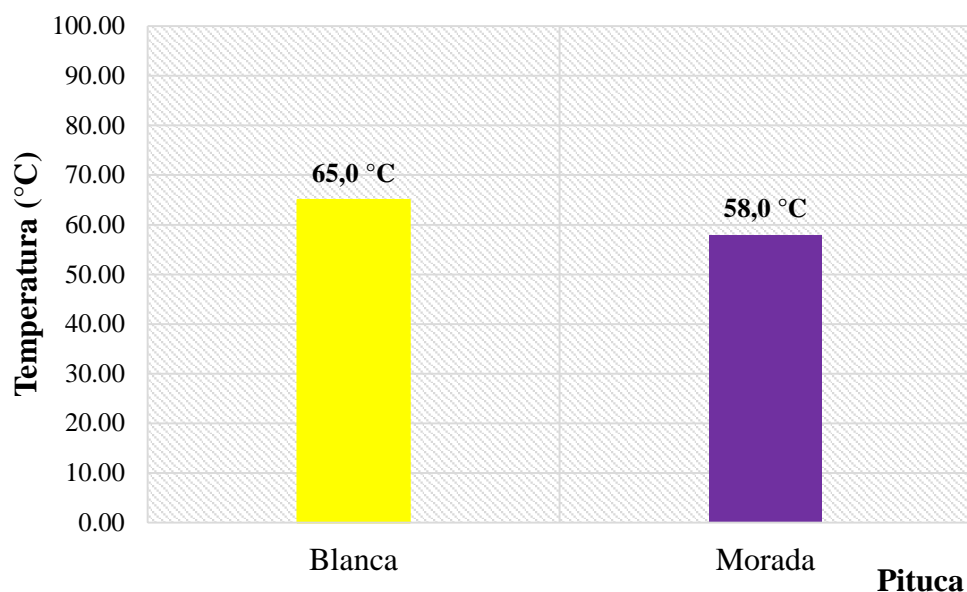


Figura 18: Media de la temperatura de gelatinización final del almidón de pituca

Estos valores son inferiores con los reportados para almidones nativos de achira morada (71 °C) y achira blanca (72 °C), por Quicaña (2015).

Una mayor temperatura de gelatinización en almidones nativos refleja una mayor estabilidad interna del gránulo de almidón, normalmente asociada a una mayor presencia de zonas semicristalinas y a un mayor contenido de amilosa. De igual forma, puede relacionarse con un menor tamaño de los gránulos del almidón que permite una menor penetración del agua a su interior y, por tanto, menores temperaturas para gelatinizar. (Torres, Montero & Duran, 2013).

Tabla 35: Temperatura de gelatinización inicial y final del almidón de pituca.

Pituca	Ti(°C)	Tf (°C)
Blanca	49,0 ± 3,0	65,0 ± 3,0
Morada	42,0 ± 2,0	58,0 ± 3,0

En la tabla 35, se observa las temperaturas de gelatinización inicial y final de los almidones en estudio, estos reflejan que el almidón de la pituca morada presentan temperaturas de gelatinización inferiores con respecto al almidón de la pituca blanca.

4.3.3 Claridad de la pasta

La claridad indica el grado de transparencia de las pastas y está directamente relacionada con el estado de dispersión de los solutos y con la tendencia a la retrogradación de los almidones. La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad (Aristizábal y Sánchez, 2007)

La tabla 36, muestra la media y la desviación estándar del porcentaje de transmitancia del almidón de dos variedades de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 57.

Tabla 36: Media y desviación estándar del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca.

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Transmitancia
Blanca	2,966	0,080	3	2,97 ± 0,10
Morada	3,235	0,030	3	3,24 ± 0,03
Total	3,101	0,157	6	

Reportando la variedad morada de $3,24 \pm 0,03$ superior a la variedad blanca de $2,97 \pm 0,10$.

La tabla 37, muestra el análisis de varianza del porcentaje de transmitancia determinado a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 37: Análisis de varianza del % de transmitancia del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	4,441	1	4,441	9950,054	0,000
Error	0,002	4	0,000		
Total corregido	4,443	5			

Obteniéndose un valor de ($p < 0,05$); indica que existe diferencias significativas en la transmitancia de los almidones en estudio.

En el diagrama de barras de la figura 19, se observa que en los rangos de valores existen diferencias significativas.

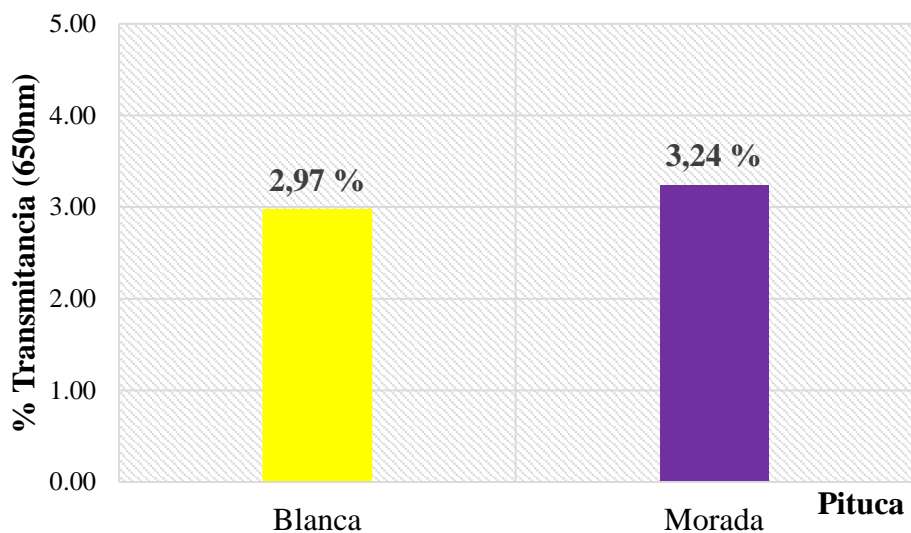


Figura 19: Media del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca

Los valores obtenidos están por debajo de 40% por lo que las pastas son consideradas opacas o turbias. Ya que esta característica es una desventaja para los almidones nativos que presenta limitaciones para su uso industrial (Aristizábal y Sánchez, 2007)

4.3.4 Índice de absorción de agua (IAA), índice de solubilidad en agua ISA (%) y poder de hinchamiento (PH)

Cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del granulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón (Aristizábal y Sánchez, 2007)

4.3.4.1 Índice de absorción de agua (g gel/g muestra)

En la tabla 38, se observa la media y la desviación estándar del índice de absorción de agua (IAA) del almidón nativo de dos variedades de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 63.

Tabla 38: Media y desviación estándar del índice de absorción de agua (IAA) del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	IAA
Blanca	2,87	0,08	3	2,87 ± 0,1
Morada	2,70	0,20	3	2,70 ± 0,2
Total	2,78	0,16	6	

Reportando la variedad blanca de $2,87 \pm 0,1$ valor muy cercano a la variedad morada de $2,70 \pm 0,20$.

La tabla siguiente, muestra el análisis de varianza del índice de absorción de agua (IAA) a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 39: Análisis de varianza del IAA del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,045	1	0,045	2,015	0,229
Error	0,089	4	0,022		
Total corregido	0,135	5			

Se obtiene un valor de ($p > 0,05$); indica que no existen diferencias significativas en los índices de absorción de agua de los almidones.

Del mismo modo en el diagrama de barras de la figura 20, se puede observar que los rangos de valores son muy cercanos no existe diferencias significativas.

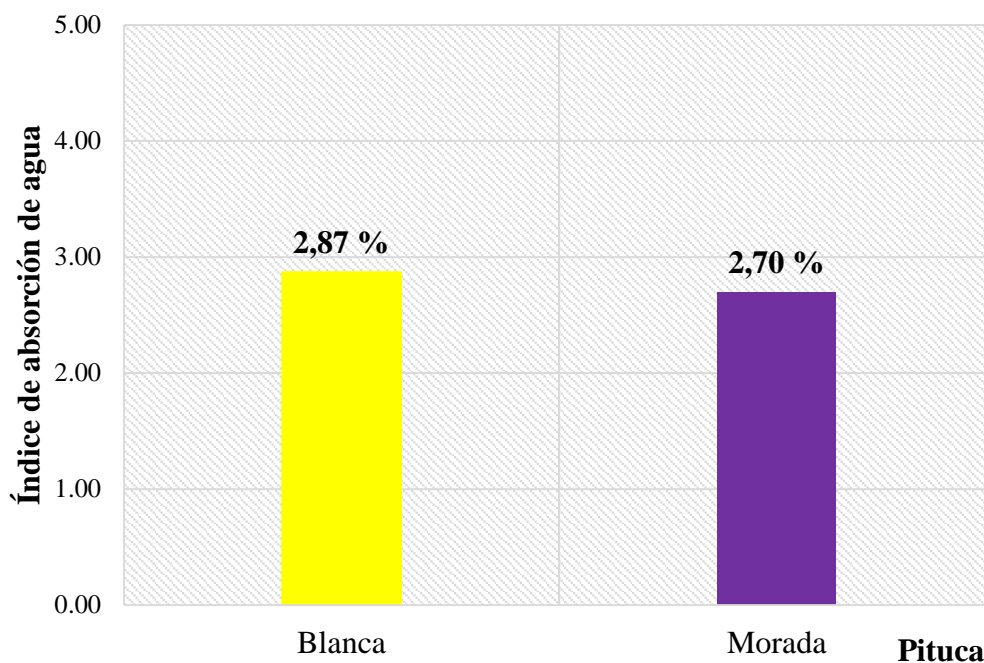


Figura 20: Media del índice de absorción de agua (IAA) del almidón de pituca

El IAA de los almidones de pituca blanca y morada no presentó diferencias significativas, $2,87 \pm 0,1$ y $2,70 \pm 0,2$, respectivamente.

Ambos resultados fueron superiores a los encontrados en la literatura para almidones de dos variedades de malanga blanca y morada $1,79 \pm 0,1$ y $1,88 \pm 0,02$; cercanos a los de ñame (2,32 - 2,39), e inferiores a los de papa (5,83) y yuca (4,63 a 4,80). Estas diferencias en el IAA de almidones nativos de malanga, ñame, papa y yuca pueden estar relacionada con la fuente biológica, con el tamaño y la forma del gránulo (Torres, Montero & Duran, 2013).

4.3.4.2 Índice de solubilidad en agua (%)

En la tabla 40, se muestra la media y la desviación estándar del índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 63.

Tabla 40: Media y desviación estándar del índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de pituca.

Pituca	Media	Desviación estándar	N	ISA
Blanca	2,79	0,198	3	$2,79 \pm 0,20$
Morada	3,85	0,083	3	$3,85 \pm 0,08$
Total	3,32	0,599	6	

Reportando la variedad blanca de $2,79 \pm 0,2$ inferior a la variedad morada de $3,85 \pm 0,08$.

En la tabla 41, se observa el análisis de varianza de índice de solubilidad en agua (ISA) del almidón de pituca, determinado a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 41: Análisis de varianza del ISA del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	1,707	1	1,707	80,949	0,001
Error	0,084	4	0,021		
Total corregido	1,791	5			

Obteniéndose valores de ($p < 0,05$); indica que existen diferencias significativas en los índices de solubilidad en agua de los almidones.

De la misma manera en el diagrama de barras de la figura 21, se observa las variaciones en los rangos de ambos valores.

