

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio comparativo de los Métodos Fenol- Ácido Sulfúrico y Antrona
para determinar la pureza de dos almidones; usando muestras de
almidon de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*).**

Proyecto de investigación

Joselyn Yessenia Yugsi Lita

Ingeniería en Alimentos

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniera en Alimentos

Quito, 15 de mayo de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Estudio comparativo de los Métodos Fenol- Ácido Sulfúrico y Antrona
para determinar la pureza de dos almidones; usando muestras de
almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*).**

Joselyn Yessenia Yugsi Lita

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Javier Alberto Garrido Espinosa, MSc.

Firma del profesor

Quito, 15 de mayo de 2017

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido,

Por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación Quedan sujetos a lo dispuesto en la Política. dan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art.

144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: Joselyn Yugsi

Código: 00100891

C. I.: 1720543980

Fecha: Quito, 15 de mayo de 2017

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi Dios por todas sus bendiciones, darme fuerzas para seguir adelante y por su amor infinito.

A mis padres y hermanos quienes han sido un pilar fundamental en esta etapa de mi vida; por brindarme su apoyo moral y económico para realizarme como profesional. Gracias a ustedes por todo el amor, comprensión, enseñanzas y sobre todo por creer en mí; son los principales protagonistas de este logro alcanzado.

A mi precioso hijo por ser mi mayor motivación e inspiración para superarme, eres la razón de que cada sacrificio valga la pena. A mi amado esposo porque me ha brindado todo su amor, su paciencia y apoyo incondicional.

A todos los profesores, amigos, personal de la facultad que con su apoyo y ayuda contribuyeron de alguna forma para la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la vida y todas las bendiciones que me han permitido alcanzar esta meta.

Quiero agradecer de todo corazón a mi tutor de tesis, Javier Garrido por guiarme durante todo este proceso por su infinita paciencia, compromiso y dedicación. Ha sido un privilegio contar con su ayuda, sus consejos para este logro. Gracias a usted y a la profesora Lucía Ramírez por guiarme durante toda la Carrera por creer en mí, gracias por su comprensión, cariño y por su apoyo incondicional. Agradezco también a todos profesores de la carrera Francisco Carvajal, Stalin Santacruz, Mario Caviedes, Nancy Castro, quienes me han apoyado a lo largo de mi formación académica. Gracias a Caro Andino, Carol Reyes, Manuel Chuquimarca y Jorge Gualotuña por su buena predisposición y su ayuda.

Agradezco a mis padres y hermanos por toda su ayuda; gracias por su comprensión y todo su amor. Gracias, porque este sueño se los debo a ustedes nunca dudaron de mí y siempre me apoyaron en cada decisión, gracias por todo lo que han hecho por mí. A mi esposo David y mi bello hijo ustedes con su amor, paciencia y su tiempo me apoyaron; me motivaron y han sido mi fuerza para salir adelante.

Finalmente agradezco a mis tíos, abuelos, amigos y suegros que siempre me apoyaron y creyeron en mi; todos forman parte de este logro alcanzado en mi vida.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como fin la comparación de dos métodos colorimétricos a nivel de laboratorio; para determinar la pureza de dos almidones comunes en las Industria de Alimentos almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*). Los métodos empleados son Antrona y Fenol- Sulfúrico para la cuantificación de la pureza del almidón en muestras de maíz y papa. Para el análisis de las muestras primero se estableció la temperatura de solubilidad que es de 70°C por 30 minutos continuo por la desintegración de las zonas cristalinas. La cuantificación de la pureza Almidón de Maíz con Antrona (0,2%) fue 91.21 y con el método fenol-ácido sulfúrico 89.51; para el Almidón de papa fue con Antrona (0,2%) 95.32 y con el método fenol-ácido sulfúrico 97.56, con un coeficiente de $R^2 = 0,96069$ para el método de Fenol- ácido sulfúrico y $R^2 = 0,98743$ para el método de Antrona. Según los datos obtenidos por el método de Antrona y Fenol-ácido sulfúrico se determina que los procesos son efectivos, sus valores son similares a la literatura citada y entre los dos métodos existe un mínimo de diferencia; siendo ambas metodologías eficaces en la determinación de la pureza.