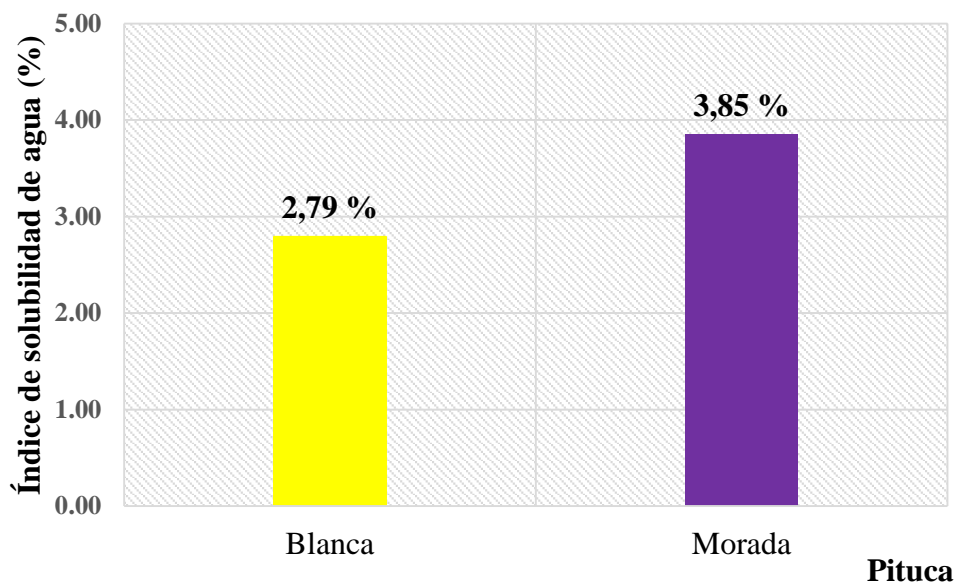


Figura 21: Media del índice de solubilidad en agua ISA del almidón de pituca

Ambos resultados son inferiores a los almidones de malanga blanca y morada de $12,8 \pm 0,3$ y $23,07 \pm 0,21$ y cercanos a los de ñame (1,25 % a 2,79 %), yuca (2,60% a 3,70%) y papa (2,97%). Sin embargo, según otras fuentes, en el almidón de yuca el índice de solubilidad en agua varía entre 0,27 - 12,32% (Aristizábal & Sánchez, 2007). Por lo tanto, los valores obtenidos del almidón nativo de pituca blanca y morada se consideran dentro de los rangos establecidos.

Además el menor valor ISA obtenido de los almidones nativos de pituca blanca y morada es posible que se deba al mayor contenido de amilopectina presente en los almidones de las dos variedades de pituca. Investigadores plantearon la posibilidad de que las ramificaciones laterales (amilopectina) de las moléculas del almidón y un menor tamaño del gránulo facilitan la entrada del agua a los espacios intermoleculares, aumentando la solubilidad de los polímeros, siendo la amilopectina la de mayor proporción de disolución; esto, desde luego, incide en el aumento de solubilidad de las moléculas en el agua y en la estabilidad de la viscosidad (Torres, Montero & Duran, 2013).

4.3.4.3 Poder de hinchamiento (PH)

En la tabla 42, se muestra la media y la desviación estándar del poder de hinchamiento del almidón de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 63.

Tabla 42: Media y desviación estándar del poder de hinchamiento del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	PH
Blanca	2,956	0,176	3	2,96 ± 0,18
Morada	2,597	0,129	3	2,60 ± 0,13
Total	2,776	0,240	6	

Reportando la variedad blanca de $2,96 \pm 0,18$ superior a la variedad morada de $2,60 \pm 0,13$

La tabla 43, muestra el análisis de varianza del poder de hinchamiento del almidón de pituca a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 43: Análisis de varianza del poder de hinchamiento del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	0,194	1	0,194	8,134	0,046
Error	0,095	4	0,024		
Total corregido	0,289	5			

Se obtiene valores de ($p < 0,05$); indica que existen diferencias significativas en el poder de hinchamiento de los almidones.

Del mismo modo en el diagrama de barras de la figura 22, se observa que los rangos de valores son diferenciados.

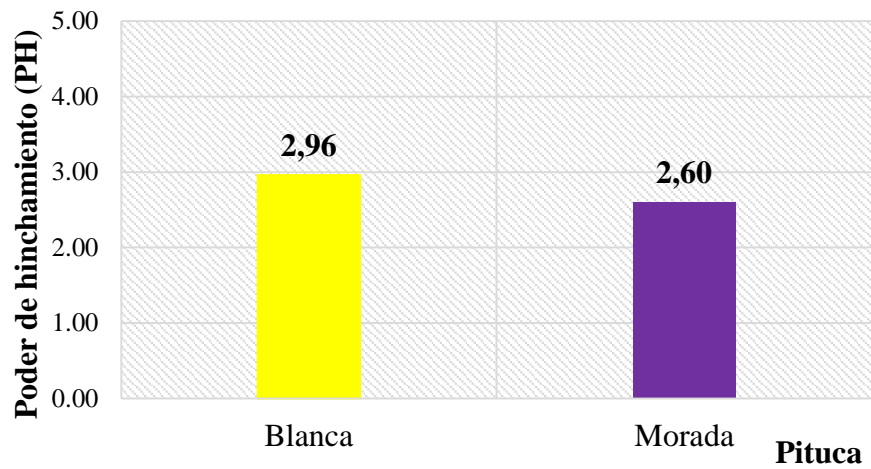


Figura 22: Media del poder de hinchamiento (PH) del almidón de pituca

Mientras si comparamos con los almidones de otros tubérculos realizados a 95°C se obtuvieron para yuca $9,65 \pm 1,03$, maíz $26,85 \pm 0,26$ y ñame $26,58 \pm 0,0$; los valores son inferiores por lo tanto el IAA, ISA y PH dependen de la temperatura de análisis a mayor temperatura son mayores los resultados obtenidos.

Estos valores de IAA, ISA y PH están dentro de los rangos establecidos por Aristizábal & Sánchez, (2013); el índice de absorción de agua en el almidón de yuca varía entre 0,82 y 15,52 g gel/g muestra; el índice de solubilidad en agua entre 0,27-12,32 por ciento y el poder de hinchamiento entre 0,79 y 15,45.

4.3.5 Relación de amilosa y amilopectina

Después de dispersar, gelatinizar y reaccionar con yodo los gránulos de almidón, se mide colorimétricamente el complejo yodo-amilosa.

4.3.5.1 Amilosa

En la tabla 44, se muestra la media y la desviación estándar del porcentaje de amilosa del almidón de pituca, determinados estadísticamente con los datos del Anexo 3, tabla 66.

Tabla 44: Media y desviación estándar del porcentaje de amilosa del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Amilosa
Blanca	20,410	2,916	3	20,41 ± 2,92
Morada	18,603	1,734	3	18,60 ± 1,73
Total	19,507	2,363	6	

Reportando la variedad blanca de $20,41 \pm 2,92$ muy cercano a la variedad morada de $18,60 \pm 1,73$.

En la tabla 45, se observa el análisis de varianza del porcentaje de amilosa determinado a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 45: Análisis de varianza del % de amilosa del almidón de pituca

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	p
Pituca	4,896	1	4,896	0,851	0,409
Error	23,017	4	5,754		
Total corregido	27,914	5			

Obteniéndose el valor de ($p > 0,05$); indica que no existen diferencias significativas en los contenidos de amilosa de los almidones nativos de las variedades en estudio.

Del mismo modo se puede observar en el diagrama de barras de la figura 23, entre los rangos de valores no existen diferencias significativas.

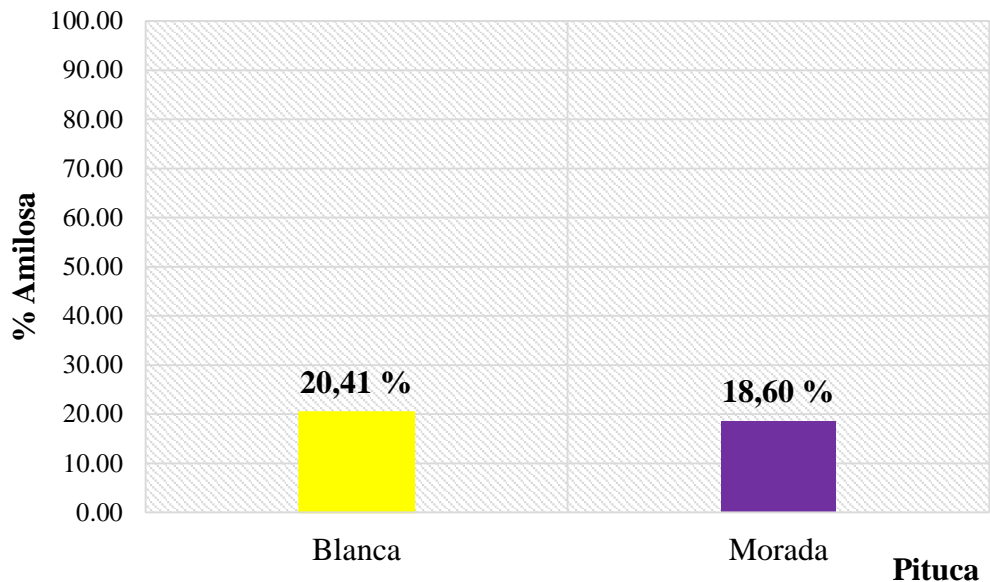


Figura 23: Media del porcentaje de amilosa del almidón de pituca

El contenido de amilosa del almidón nativo de pituca blanca fue muy cercano al de pituca morada $20,41 \pm ,92$ y $18,60 \pm 1,73$ respectivamente; además resultó muy cercano a los valores obtenidos para malanga blanca y morando $20,5 \pm 0,2$ y $18,32 \pm 0,01$; respectivamente, reportados por Torres, Montero & Duran, (2013).

Al compararlo con almidones de maíz y papa con valores que variaron entre 23,00 y 22,00 respectivamente; los valores obtenidos resultaron ser inferiores.

Sin embargo los almidones de pituca investigados mostraron contenidos superiores a los de arroz y yuca, que variaron entre 17,00 y 18,00 %; e inferiores a los reportados para almidón de pituca con valores de 25% reportados por Morales,

(2012). Estas diferencias encontradas en el contenido de amilosa, se deben a la fuente biológica de donde provienen los almidones.

Angamarca (2013); da conocer que el almidón de pituca contiene de 17 - 28% de amilosa, mientras el resto es amilopectina.

Arguedas & Burga (2008), dan a conocer que en la determinación del contenido de amilosa encontraron 19,8% para el almidón de *Colocasia esculenta* de la selva, 16,7% de amilosa para el almidón de *Colocasia esculenta* de la sierra, este valor es cercano al que presenta el almidón de yuca, trigo y ligeramente inferior al de la arracacha 20%. En Tailandia determinaron 18,8 - 22,4% de amilosa de *Colocasia esculenta* "Taro".

Los almidones de alto contenido de amilosa son resistentes a la cocción en razón a su naturaleza cristalina, solo hay hinchazón a temperatura elevada y si se mantiene moderada, no hay gran aumento de la viscosidad.

Badui (2006), menciona que en términos generales, los almidones contienen aproximadamente 17 - 27% de amilosa, y el resto de amilopectina. Algunos cereales, como el maíz, el sorgo y el arroz, tienen variedades llamadas "céreas" que están constituidas casi únicamente por amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. La concentración relativa de estos dos polímeros está regida por factores genéticos típicos de cada cereal.

4.3.5.2 Amilopectina

En la tabla 46, se muestra el porcentaje de amilopectina del almidón de pituca obtenidos de la diferencia del porcentaje de amilosa (tabla 44).

Tabla 46: Porcentaje de amilopectina del almidón de pituca

Pituca	Media	Desviación estándar	N	% Amilopectina
Blanca	79,590	2,916	3	79,59 ± 2,92
Morada	81,397	1,734	3	81,40 ± 1,73
Total	80,493	2,363	6	

Estos valores determinados del contenido de amilopectina de pituca blanca $79,59 \pm 2,92$ y pituca morada de $81,40 \pm 1,73$ son muy cercanos.

Asimismo se observa en el diagrama de barras de la Figura 24, que los rangos se encuentran muy cercanos.

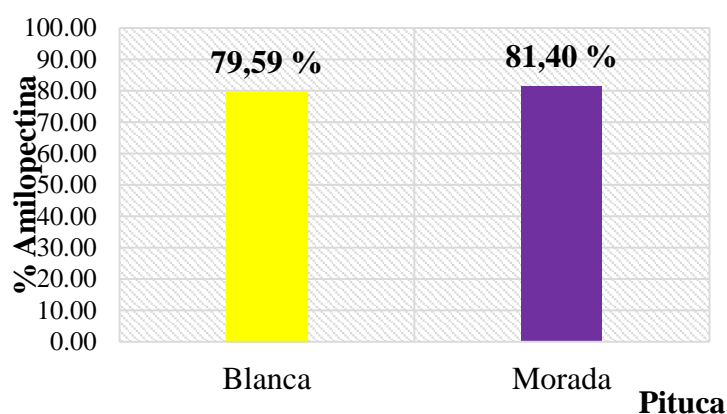


Figura 24: Porcentaje de amilopectina del almidón de pituca.

Ambos valores obtenidos del contenido de amilopectina en el almidón nativo de pituca blanca y morada son muy cercanos entre ellos de $79,59 \pm 2,92$ y $81,40 \pm 1,73$ respectivamente; además resultaron ligeramente superiores a los valores obtenidos

para malanga blanca y morado $79,50 \pm 0,2$ y $81,68 \pm 0,01$; respectivamente, reportados por Torres, Montero & Duran (2013).

Ambos polímeros tienen importancia fundamental en la funcionalidad del almidón original y sus derivados: la viscosidad, la resistencia al corte, la gelatinización, las texturas y la solubilidad por frío y la retrogradación dependen de la relación amilosa y amilopectina.

4.3.6 Sinéresis

El porcentaje de sinéresis es 0% para las dos variedades de almidón de pituca blanca y morada a pesar de haberse observado cada 05 días durante 15 días de almacenamiento los geles y realizarse el centrifugado no se observó la expulsión del disolvente fuera del gel. Esto se debe a la recristalización de la amilosa llamado retrogradación con una consecuente liberación de agua (sinéresis).

El grado de retrogradación se ve afectado por la concentración de amilosa y amilopectina, tamaño molecular, temperatura, pH y los componentes diferentes al almidón presentes en el medio. Es favorecido por bajos pH, aunque a valores de pH < 3 la cantidad de material precipitado disminuye debido a la hidrólisis del almidón.

4.3.6 Forma de los gránulos del almidón

En las siguientes figuras, se observa las microfotografías de la morfología de los gránulos del almidón de pituca blanca y morada, observadas con un microscopio compuesto electrónico acopladas a una cámara fotográfica y una pantalla digital.

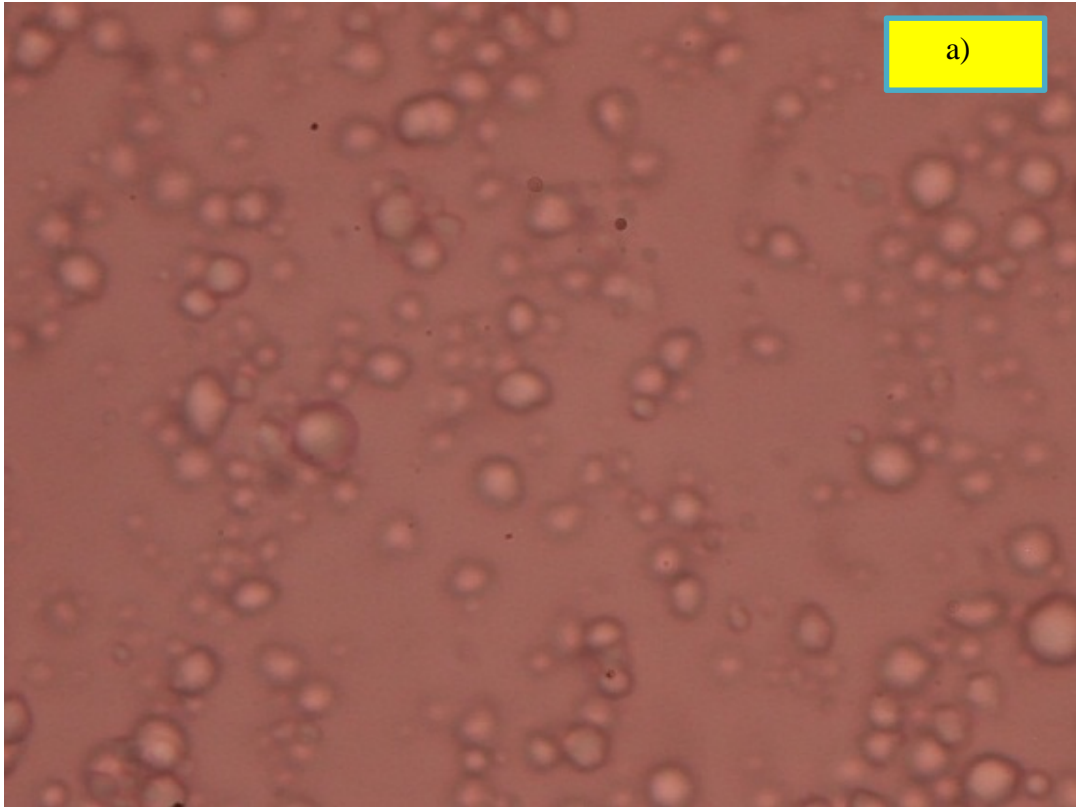


Figura 25a): Microfotografía del gránulo de almidón de pituca blanca objetivo 100X aumento 1000X.

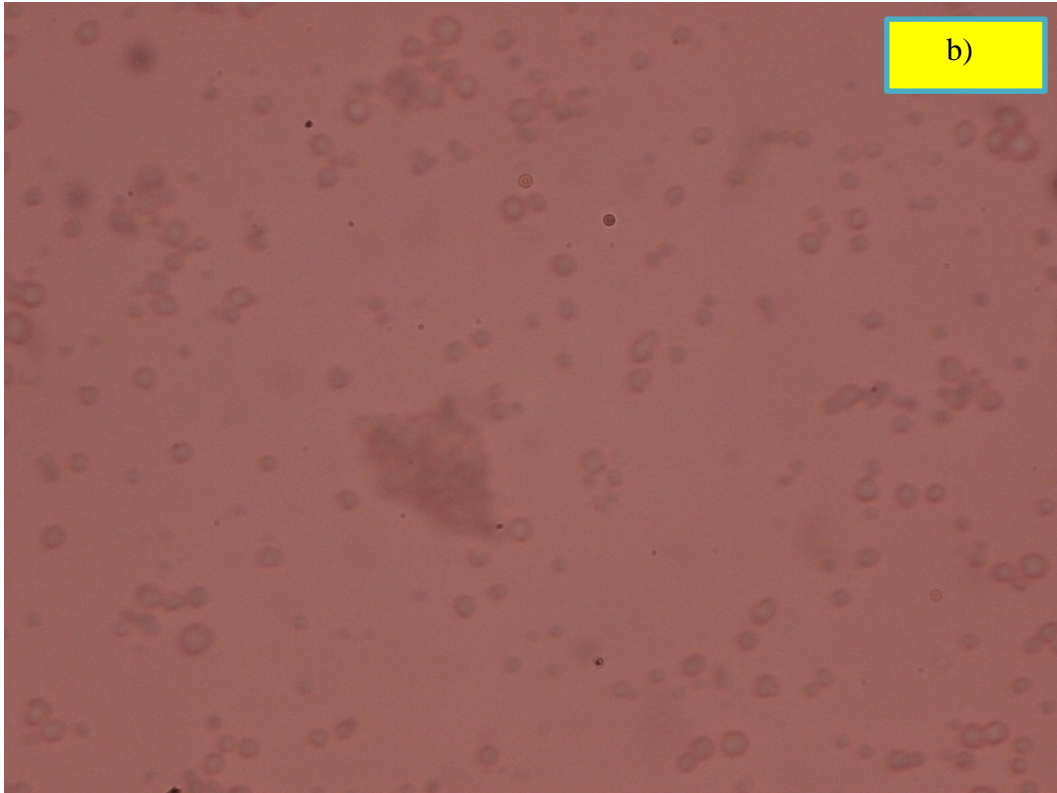


Figura 25b): Microfotografía del gránulo de almidón de pituca morada objetivo 100X aumento 1000X - 1% p/v

Los gránulos de almidón presentan diferentes formas algunos son ovoides, esféricos y lenticulares en ambos tipos de almidón.

La morfología de los gránulos de los almidones son muy similares a los reportados por Torres, Montero & Durán 2012; para almidones de malanga blanca y morada.

Fennema (2010), afirma que los gránulos de almidón de maíz, incluso los de un mismo origen, tienen formas mezcladas, unas, casi esféricas, algunas, angulares y, otras, dentadas. Los gránulos de almidón del trigo son de forma lenticulares y tienen

un tamaño de distribución bimodal con los gránulos más grandes de forma lenticular.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las características fisicoquímicas del almidón de las dos variedades de pituca investigadas.

Tabla 47: Resumen de las características fisicoquímicas del almidón de pituca

Componentes	Pituca blanca	Pituca morada
Rendimiento %	20,09 ± 2,85	13,16 ± 1,79
Humedad (bh) %	8,98 ± 1,28	7,63 ± 0,50
Cenizas %	0,39 ± 0,04	0,47 ± 0,02
Proteínas %	1,17 ± 0,03	2,24 ± 0,45
Fibra cruda %	0,56 ± 0,20	1,90 ± 0,38
Grasas %	0,75 ± 0,37	0,40 ± 0,14
Carbohidratos totales %	88,15 ± 2,18	87,38 ± 1,48
Acidez titulable x (10⁻³) meq. del ácido sulfúrico /g	2,94 ± 0,00	3,76 ± 0,00
pH (25°C)	6,40 ± 0,02	5,67 ± 0,03

En la tabla 48, se observa el resumen de las características funcionales del almidón de pituca variedades blanca y morada.