Palabras claves: almidón, Antrona, fenol-ácido sulfúrico, pureza, tubérculo, maíz, temperatura de gelatinización

ABSTRACT

The present study was intended to compare two colorimetric methods at the laboratory level; To determine the purity of two common starches in the Food Industry maize starch (*Zea mays*) and potato (*Solanum tuberosum*). The methods used are Anthrone and Phenol-Sulfuric for the quantification of the purity of the starch in samples of maize and potato. For the analysis of the samples, the solubility temperature was established, which is 70°C for 30 minutes continuous by the disintegration of the crystalline zones. The quantification of purity Maize Starch with Anthrone (0.2%) was 91.21 and with method phenol-sulfuric acid 89.51; For the Starch of Potato was with Anthrone (0.2%) 95.32 and with method phenol-sulfuric acid 97.56, with a coefficient of $R^2 = 0.96069$ for the method of Phenol- sulfuric acid and $R^2 = 0.98743$ for the method of Anthrone. According to the data obtained by the method of Anthrone and Phenol-Sulfuric acid, it is determined that the processes are effective, their results are similar to the cited literature and between the two methods there is a minimum of difference; The two methodologies are effective in determining purity.

Key words: starch, Anthrone, phenol-sulfuric acid, purity, tuber, maize, gelatinization temperature

TABLA DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCION	12
2.	METODOLOGIA	18
2.1.	Materiales y Equipos.	18
2.2.	Métodos.	20
2.2.1.	Materia Prima	20
2.2.2.	Análisis del almidón de maíz (<i>Zea Mays</i>) y almidón de papa (<i>Solanum tuberosum</i>).	20
2.2.3.	Cuantificación de la pureza del almidón de maíz y del almidón de papa.	22
2.2.3.1.	Cuantificación de la pureza del almidón según el método de Fenol-ácido sulfúrico.....	22
2.2.3.3.	Preparación de estándares para la curva patrón Fenol Sulfúrico	23
2.2.3.4.	Cuantificación de la pureza del almidón según el método de Antrona	28
2.2.3.5.	Preparación de los reactivos para el método de Antrona	28
2.2.3.6.	Preparación de estándares para la Antrona.curva patrón	29
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1.	Análisis proximales de los almidones maíz y papa	35
3.2.	Caracterización Funcional de los almidones de maíz y papa.	38
3.3.	Cuantificación de la pureza del almidón procedente de almidón de maíz y papa. 40	40
3.4.	Método de Fenol-ácido sulfúrico	44
4.	CONCLUSIONES	46
5.	RECOMENDACIONES.....	47
6.	BIBLIOGRAFIA	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva de calibración para carbohidratos totales por el método Fenol-ácido sulfúrico.	26
Gráfico 2. Curva de calibración para carbohidratos totales por el método Antrona.....	33
Gráfico 3. Determinación de la pureza del almidón utilizando el reactivo de Antrona..	42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de almidones en al Industria Alimentaria.....	14
Tabla 2. Especificación y proveedor de materias primas.	18
Tabla 3. Especificación y proveedor de Reactivos.	18
Tabla 4. Métodos oficiales para los análisis físico-químicos.	21
Tabla 5. Preparación de los estándares para la curva patrón del método Fenol-ácido Sulfúrico.....	24
Tabla 6. Volúmenes de reactivos a utilizar en las muestras con el método Fenol-ácido Sulfúrico.....	25
Tabla 7. Preparación de los estándares de glucosa para la determinación de pureza del almidón por el método de Antrona.	30
Tabla 8. Volúmenes de reactivos a utilizar en las muestras con el método Antrona.....	31
Tabla 9. Composición química de los gránulos de almidón de maíz y papa ^a	35
Tabla 10. Comparación de métodos para la determinación de humedad ^a	36
Tabla 11. Comparación de métodos (Fenol-ácido sulfúrico y Antrona) para la cuantificación de la pureza del almidón.	40
Tabla 12. Cálculos obtenidos en la determinación de humedad a 105°C *.	61
Tabla 13. Cálculos obtenidos en la determinación de humedad con lámpara halógena.	61
Tabla 14. Cálculos obtenidos en la determinación de cenizas Mufla 505°C *.	62
Tabla 15. Cálculos obtenidos en la determinación de grasa método Soxhlet*.	62
Tabla 16. Cálculos obtenidos en la determinación de proteína método Kjeldahl*.	63
Tabla 17. Cálculos obtenidos en la determinación de Carbohidratos*.	65
Tabla 18. Curva patrón para el método Fenol-ácido Sulfúrico.....	66
Tabla 19. Medición de las absorbancias de las muestras por el método Fenol-ácido sulfúrico.	66
Tabla 20. Curva patrón para el método Antrona.....	71
Tabla 21. Medición de las absorbancias de las muestras por el método Antrona	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Maicena “IRIS”	56
Anexo 2. Almidón de Papa	57
Anexo 3. Reactivo de Antrona.....	58
Anexo 4. Reactivo de Antrona.....	59
Anexo 5. Acido Sulfúrico	60
Anexo 6. Cálculos de los Análisis proximales	61
Anexo 7. Datos obtenidos en la determinación de la pureza de almidón por el método de Fenol-ácido sulfúrico.	66
Anexo 8. Datos obtenido en la determinación de la pureza de almidón por el método de Antrona	71
Anexo 9. Fotografías método de Antrona.....	76
Anexo 10. Fotografías método de Fenol-ácido sulfúrico.	79

1. INTRODUCCIÓN

Los cultivos de maíz (*Zea Mays*) y papa (*Solanum tuberosum*) se encuentran dentro de las principales actividades agrícolas que se realizan en el Ecuador; por su importancia económica y social generando ingresos para las familias productoras (Monteros Guerrero, 2016). En el Ecuador, cerca de 42.000 familias se dedican a la producción de papa, similar al número de familias que cultivan maíz suave (Portilla Chacón, 2008). Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) el rendimiento nacional del cultivo de maíz para el invierno de 2016 fue de 5.53 t/ha, a nivel nacional el rendimiento promedio fue superior en 2% respecto al invierno 2015 (Castro, 2016). La productividad de papa a nivel nacional exhibe un destacado rendimiento promedio de 16.49 toneladas por hectárea; se encuentra dentro de los ocho cultivos de mayor producción en el país (Monteros Guerrero, 2016).

También son considerados productos de primera necesidad y de consumo masivo en el Ecuador. Debido a su alto contenido de carbohidratos son importantes porque conforman la base de la mayoría de las dietas (Latham, 2002). El grano de maíz está compuesto por un 70 -75% de almidón, del 8 -10% de proteína y 4-5% lípidos (Alvarez, 2006). La mayor parte de la proteína está en forma de zeína, que no contiene cantidades suficientes de lisina y triptófano disminuyendo su calidad proteica (Gallardo & Sánchez, 1994). A diferencia del maíz; la composición química

de la papa está compuesto por un 72 a 75 % de agua, 16 a 20 % de almidón, 2 a 2,5% de proteína, 1 a 1,8 % fibra y 0,15% de ácidos grasos (FAO, 2008). Los carbohidratos digeribles de los alimentos mencionados son parte de la dieta habitual y se utiliza en la industria alimenticia como almidón.