Tabla 48: Resumen de las características funcionales del almidón de pituca

Componentes	Pituca blanca	Pituca morada
Viscosidad aparente(cps) a 25°C	3185	2447
Temperatura gelatinización(Tg) °C	49 - 65 ±3,00	42 - 58 ± 3,00
Índice de absorción de agua (IAA) g gel/g muestra.	2,87 ± 0,10	2,70 ± 0,20
Índice de solubilidad de agua (ISA) %	2,79 ± 0,20	3,85 ± 0,08
Poder de hinchamiento (PH)	2,96 ± 0,18	2,60 ± 0,13
Amilosa %	20,41 ± 2,92	18,60 ± 1,73
Amilopectina %	79,59 ± 2,92	81,40 ± 1,73
Transmitancia (650nm) %	2,97 ± 0,10	3,24 ± 0,03
Sinéresis %	0,0	0,0
Morfología de los gránulos de almidón	Esféricos, ovoides y lenticulares	Esféricos, ovoides y lenticulares

CONCLUSIONES

- Se logró realizar la extracción y caracterización del almidón de dos variedades de pituca (blanca y morada) de la región Ayacucho procedentes del Valle Río Apurímac y Ene; encontrando ciertas diferencias en sus características fisicoquímicas y funcionales.
- Se determinó el rendimiento del almidón nativo de pituca blanca y morada reportando 20,09% de rendimiento en la variedad blanca y de 13,16% la morada.
- Las características fisicoquímicas del almidón de pituca blanca y morada son: humedad (8,98% y 7,63%), proteína (1,17% y 2,24%), grasa (0,75% y 0,4%), ceniza (0,39% y 0,47%), carbohidratos (88,15 % y 87,38%), pH (6,40 y 5,67), acidez expresada en ácido sulfúrico (0,00294% y 0,00376%), fibra (0,56% y 1,90%) y la densidad aparente (1,41 y 1,53), respectivamente.
- Las características funcionales del almidón nativo de pituca blanca y morada son: % amilosa (20,41% y 18, 60%), temperatura de gelatinización (49 - 65°C y 42 - 58°C), viscosidad a 25°C (3185cP y 2447cP), índice de absorción de agua a 60°C(2,87 y 2,70) , índice de solubilidad (2,79 y 3,85), poder de hinchamiento (2,96 y 2,60), forman pastas claras y ligeramente opacos y no retrogradan, los gránulos de los almidones de ambas variedades presentan formas esféricos, ovoides y lenticulares.

RECOMENDACIONES

- Mejorar la metodología de extracción húmeda en la etapa de lavado y pelado manual por un lavado por abrasión seguido de un pelado por raspado con la finalidad de reducir las pérdidas contenidas en la cáscara del tubérculo e incrementar el rendimiento del almidón, además utilizar tubérculos con madurez óptima.
- Desarrollar estudios de modificación del almidón de pituca para mejorar sus propiedades funcionales y tener un amplio rango de aplicaciones industriales. Los almidones modificados son, consecuentemente, productos de mayor valor agregado.
- Realizar un estudio de pre - factibilidad para la extracción de almidón de pituca, a fin de ver su rentabilidad y posible introducción en el mercado local y nacional, ya que se pudo observar que presenta mayores rendimientos que el almidón de otras fuentes, y satisfacer la creciente demanda de estos productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, A. & Blanco C. 2013. Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria. Universidad de Cartagena [En línea] [Citado el: 29/08/2017] Disponible en: <http://repositorio.unicartagena.edu.co>
2. Álvarez, A., Delgado, M. & Reyes, O. 2014. Extracción de almidón de la malanga (*colocasia esculenta*). Universidad “Doctor José Matías Delgado” - El Salvador Centro América - Tesis - [En línea] [Citado el: 03/12/2017] Disponible en: <http://webquery.ujmd.edu.sv/>
3. Análisis de alimentos, fundamentos y técnicas. [En línea] [Citado el: 03/12/2017] <http://www.academia.edu>
4. Angamarca, L. 2013. Evaluación de diferentes niveles de almidón de dos tubérculos amazónicos *Manihot esculenta* y *Colocasia esculenta* en la elaboración de manjar de leche. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Tesis Ingeniería en Industrias Agropecuarias [En línea] [Citado el: 15/10/2017] Disponible en: <http://bibliotecas.esPOCH.edu.ec/cgi-bin>.
5. Arguedas, Y. & Burga, J. 2008. Caracterización del almidón de Colocasia esculenta L. Schott provenientes de los departamentos de Cajamarca y San Martín. Universidad Nacional de Trujillo - Tesis - [En línea] [Citado el: 04/11/2017] Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/>
6. Aristizábal, J. & Sánchez, T. 2007. Guía Técnica para la Producción y Análisis de Almidón de Yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA

ALIMENTACIÓN - [En línea] [Citado el: 29/08/2017] Disponible en:
www.fao.org

7. Arzapalo, D., Huamán, K. & Espinoza C. 2015. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) negra collana, pasankalla roja y blanca Junín. [En línea] [Citado el: 18/08/2017], Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo>.
8. Badui S. 2006. Química de los Alimentos. Cuarta edición. México: Pearson Educación de México, S.A. 2006 [En línea] [Citado el: 15/08/2017] Disponible en: www.freelibros.org
9. Belitz, H. & Grosch W. 1997. Química de los Alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza - España, 1997.
10. Castro, J. 2010. Cuantificación de almidón en diez especies vegetales. Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - México [En línea] [Citado el: 17/08/2017] Disponible en: <http://repositorio.uaaan>.
11. Centro de Investigación de Psicología Aplicada Latinamericana (CIPAL). 2014. La Pituca: un alimento mágico y desconocido en Perú. - [En línea] [Citado el: 07/11/2017]. Disponible en: <http://cipal.pe/la-pituca-un-alimento-magico-y-desconocido-en-peru>
12. De León, M. 2015. Caracterización y comportamiento físico químico del almidón de la achira (*Canna edulis* ker) con relación al almidón de yuca (*manihot esculenta crantz*). Universidad de Guayaquil - Ecuador [En línea] [Citado el: 05/10/2017] Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec>

13. De Los Ángeles, A. 2016. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN – Managua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua UNAN – Managua. Tesis - [En línea] [Citado el: 07/11/2017], Disponible en <http://repositorio.unan.edu.ni/>
14. Fennema, O. 2010. Química de Alimentos. Tercera edición. Editorial Acribia S.A. 2000. Zaragoza – España, 1997.
15. García, A., Omar, R., Pinzón, F., Magda, I., & Sánchez A. 2012. Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, *Manihot esculenta*, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. Universidad de Pamplona. [En línea] [Citado el: 09/09/2017], Disponible en: <http://revistas.unipamplona.edu.co/>
16. Hernández - Medina et al. 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán. Revista de investigación Ciencia y Tecnología de Alimentos. Campiñas, 28(3) - [En línea] [Citado el: 04/10/2017], Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo>.
17. Huamaní, A. 2016. Análisis de Alimentos. Guía de laboratorio. Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú 2016.
18. Melian, D. 2010. Ensayo comparativo de dos metodologías de extracción de almidón de papa usando muestras de diez variedades nativas de chiloé y dos variedades comerciales. Escuela Ingeniería de los Alimentos – Universidad Austral de Chile. Valdivia – Chile 2010. Tesis - [En línea] [Citado el: 07/11/2017], Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010>

19. Montenegro, C. & Pérez, G. 2015. Obtención de bioetanol por hidrólisis enzimática y fermentación a partir de almidón de vituca (*Colocasia esculenta*) Lambayeque, 2015. Universidad Señor de Sipán. Tesis. [En línea] [Citado el: 10/10/2017], Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/>
20. Morales A. 2012. Fitogeografía e industrialización del almidón de pituca (*Colocasia esculenta*) - [En línea] [Citado el: 12/08/2017], Disponible en: <http://revistas.pucp.edu.pe/>
21. Práctica de cultivo de la pituca o *colocasia esculenta*. [En línea] [Citado el: 15/10/2017.] <https://es.scribd.com/doc/175577535/Practica-de-Cultivo-de-La-Pituca-o-Colocasia-Esculenta>.
22. Quicaña, Z. 2014. Extracción y Caracterización del Almidón de Achira (*Canna edulis*). Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia. Universidad Nacional San Cristóbal de Humanga. Ayacucho - Perú - 2014. Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias).
23. Ramírez, L., Zárate, L. & Otálora, N. 2011. Caracterización de almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (*solanum phureja*) para su aplicación en un derivado cárnico. Universidad de la Salle Facultad de Ingeniería - Bogotá - 2011. Tesis. [En línea] [Citado el: 29/11/2017], Disponible en: <http://repository.lasalle.edu.co/>
24. Ríos, L. 2014. Análisis comparativo de las propiedades fisicoquímicas y nutrimentales de almidón obtenido a partir de dos especies de malanga (*colocasia antiquorum* y *colocasia esculenta*) cultivadas en el estado de Oaxaca. Universidad Tecnológica de la Mixteca Oaxaca. Tesis - [En línea] [Citado el: 08/11/2017] Disponible en: http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/

25. Sánchez, E. & Alvarado, O. 2015. Obtención de un polímero biodegradable a partir de la mezcla de alcohol polivinílico y amilosa extraída del almidón de colocasia esculenta (vituca) proveniente del distrito de yambrasbamba. Universidad Nacional "Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas - Perú - Tesis - [En línea] [Citado el: 02/11/2017], Disponible en: <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/648>
26. Torres, A., Montero, P. & Duran, M. 2013. Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (*Colocasia esculenta*). Revista Ciencia e Ingeniería al día. Facultad de Ingeniería Universidad Cartagena - [En línea] [Citado el: 07/11/2017], Disponible en: <http://revista.unicartagena.edu.co/index>
27. Torres, A., Montero, P. & Duran, M. 2013. Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*colocasia esculenta*). Revista Lasallista de Investigación - Facultad de Ingeniería Universidad Cartagena - [En línea] [Citado el: 07/11/2017], Disponible en: <http://repository.lasallista.edu.co/revista/index>

ANEXOS

ANEXO 1

Descripción de las metodologías de análisis fisicoquímico

1.1 Determinación de la humedad. Método A.O.A.C. (1998) descrita por Huamaní (2016).

- Pesar las placas petri limpias y secas (P_1).
- Pesar exactamente entre 2 a 5 g de muestra en las placas petri. Anotar el peso de la muestra + placas petri (P_2).
- Llevar a la estufa a 105°C por 24 horas (muestras molidas).
- Sacar las placas con las muestras secas y colocarlas en el desecador para que se enfríe.
- Pesar y anotar el peso final (P_3).

Cálculos:

Humedad en base húmeda

$$\%H \text{ (bh)} = \frac{(P_2 - P_3)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

Figura 39

1.2 Determinación de cenizas. Método A.O.A.C. (1998) descrita por Huamaní (2016).

Procedimiento del método en seco

- Coloque el crisol en un horno de incineración a 600°C durante una hora. Luego traslade el crisol del horno al desecador y enfríelo a la temperatura del laboratorio.

- Péselos tan pronto como sea posible para prevenir la adsorción de humedad, usando siempre pinzas de metal para manejar los crisoles después de que incineran o secan(P_1).
- Pese 1.5 a 2.0 g de muestra sobre el peso del crisol (P_2). Colocar en un horno incinerador y manténgalo a temperatura de 600°C durante 3 a 5 horas. (P_2)
- Luego se saca de la mufla y se traslada el crisol a un desecador para enfriarse a temperatura ambiente. Cuando esté frío el crisol tan pronto como sea posible para prevenir la absorción de humedad y registre el peso. (P_3)

Cálculos:

$$\%Cenizas = \frac{(P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

Figura 40

1.3 Determinación cuantitativa de proteína total - Método Kjeldahl recomendado por la A.O.A.C. (1998) descrita por Huamaní (2016).