El almidón es el carbohidrato principal de reserva energética en las plantas y el combustible celular en la dieta humana (Badui Dergal, 2012); proporciona el 70-80% de las calorías consumidas por los humanos de todo el mundo (Prieto Méndez, J.; et al., 2009). Se encuentran en forma de gránulos simples, los almidones más comunes se obtienen principalmente de los cereales (maíz, cebada, trigo, arroz) y raíces o tubérculos (yuca, zanahoria blanca, achira, melloco, papa) (FAO/OMS, 1997). Desde el punto de vista químico el almidón es un polisacárido digerible compuesto por unidades de glucosa y está formado por una mezcla de dos polímeros amilosa que representa el 20% de fracción insoluble en agua y amilopectina con un 80% de fracción soluble; están enlazadas entre sí por uniones α -D-(1,4)-glucosídicas (Herrera, Bolaños, & Lutz, 2003)

Algunos cereales tienen variedades llamadas “céreos” porque no poseen amilosa y contiene 100% de amilopectina; hay otras que tienen hasta 90% de amilosa. El porcentaje de amilosa y amilopectina influyen directamente en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente en su capacidad de hidratación y gelatinización (Badui Dergal, 2012). Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría. Sin embargo cuando se calientan en agua sufren un proceso que se denomina gelatinización. El proceso de gelatinización ocurre

dentro un intervalo amplio de temperaturas; que produce la lixiviación de la amilosa; siendo los gránulos más grandes los que primero se gelatinizan (Lee & Kim, 1990). La pérdida de la organización va acompañada del hinchamiento irreversible de los gránulos, pérdida de birrefringencia y de la estructura cristalina. (Acuña, 2012). Al mismo tiempo alcanza un grado de hinchamiento irreversible que aumenta su viscosidad; en relación a la capacidad de adsorción de agua. Los almidones a mayor temperatura de gelatinización tienen menor capacidad de hinchamiento (Prieto Méndez, J.; et al., 2009).

Las propiedades funcionales de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. (Tabla 1).

Tabla 1. Características de almidones en la Industria Alimentaria

Tipo	Amilopectina (%)	Amilosa (%)	Temperatura de gelatinización (°C)	Tamaño del granulo (micras)
Maíz	69 -74	26-31	62-72	5-25
Maíz rico en amilosa	20-45	55-80	67-80	5-25
Papa	73-77	18-27	58-67	5-100
Arroz	83	17	62-78	2-5
Tapioca	82	18	51-65	5-35
Maíz céreo	99-100	0-1	63-72	5-25
Sorgo	99-100	0-1	67-74	5-25
Céreo				
Trigo	76	24	58-64	11-41

Fuente: (Badui Dergal, 2012)

Los almidones de raíces y tubérculos son más fáciles de extraer a diferencia de los almidones de cereales que demandan procesos industrializados más tecnificados (Acuña, 2012). Debido a sus propiedades funcionales el almidón de papa es superior al almidón de maíz y a otros almidones. El almidón de papa posee alta consistencia en la gelificación y permite la formación de películas flexibles con gran fuerza de adhesión (Mitch, 1994). Las cualidades mencionadas son necesarias en la Industria de Alimentos y por eso es considerado superior al almidón de maíz. Si el almidón de papa estuviera disponible en altas cantidades y a los precios del almidón de maíz, sería preferido en la mayoría de las aplicaciones (Mitch, 1994).

El contenido de carbohidratos en el almidón se determina por diferencia tomando en cuenta los componentes presentes en el almidón: humedad, proteína, ceniza, materia grasa siguiendo la metodología oficial de la AOAC (Meano, Ciarfella, & Dorta, 2014). El porcentaje de carbohidratos corresponde al contenido de almidón, se cuantifica con métodos como el de Antrona y fenol- ácido sulfúrico. (Nielsen, 2003). En el año 1867 en la estación experimental de Weende (Alemania), los científicos Henneberg y Stohmann plantearon el análisis de Weende, también conocido como sistema proximal. El método de Weende consiste en separar a partir de la materia seca de la muestra, los componentes que comparten las mismas características de solubilidad o insolubilidad (Banderas, 2012, p. 54). Este procedimiento conlleva una mayor inexactitud. La FAO, en 1947, sugiere que se deben desarrollar métodos adecuados para la cuantificación directa y se evite el uso del método por diferencia (Iturbe, 2014).

En (1946) Dreywood por primera vez descubrió que el reactivo de Antrona en ácido sulfúrico concentrado se torna de color verde permanente en presencia de los carbohidratos. Basándose en el método cualitativo de Dreywood, en el año (1950) Trevelyan y Harrison plantean el procedimiento para la cuantificación de los carbohidratos totales con el reactivo de Antrona; utilizando espectrofotómetros o fotocolorímetros para determinar la intensidad de la solución coloreada. Finalmente, en el año (1956) Clegg describe un método colorimétrico que utiliza Antrona para la estimación de almidón, azúcares solubles en cereales y subproductos de cereales. El método de Antrona consiste en la acción hidrolítica y la deshidratación de los hidratos de carbono por la acción del ácido sulfúrico; los cuales al deshidratarse se convierte en furfural o hidroximetilfurfural. Estas sustancias se condensan con Antrona (9,10-dihidro-9-oxoantraceno) generando complejos coloreados. (Clegg, 1956).

El método de fenol-ácido sulfúrico (Dubois, 1956) consiste en la determinación colorimétrica cuantitativa de azúcares y sus derivados metílicos, oligosacáridos y polisacáridos. Los carbohidratos son destruidos por el calor y por la adición de ácido; el ácido sulfúrico concentrado descompone los polisacáridos y oligosacáridos. Las pentosas se deshidratan a furfural, y las hexosas a hidroximetil furfural (Nielsen, 2003); estos compuestos al reaccionar con fenol producen varios derivados del furano que se condensan consigo mismos para producir compuestos oscuros o compuestos coloridos producto de la condensación de compuestos fenólicos (UNAM, 2008, p. 24).

El objetivo de esta investigación es comparar los métodos colorimétricos expuestos por (Dubois, et al. 1956) y (Clegg, 1956) para la cuantificación de la pureza del almidón en muestras de consumo masivo en el Ecuador como el maíz y la papa.

2. METODOLOGIA

2.1. Materiales y Equipos.

Se utilizó las materias primas indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Especificación y proveedor de materias primas.

Materia Prima	Proveedor	Especificación
Maicena IRIS	Supermaxi	Anexo 1
Almidón de Papa	TECNAS S.A	Anexo 2

Reactivos

Todos los reactivos que se utilizaron en la determinación de la materia prima, fueron de grado analítico.

Tabla 3. Especificación y proveedor de Reactivos.

Materia Prima	Proveedor	Especificación
Reactivo de Antrona	Loba Chemie PVT. LTD.	Anexo 3
Fenol al 99.5%	Loba Chemie PVT. LTD	Anexo 4
Ácido Sulfúrico al 97%	Merck KGaA	Anexo 5

Equipos

- Balanza Analítica (PB 3002-S. Mettler Toledo). Peso min: 0.5g – Max: 3100g. Error: 0.1g, Desviación: 0.01g.
- Vortex mixer (M37615. Barnstead Thermolyne Maxi Mix II). Velocidad: 100 a 3000 rpm. Voltaje: 120 V 50/60 Hz.
- Espectrofotómetro modelo GENESYS™ 10, marca Thermospectronic; admite exploración de rango completo (325-1100 nm) con una precisión $\pm 1.0\text{nm}$ y repetitividad $\pm 0.5\text{nm}$

Materiales

- Vasos de precipitación.
- Erlenmeyer.
- Matraz Aforado 10mL, 25mL 50mL y 100mL.
- Tubos de ensayo
- Gradilla para tubos de ensayo.
- Vidrio reloj
- Pipeta graduada de 5mL, 25mL.
- Varilla de vidrio
- Micropipetas automáticas
- Puntas para pipetas (1mL, 0.1mL)
- Celdas para espectrofotómetro de 2.5mL

2.2. Métodos.

2.2.1. Materia Prima

El almidón de papa (*Solanum tuberosum*), utilizado para el presente trabajo con presentación de 25 kg; es nativo de la ciudad de Medellín- Colombia. La cual fue adquirida en la empresa Tecnas S.A.; ubicado en el Sector de la Prensa al Norte de la ciudad de Quito.