Procedimiento de análisis:

A. Digestión.

- Las muestras deben ser molidas previamente lo más fino posible.
- De acuerdo al contenido de nitrógeno, se pesa una porción de la muestra preparada que contenga 0,2 – 0,3 g de muestra, luego agregar 1 g del catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción agregar 2,5 a 3,0 ml de ácido sulfúrico concentrado.
- Colocar el balón de digestión en la cocina y calentar en forma suave el matraz en posición inclinada hasta que deje de hacer espuma. Después se mantiene una ebullición enérgica durante dos horas. La digestión termina cuando el

contenido de balón está completamente cristalino (si es necesario añadir gotas de peróxido) cuando la digestión es muy lenta y difícil.

b. Destilación

- Enfriar al aire, agregar 5 mL de agua destilada.
- Pasar el contenido del balón digestor al destilador y haciendo un lavado al balón con 5 a 10 mL de agua y luego agregar 5 mL de la solución de NaOH al 80% con sumo cuidado y cerrar la válvula (en copa debe quedar una pequeña cantidad de NaOH).
- Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un Erlenmeyer de 125 mL conteniendo 5 mL de la mezcla de ácido bórico más indicador de pH. La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y luego de 7 min titular con ácido clorhídrico valorado (aprox. 0.05N) y anotar el gasto.

c. Destilación

La muestra recibida en el vaso con la solución de ácido bórico valorar con ácido clorhídrico 0.05N y tomar nota del gasto de HCl obtenido.

Cálculos:

$$\%N_2 = \frac{mL \text{ de HCl} \times Normalidad \times 0.014}{g \text{ muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N_2 \times \text{factor}$$

Nota:

$$\text{Factor} = 6.25 \text{ (Huamaní 2016)}$$

Figuras 41 y 42

1.4 Determinación de lípidos; se utilizó el método soxhlet recomendado por la A.O.A.C. (1998) descrita por Huamaní (2016), utilizando como solvente éter de petróleo, para ello es necesario usar muestras deshidratadas.

Procedimiento de análisis:

- El balón del soxhlet lavar y poner a secar en la estufa a 110°C por espacio de una hora, sacarlo, enfriar en un desecador y pesar (P₁).
- Pesar 3 g de muestra y empaquetarlo en papel filtro Whatman N° 2, y luego pesar (P₂).
- El paquete se coloca en el cuerpo del soxhlet.
- Agregar éter de petróleo destilado hasta que una parte del mismo sea sifoneado hacia el matraz.
- Conectar la cocina a temperatura baja. El éter de petróleo al calentarse se evapora (69 – 34.6°C) y asciende hacia la parte superior del cuerpo donde se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al matraz por el sifón, arrastrando consigo la grasa. El ciclo es cerrado y la velocidad de goteo del éter de petróleo debe ser 30 a 40 gotas por minuto. El proceso dura 3 horas.
- El matraz debe sacarse del aparato cuando contiene poco éter (momentos antes de que éste sea sifoneado desde el cuerpo).
- Evaporar el matraz en un desecador con silicagel o estufa a temperatura de 60°C.
- Pesar el balón que tiene grasa (P₃).
- Determinar la cantidad de grasa total en 3 g de muestra y expresarlo en porcentaje.

- Para verificación el cartucho debe secarse en estufa a 100°C y luego ser pesado (P₄) y comprobar.

Cálculos:

$$\%Grasa = \frac{(P_3 - P_1)}{g\ muestra} \times 100$$

Figura 43

1.5 Determinación de fibra bruta; se utilizó el método A.O.A.C. descrita por Huamaní (2016).

1.5.1. Procedimiento:

A: Digestión ácida

- Pesar 3 g de muestra (exenta de grasa) en un vaso de 600ml.
- Añadir 200 mL de ácido sulfúrico al 1.25% (p/v).
- Hervir suavemente durante 30min.
- Filtrar el contenido del balón haciendo uso del embudo Buchner y el kitasato.
- Filtrar y lavar con agua destilada caliente neutralizar la acidez.

B: Digestión alcalina

- Arrastrar la muestra que queda en el filtro hacia el erlenmeyer utilizando NaOH al 1.25% (p/v) más o menos 200 mL.
- Hervir exactamente 30 min, con el mismo cuidado que en la ebullición con ácido.
- Filtrar el contenido del erlenmeyer lavando con agua destilada hervida.
- Lavar dos veces con alcohol y tres veces con acetona.
- Desechar a 100°C en estufa por 2 horas.
- Pesar el crisol vacío (P₁).

- Colocar la muestra en un crisol.
- Secar a 105°C durante 3 horas. Enfriar el crisol en desecador y volver a pesar el crisol más muestra (P₂).

C: Cálculos

$$g \text{ de fibra} = P_2 - P_1$$

$$\% \text{ fibra} = \frac{(P_2 - P_1)}{\text{peso muestra}} \times 100$$

Figura 44

1.6 Determinación de carbohidratos; se calculó por diferencia, descrita por Huamaní (2016).

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Fibra cruda} + \% \text{ Extracto etéreo} + \% \text{ Proteína})$$

1.7 Determinación de acidez titulable

Técnica usada (ISI, 1999); descrita por Aristizábal y Sánchez (2007).

Es una medida de la cantidad de ácido presente y es determinada por titulación con hidróxido de sodio en el cambio final con un indicador (fenolftaleína) y es calculado por la presencia de ácidos presentes como ácido láctico.

- Pesar 20 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 min.
- Filtrar a través del papel filtro Whatman N° 1.
- Tomar 50 mL de filtrado y colocar en un Erlenmeyer de 125 mL de capacidad.
- Añadir 3 a 4 gotas de fenolftaleína como indicador.

- Titular con NaOH 0.1N. Observar el cambio de color de la solución a un color rosado que se mantiene durante 30 segundos.
- Anotar el gasto de NaOH.
- Calcular el porcentaje de acidez referido al ácido sulfúrico.

Cálculo:

$$\% \text{ácido} = \frac{mL \text{ NaOH} \times N \text{ NaOH} \times meq. \text{ácido}}{mL \text{ alícuota}} \times 100$$

1.8 Determinación del pH

El valor del pH es una medida de la acidez o alcalinidad de la muestra. Se realizó por el método de potenciómetro (método AOAC Internacional 943.02/05).

- Se tomaron 5 g de muestra y se homogenizaron en 50mL de agua desionizada.
- Para efectuar la medición se introdujo el electrodo previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4 y 7.
- Se tomó la lectura del pH de la solución a la temperatura ambiente del laboratorio.

Figura 45

1.9 Densidad aparente ρ (g/mL)

Método del picnómetro: Medida de la densidad para un sólido (seco – húmedo), descrita por Huamaní (2016).

- Pese un picnómetro lleno de agua destilada hervida y fría hasta su enrase junto a una luna de reloj y anota el peso del conjunto (M_1).

Anota el valor de este peso a continuación:

Picnómetro con agua + luna de reloj (P_1).

- Colocar el sólido problema en la luna de reloj y pesar el conjunto “luna de reloj + sólido picnómetro con agua destilada”.

Anotar el peso nuevo al que llamaremos (M_2).

Luna de reloj + sólido + picnómetro con agua: (P_2)

- Introducir el sólido dentro del picnómetro (el nivel de agua subirá en su interior e incluso puede que se salga fuera del frasquito). Quita el agua que sobresalga por encima de la señal de aforo y seca el picnómetro por fuera si fuese necesario.

- Pese de nuevo el conjunto “luna de reloj + sólido + picnómetro”, pero esta vez con el sólido dentro del picnómetro, y que esté perfectamente enrasado y seco por fuera. Al valor de este nuevo peso lo llamaremos (M_3), anótalo a continuación:

Peso de luna de reloj + sólido dentro del picnómetro (P_3)

- El peso del cuerpo es igual a ($P_2 - P_1$). Haz esta operación y anótala a continuación:

Masa del sólido = ($P_2 - P_1$)

- El volumen del sólido coincide con el volumen del agua destilada que ha desalojado del interior del picnómetro, la masa de esta agua es ($P_2 - P_3$).

- Realiza esta operación y anótala a continuación:

Masa de agua desalojada = ($P_2 - P_3$).

- Calcular

Densidad relativa del sólido = $G_{20/20\text{ °C}}$

$$G_{20/20\text{ °C}} = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_2 - P_3)}$$

Entonces la densidad del alimento sólido será:

$$\rho_{\text{alimento}} = G_{20/20\text{ }^{\circ}\text{C}} \times (\rho_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}})$$

Figura 45

ANEXO 2

Descripción de los métodos de caracterización funcional

2.1 Viscosidad Brookfield (cps)

Técnica usada (ISI, 1999); descrita por Aristizábal y Sánchez (2007).

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.

- Pesar 25 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL.
- Colocar la suspensión en un vaso de precipitado de 1,0 litro y calentar con agitación hasta ebullición (aprox. 15 min).
- Enfriar el gel hasta 25°C y tomar una alícuota de 15 mL.
- Medir la viscosidad a 25°C, con una velocidad de 10RPM.

Figura 47

2.2 Temperatura de gelatinización (°C)

Técnica usada Grace, 1977; los gránulos de 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.

Análisis:

- Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 mL.
- Calentar agua en un vaso precipitado de 250 mL a 85 °C.
- Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso precipitado de 100 mL.

- Agregar 2 gotas de yodo al 2% homogenizar y calentar el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C.
- Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que desaparezca la coloración azul.
- Leer la temperatura de inicio y desaparición total de la coloración directamente en el termómetro.

Figura 48

2.3 Claridad de la pasta.

Técnica usada (Craig et al., 1989); 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.

La capacidad de estas pastas para transmitir la luz cuando son sometidos al paso de un haz radiante mide su claridad.

Análisis:

- Pesar en tubos de centrifuga 200 mg de almidón.
- Suspender el almidón en 20 mL de agua destilada.
- Colocar los tubos en un baño de agua en ebullición durante 30 min.
- Agitar la suspensión cada cinco minutos.
- Después de pasados 30 minutos colocar la suspensión en cubetas del espectrofotómetro y dejar enfriar a temperatura ambiente.
- Leer el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 650 nm, utilizando agua destilada como blanco.

2.4 Determinación del índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento.

Técnica usada (Anderson et al. 1969); cuando se calienta una suspensión acuosa de almidón, los gránulos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se mide aprovechando la capacidad de absorción del agua del gránulo de almidón y la exudación de fracciones de almidón a medida que se incrementa la temperatura de las suspensiones de almidón.

Análisis

- Pesar tubos de centrífuga secos a 60 °C.
- Pesar en los tubos 1.25 g de almidón y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar.
- Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM durante 30 min.
- Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto) después medir el volumen.
- Tomar 10 mL del sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.
- Pesar el tubo de centrífuga con el gel.
- Pesar el vaso de precipitado con los insolubles.

Cálculos:

$$\text{Índice de absorción de agua IAA} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

$$\text{Índice de solubilidad en agua ISA} = \frac{\text{Peso de solubles(g)} \times v \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento PH} = \frac{\text{Peso del gel(g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso de solubles(g)}}$$

Figura 50

2.5 Porcentaje de sinéresis (% S)

La sinéresis es la tendencia que puede tener un gel a contraerse y exudar líquidos, debido a que el efecto de ligar no se obtiene completamente.

Para determinar la sinéresis se tomó una suspensión de almidón gelificado a 90 °C por 30 min (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 min. Se midieron el volumen exudada a los 05, 10 y 15 días.

Cálculos:

$$\% \text{ Sinéresis} = \frac{\text{Agua (g)}}{\text{Muestra inicial (g)}} \times 100$$

Figura 49

2.6 Contenido de amilosa y amilopectina

Técnica usada (ISO, 1987)

Después de dispersar, gelatinizar y reaccionar con yodo los gránulos de almidón, se mide colorimétricamente el complejo yodo - amilosa.

Se utilizó el método del punto azul, consistente en medir la intensidad del color azul del complejo formado con una solución del yodo.

Procedimiento:

- Pesamos 100 mg de muestra (almidón extraído), y se colocó en una fiola de 100 mL, luego agregamos 1 mL de etanol al 95% y 9 mL. de NaOH 1N, evitando que la muestra se pegue a las paredes de la fiola.
- Dejamos en reposo durante 24 horas (para permitir la gelatinización), al término de este tiempo se aforó a 100 mL con agua destilada.
- En una fiola de 100 mL que contenga 50 mL de agua destilada, se añadió 5 mL de la solución gelatinizada luego 1ml. de ácido acético 1N y 2 mL de yodo al 2 %, luego mezclamos y aforamos a 100 mL.
- Dejar en oscuridad a temperatura ambiente durante 20 min y leer la Absorbancia a 620 nm.

Blanco

- Realizar el mismo procedimiento que el anterior para el blanco, pero esta vez sin la muestra.

Curva estándar

Se utilizó la curva patrón realizado por Quicaña 2014.

Preparación de los reactivos

➤ **Hidróxido de sodio 1N**

Disolver 4 g de hidróxido de sodio (NaOH) en agua destilada y completar a 100 mL.

➤ **Ácido acético 1N**

Tomar 5.72 mL de ácido acético y completar a 100 mL con agua destilada.

➤ **Solución de yodo al 2%**

Disolver 2 g de yoduro de potasio (KI) en un poco de agua destilada y agregar 0.2 de yodo (I₂), disolver y completar a 100 mL con agua destilada.

Figura 51

2.7 Forma de los gránulos del almidón

Método McMaster (1964), descrita por Ríos (2014); se preparó una muestra de almidón al 1% con agua destilada, con una pipeta Pasteur se tomó una gota y se depositó en un portaobjetos. Se agregó una gota de lugol y se homogenizó la muestra por último se colocó un cubreobjetos y se llevó a observación en un microscopio compuesto digital usando el objetivo 40X y 100X - Figura 52

- 57

ANEXO 3

Obtención de datos y resultados de los análisis realizados

Todos los análisis se realizaron por triplicado siguiendo los protocolos de análisis descrito en el Anexo 1.

a. Caracterización fisicoquímica del almidón de pituca

1. Determinación del rendimiento

En la tabla 49, se muestra los datos y resultados del rendimiento de almidón de pituca (blanca y morada), los datos fueron obtenidos en el proceso de extracción (figura 5).

Tabla 49: Datos y resultados del rendimiento de almidón de pituca.

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P _P (g)	P _A (g)	R%	P _P (g)	P _A (g)	R%
1	1000	178,70	17,87	1600	177,60	11,10
2	500	95,50	19,10	500	71,30	14,26
3	100	23,30	23,30	100	14,12	14,12

Los resultados del porcentaje de rendimientos fueron determinados con la siguiente fórmula:

$$\%R = \frac{P_A}{P_P} \times 100$$

Dónde:

P_A : Peso del almidón seco (g)

P_P : Peso de la pituca (g)

%R : Porcentaje del rendimiento de la extracción.

2. Determinación del % de humedad (base húmeda)

En la tabla 50, se muestra los datos del porcentaje de humedad del almidón de pituca (blanca y morada), realizados en los ensayos por triplicado siguiendo los protocolos de análisis (Anexo 1.1)

Tabla 50: Datos de la humedad (bh) del almidón de pituca

N° Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)
1	33,7378	35,7378	35,5873	27,0744	29,0744	28,9104
2	34,7781	36,8079	36,6152	31,6993	33,6993	33,5519
3	35,5293	37,5293	37,3307	33,6852	35,6852	35,5391

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos del porcentaje de humedad del almidón de pituca (blanca y morada), por cada ensayo realizado.

Tabla 51: Resultados porcentaje de humedad (bh) del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₂ - P ₃ (g)	P ₂ - P ₁ (g)	%H	P ₂ - P ₃ (g)	P ₂ - P ₁ (g)	%H
1	0,1505	2,0000	7,5250	0,1640	2,0000	8,2000
2	0,1927	2,0298	9,4935	0,1474	2,0000	7,3700
3	0,1986	2,0000	9,9300	0,1461	2,0000	7,3050

Cuyos resultados fueron obtenidos con la siguiente fórmula:

$$\%H (bh) = \frac{(P_2 - P_3)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

Donde:

P₁ : Peso de la placa petri

P₂ : Peso de la placa petri + muestra inicial

P₃ : Peso final (placa petri + muestra seca)

3. Determinación de cenizas totales

En la tabla 52, se muestra los datos del porcentaje de cenizas del almidón de pituca blanca y morada, obtenidos siguiendo los protocolos de análisis (Anexo 1.2)

Tabla 52: Datos determinación de cenizas del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)	P ₁ (g)	P ₂ (g)	P ₃ (g)
1	35,5288	37,5586	35,5367	33,6852	35,6852	33,6947
2	34,7768	36,7768	34,7855	31,6993	33,6993	31,7090
3	33,7362	35,7362	33,7431	27,0744	29,0744	27,0833

En la tabla 53, se muestra los resultados del porcentaje de cenizas del almidón de pituca, obtenidos con la siguiente fórmula:

$$\%Cenizas = \frac{(P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \times 100$$

Tabla 53: Resultados porcentaje de cenizas del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₃ - P ₁ (g)	P ₂ - P ₁ (g)	%C	P ₃ - P ₁ (g)	P ₂ - P ₁ (g)	%C
1	0,0079	2,0298	0,39	0,0095	2,0000	0,47
2	0,0087	2,0000	0,43	0,0097	2,0000	0,48
3	0,0069	2,0000	0,35	0,0089	2,0000	0,45

Donde:

P₁ : Peso del crisol vacío

- P₂ : Peso del crisol + muestra inicial
P₃ : Peso final (crisol + muestra final)

4. Determinación cuantitativa de proteína total

En la tabla 54, se muestra los datos y resultados del porcentaje de proteínas del almidón de pituca (blanca y morada), los datos provienen de ensayos realizados (Anexo 1.3)

Tabla 54: Datos y resultados porcentaje de proteínas del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	Gasto HCl (mL)	%N ₂	% Proteínas	Gasto HCl (mL)	%N ₂	% Proteínas
1	0,4	0,1867	1,1667	3,0	0,3733	2,3333
2	0,3	0,1400	0,8750	2,5	0,4200	2,6250
3	0,5	0,2333	1,4583	2,8	0,2800	1,7500

Los resultados se obtienen con la siguiente fórmula:

$$\%N_2 = \frac{mL \text{ de HCl} \times \text{Normalidad} \times 0.014}{g \text{ muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% N_2 \times \text{factor}$$

Nota:

Factor : 6,25 (Huamaní, 2016)

Normalidad : 0,1

Muestra : 0,3 g

5. Determinación de fibra bruta

En la tabla 55, se muestra los datos y resultados del porcentaje de fibra del almidón de pituca (blanca y morada), los datos provienen de los análisis realizados (Anexo 1.5).

Tabla 55: Datos y resultados del porcentaje de fibra del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₁ (g)	P ₂ (g)	% Fibra	P ₁ (g)	P ₂ (g)	% Fibra
1	0,58	0,59	0,33	0,55	0,60	1,67
2	0,54	0,56	0,67	0,58	0,63	1,67
3	0,57	0,59	0,67	0,52	0,59	2,33

Los resultados se obtuvieron con la siguiente fórmula:

$$\%fibra = \frac{(P_2 - P_1)}{\text{peso muestra}} \times 100$$

Donde:

P₁ : Peso del papel filtro

P₂ : Peso del papel filtro + muestra final

6. Determinación de lípidos y/o grasas

En la tabla 56, se observa los datos y resultados del porcentaje de grasa del almidón de pituca (blanca y morada), los datos provienen de los reportes de los análisis (Anexo 1.4)

Tabla 56: Datos y resultados del porcentaje de grasa del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	P ₁ (g)	P ₃ (g)	% Grasa	P ₁ (g)	P ₃ (g)	% Grasa
1	112,7748	112,8074	1,09	95,7357	95,7442	0,28
2	93,6978	93,7218	0,80	98,1033	98,1198	0,55
3	95,7217	95,7324	0,36	112,7748	112,7859	0,37

Los resultados se obtienen con la siguiente fórmula:

$$\%Grasa = \frac{(P_3 - P_1)}{g \text{ muestra}} \times 100$$

Donde:

P₁ : Peso del balón vacío

P₃ : Peso del balón + grasa

7. Determinación de carbohidratos

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Fibra cruda} + \% \text{ Extracto etéreo} + \% \text{ Proteínas})$$

8. Determinación del % de acidez titulable y pH

En la tabla 57, se muestra los datos y resultados del porcentaje de acidez titulable del almidón de pituca de las variedades blanca y morada, los datos provienen de los reportes de los análisis (Anexo 1.7)

Tabla 57: Datos y resultados % de acidez titulable del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca		Pituca morada	
	mL NaOH	Acidez%	mL NaOH	Acidez%
1	0,25	0,00245	0,40	0,00392
2	0,35	0,00343	0,30	0,00294
3	0,30	0,00294	0,45	0,00441

Los resultados fueron obtenidos con la fórmula siguiente:

$$\%ácido = \frac{mL \text{ NaOH} \times N(\text{NaOH}) \times meq. \text{ ácido}}{mL \text{ alícuota}} \times 100$$

Dónde:

N_{NaOH}	:	0,1
mL alícuota	:	50
meq. ácido	:	0,049 g/mol del ácido sulfúrico.

En la siguiente tabla, se observa los datos del pH del almidón de pituca de las variedades blanca y morada, provenientes de las lecturas reportadas por el pH – metro (Anexo 1.8)

Tabla 58: Datos del pH del almidón de pituca

N° de ensayos	pH	
	pituca blanca	pituca morada
1	6,40	5,64
2	6,39	5,68
3	6,42	5,70

9. Determinación de la densidad aparente (ρ g/mL)

La tabla 59, muestra los datos y resultados de la densidad del almidón de pituca blanca y morada, los datos provienen del reporte de los análisis realizados (Anexo 1.9)

Tabla 59: Datos y resultados de la densidad del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca				Pituca morada			
	P_1	P_2	P_3	ρ_{alimento}	P_1	P_2	P_3	ρ_{alimento}
1	71,875	72,175	71,963	1,414	38,401	38,684	38,498	1,523
2	65,892	66,182	65,968	1,355	39,639	40,427	39,890	1,466
3	59,359	59,659	59,455	1,471	42,882	42,552	42,758	1,604

Los resultados fueron obtenidos por la siguiente fórmula:

$$G_{20/20\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_2 - P_3)}$$

Entonces la densidad del alimento sólido será:

$$\rho_{\text{alimento}} = G_{20/20\text{ }^{\circ}\text{C}} \times (\rho_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}})$$

Donde:

- P_1 : Peso del picnómetro con agua + luna de reloj
- P_2 : Peso del picnómetro con agua + luna de reloj + muestra
- P_3 : Peso del picnómetro (agua + muestra) + luna de reloj
- $G_{20/20\text{ }^{\circ}\text{C}}$: Densidad relativa
- $\rho_{\text{agua a } 4^{\circ}\text{C}}$: 1 g/mL
- ρ_{alimento} : Densidad aparente del alimento

b. Caracterización funcional del almidón de pituca

1. Determinación de la viscosidad (cps)

En la siguiente tabla, se observa los datos de la viscosidad del almidón de pituca blanca y morada, obtenidos siguiendo los protocolos de análisis (Anexo 2.1).

Tabla 60: Datos de la viscosidad(cps) del almidón de pituca

Temperatura	Pituca blanca	Pituca morada
25°C	3185	2447
30°C	2705	2142
35°C	2304	1830

Los reportes son determinados directamente por la lectura del viscosímetro Brookfield a una velocidad constante de 100rpm y a diferentes temperaturas.

2. Determinación de la temperatura de gelatinización (°C)

En la tabla 61, se observa los datos de la temperatura de gelatinización del almidón de pituca blanca y morada, obtenidos siguiendo los protocolos de análisis (Anexo 2.2)

Tabla 61: Datos de la temperatura de gelatinización inicial y final del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca		Pituca morada	
	T _i °C	T _f °C	T _i °C	T _f °C
1	52,0	68,0	40,0	59,0
2	50,0	65,0	42,0	55,0
3	49,0	62,0	44,0	60,0

Se reporta la temperatura de gelatinización inicial (inicio de cambio del color azul) y la temperatura de gelatinización final (desaparición total del color azul) de la suspensión.

T_i °C : Temperatura de inicio de cambio del color azul.

T_f °C : Temperatura de desaparición total del color azul.

3. Determinación de la claridad de la pasta

En la tabla 62, se muestra los datos del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca blanca y morada, determinados mediante los protocolos de análisis (Anexo 2.3)

Tabla 62: Datos del porcentaje de transmitancia del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca		Pituca morada	
	% transmitancia	Absorbancia	% transmitancia	Absorbancia
1	2,878	1,540	3,259	1,511
2	2,985	1,544	3,202	1,516
3	3,035	1,510	3,245	1,517

4. Determinación del índice de absorción de agua, índice de solubilidad en agua y poder de hinchamiento

En la tabla siguiente, se observa los resultados del índice de absorción en agua, solubilidad en agua y el poder de hinchamiento del almidón de pituca blanca y morada, determinados por los análisis respectivos (Anexo 2.4)

Tabla 63: Resultados de IAA, ISA y PH del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	IAA	ISA	PH	IAA	ISA	PH
1	2,94	2,75	2,978	2,52	3,92	2,56
2	2,88	2,62	3,12	2,66	3,88	2,49
3	2,79	2,99	2,77	2,91	3,76	2,74

Los resultados fueron obtenidos con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Absorción de Agua IAA} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

$$\text{Índice de Solubilidad en Agua ISA} = \frac{\text{Peso de solubles(g)} \times v \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

$$\text{Poder de Hinchamiento PH} = \frac{\text{Peso del gel(g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso de solubles(g)}}$$

5. Determinación del porcentaje de sinéresis (% S)

La siguiente tabla, muestra los datos del volumen exudado del almidón de pituca blanca y morada, obtenidos mediante los análisis (Anexo 2.5).

Tabla 64: Datos del volumen exudado del almidón de pituca.

N° de Ensayos	Pituca blanca			Pituca morada		
	05 días	10 días	15 días	05 días	10 días	15 días
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0

6. Determinación del porcentaje de amilosa y amilopectina

En la tabla 65, se observa los datos para determinar la curva estándar de amilosa, obtenidos de un trabajo de investigación.

Tabla 65: Datos para determinar la curva estándar de amilosa

N°	Amilosa (% p/p)	Absorbancia (620nm)
1	0	0,418
2	0	0,396
3	10	0,535
4	10	0,535
5	25	0,668
6	25	0,668
7	50	0,935
8	50	0,935
9	75	1,180
10	75	1,185
11	100	1,462
12	100	1,495

Fuente: Quicaña 2014

Con estos datos se procedió a elaborar la recta patrón del porcentaje de amilosa (figura 26).

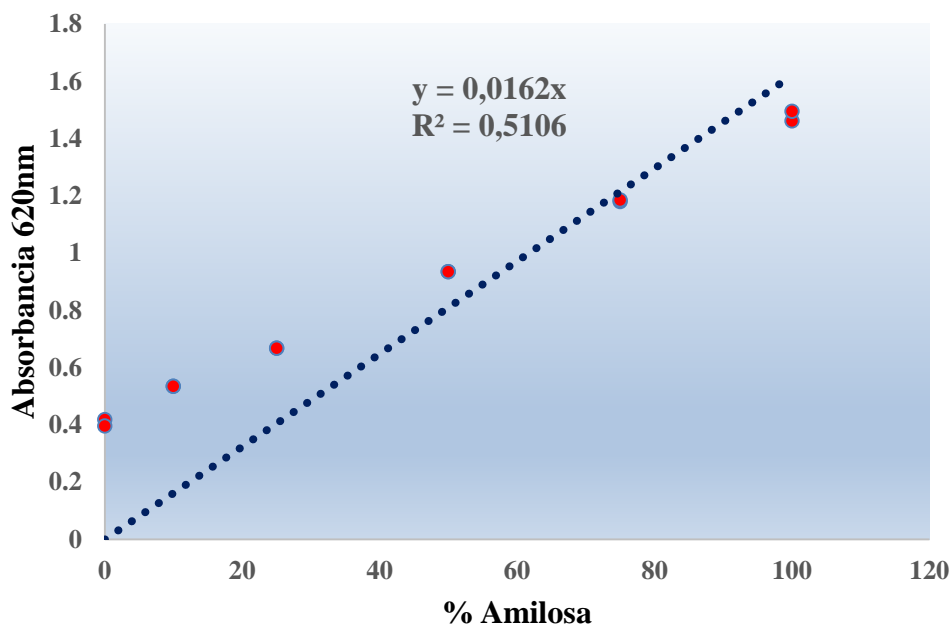


Figura 26: Recta patrón del porcentaje de amilosa

En la tabla 66, se observa los datos y resultados del porcentaje de amilosa del almidón de pituca blanca y morada, los datos (absorbancia) fueron determinados mediante los análisis realizados (Anexo 2.6) reportados directamente por el espectrofotómetro Uv-visible (Spectro Scan 50v) a 620nm.

Tabla 66: Datos y resultados del porcentaje de amilosa del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca		Pituca morada	
	Absorbancia	% Amilosa	Absorbancia	% Amilosa
1	0,286	17,65	0,286	17,65
2	0,326	20,12	0,326	20,12
3	0,380	23,46	0,380	23,46

Los resultados de porcentaje de amilosa fueron obtenidas mediante extrapolación en la recta patrón de la figura 26 con los datos de absorbancia determinadas.

En la siguiente tabla, se observa los datos del porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de pituca blanca y morada.

Tabla 67: Datos del porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de pituca

N° de Ensayos	Pituca blanca		Pituca morada	
	% Amilosa	% Amilopectina	% Amilosa	% Amilopectina
1	17,65	82,35	17,65	83,02
2	20,12	79,88	20,12	81,60
3	23,46	76,54	23,46	79,57

El porcentaje de amilopectina se obtiene por diferencia (100 - %amilosa)

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 27: Pituca variedad blanca



Figura 28: Pituca variedad morada



Figura 29: Pelado de la pituca.



Figura 30: Lavado I de la pituca.



Figura 31: Cortado en cubitos pituca blanca y morada



Figura 32: Triturado



Figura 33: Filtrado I



Figura 34: Filtrado II



Figura 35: Decantación



Figura 36: Centrifugado de la lechada de pituca



Figura 37: Secado del almidón húmedo en la estufa



Figura 38: Almidón seco de pituca.



Figura 39: Determinación de la de humedad de almidón de pituca



Figura 40: Determinación de las cenizas del almidón de pituca

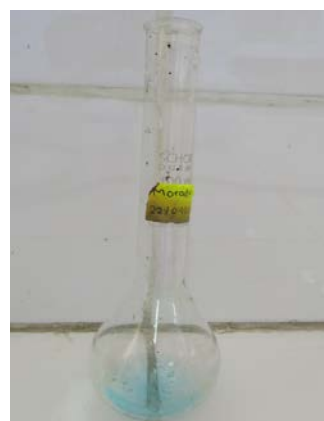


Figura 41: Digestión de proteínas del almidón de pituca.



Figura 42: Destilación y titulación de proteínas del almidón de pituca.



Figura 43: Determinación de lípidos del almidón de pituca.



Figura 44: Determinación de fibra bruta del almidón de pituca.



Figura 45: Determinación del % de acidez titulable y pH del almidón de pituca.



Figura 46: Determinación de la densidad aparente del almidón de pituca.



Figura 47: Determinación de la viscosidad (cP) del almidón de pituca



Figura 48: Determinación de la temperatura de gelatinización inicial y final del almidón de pituca



Figura 49: Determinación de % sinéresis del almidón de pituca



Figura 50: Determinación del IAA, ISA y PH del almidón de pituca



Figura 51: Determinación de la absorbancia del almidón de pituca



Figura 52: Determinación de la forma del almidón de pituca

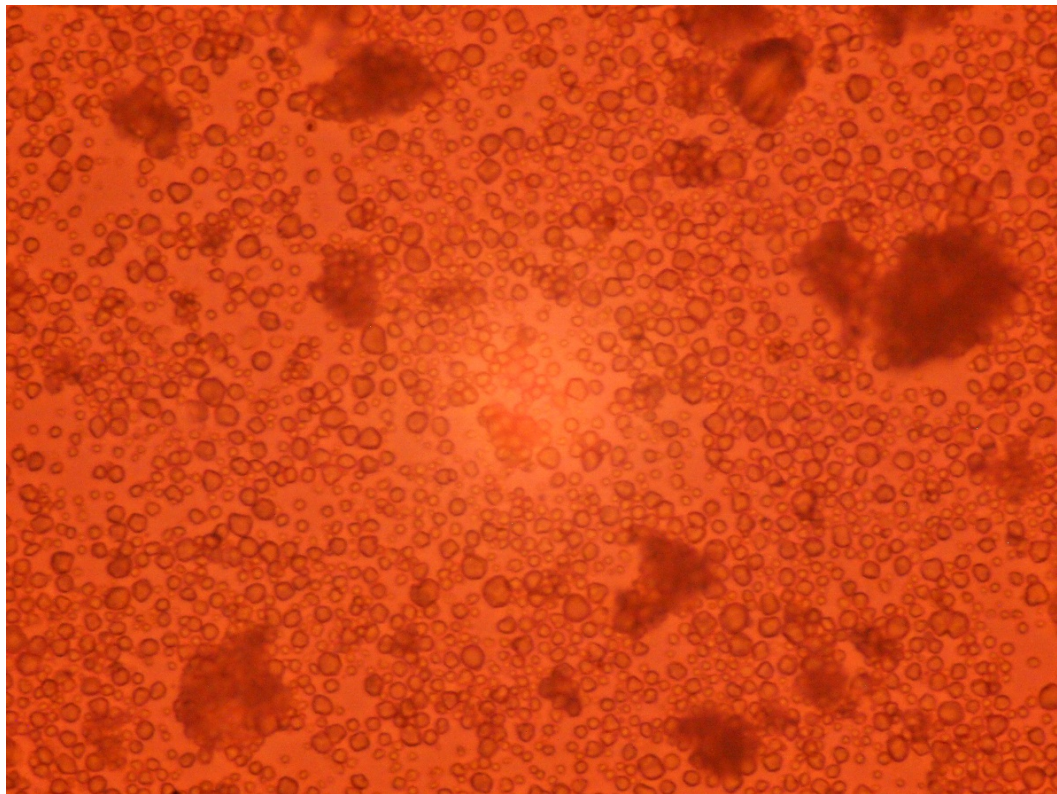


Figura 53: Microfotografía del gránulo de almidón de pituca blanca 40X con 1% p/v

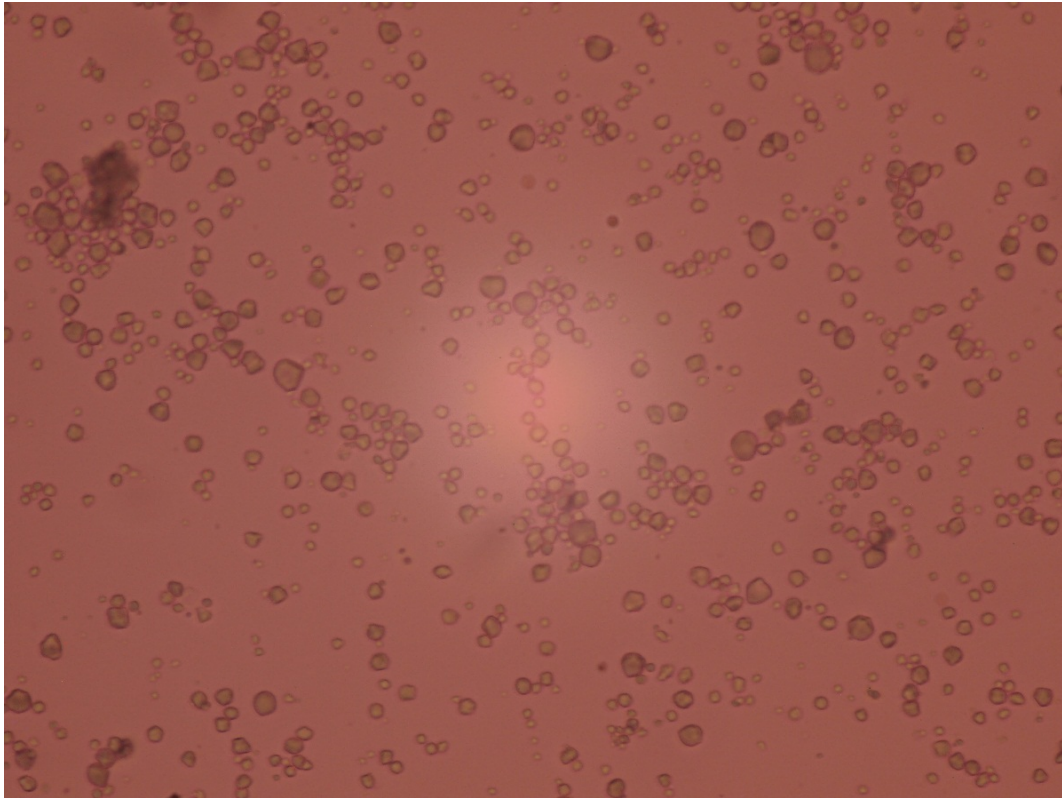


Figura 54: Microfotografía del gránulo de almidón de pituca blanca 40X - 0,5% p/v

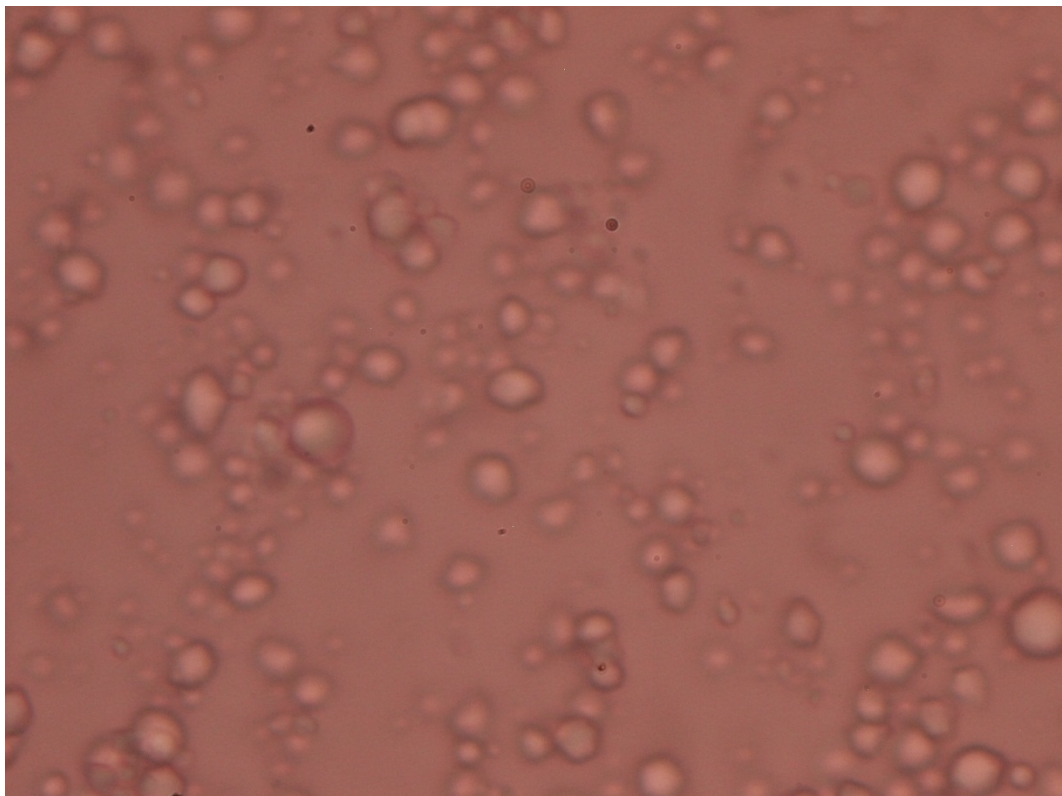


Figura 55: Microfotografía del gránulo de almidón de pituca blanca 100X - 0,5 % p/v

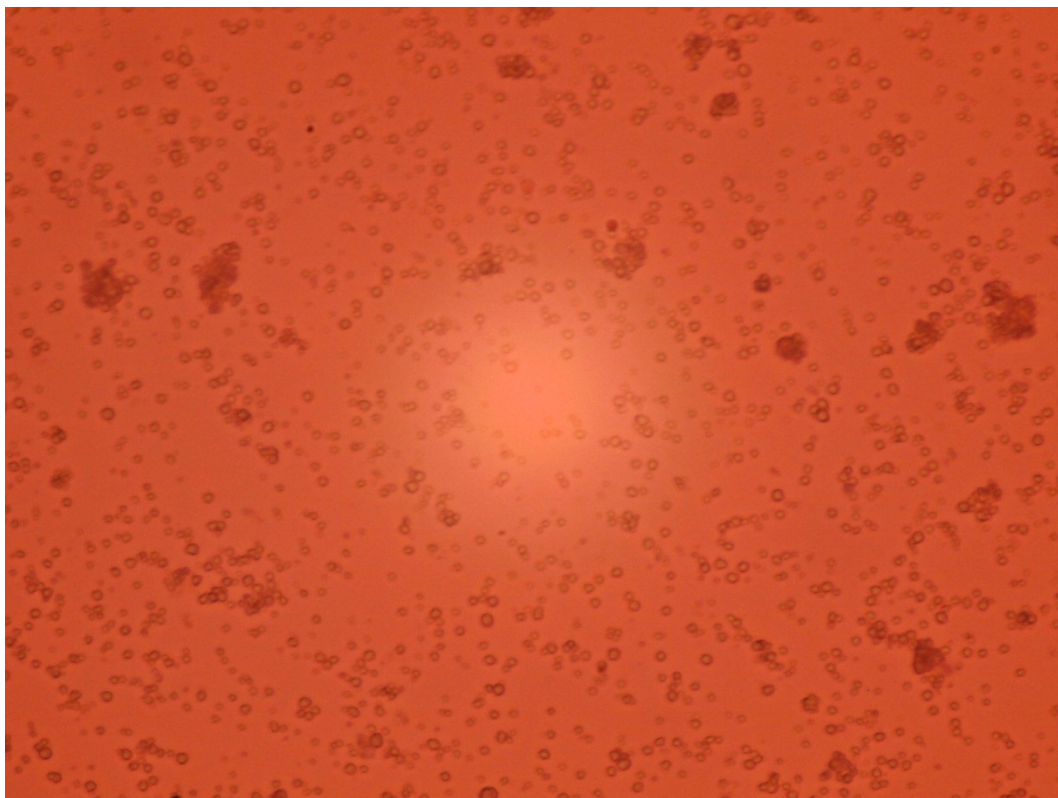


Figura 56: Microfotografía del gránulo de almidón de pituca morada 40X - 1% p/v

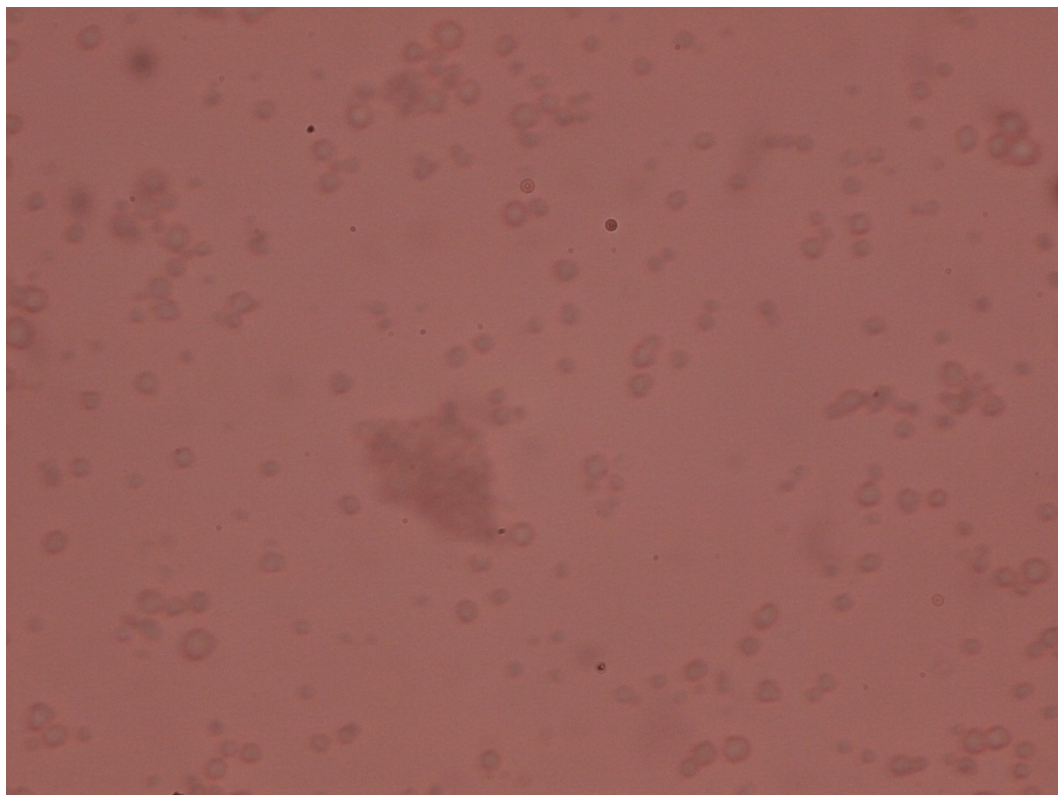


Figura 57: Microfotografía del gránulo de almidón de pituca morada 100X - 1% p/v