La muestra de almidón de maíz (*Zea Mays*) de marca Maicena IRIS con presentación de 200 g fue adquirida en el supermercado local “Supermaxi” localizado en el centro comercial de Cumbayá

2.2.2. Análisis del almidón de maíz (*Zea Mays*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*).

Los métodos de análisis de composición proximal se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos que pertenece al Departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad San Francisco de Quito. Los métodos utilizados son descritos en la 19th edición de la Asociación de Comunidades Analíticas (AOAC por sus siglas en inglés) presentes en la Tabla 4. Todas las determinaciones se llevaron a cabo por triplicado.

Tabla 4. Métodos oficiales para los análisis físico-químicos.

Determinación	Método	Referencias
Proteína	método Kjeldahl (método 920.87, AOAC)	(AOAC, 2012)
Grasa	método Soxhlet (método 920.39, AOAC)	(AOAC, 2012)
Cenizas	método gravimétrico (Método 930.22, AOAC)	(AOAC, 2012)
Humedad	método oficial (925.10, AOAC) y lámpara halógena marca Mettler Toledo modelo HB43, suiza	(AOAC, 2012)
Carbohidratos	Método por diferencia o análisis proximal de Weende	(Banderas, 2012, p. 54)

Adicionalmente, para la cuantificación de la pureza del almidón de maíz y almidón de papa se empleó dos métodos colorimétricos descritos por: (Dubois, et al. 1956) el método Fenol-ácido sulfúrico y (Clegg, 1956) el método de Antrona. Para realizar los análisis de los métodos mencionados se utilizó un espectrofotómetro modelo GENESYS™ 10. En el Anexo 6 se encuentra los datos obtenidos en el análisis del almidón de maíz y papa. El porcentaje de carbohidratos corresponde al contenido de almidón (Acuña, 2012).

2.2.3. Cuantificación de la pureza del almidón de maíz y del almidón de papa.

2.2.3.1. Cuantificación de la pureza del almidón según el método de Fenol- ácido sulfúrico

El método de fenol-ácido sulfúrico fue ideado por Dubois (1956) es un método colorimétrico eficaz y confiable. La reacción es sensible y el color es estable; el fenol en presencia de ácido sulfúrico puede utilizarse para la determinación colorimétrica cuantitativa de azúcares y sus derivados metílicos, oligosacáridos y polisacáridos. La adición de ácido sulfúrico causa una deshidratación de las pentosas a furfural y las hexosas a hidroximetil furfural; el resultado de la catálisis ácida de los azúcares tiene como producto varios derivados del furano que se condensan con fenoles y desarrollan un color amarillo-naranja. La glucosa se utiliza para crear la curva estándar, y la absorción se mide a ($\lambda=540\text{nm}$). La precisión del método está dentro de $\pm 2\%$ en condiciones adecuadas. (Chencheng, 2016 & Nielsen, 2003)

Preparación de reactivos para el método Fenol- ácido Sulfúrico

Preparación del patrón de glucosa: Se disuelve 100mg de glucosa anhidra y se aforo a 100mL con agua destilada. Esta solución tiene una concentración de 100mg/mL (Dubois, et al. 1956).

Preparación de la solución de fenol 80g/100g: Se pesó 3.2g de fenol y se disolvió en 0.8mL de agua destilada. Se preparó el reactivo en la cámara de extracción de humos y vapores tóxicos (Dubois, et al. 1956).

Con la siguiente razón se determinó el peso del fenol al 80%:

$$\text{Fenol} = \frac{80g \text{ fenol} \times 20mL \text{ agua destilada}}{0.8mL \text{ de agua destilada}} = 3.2g \text{ fenol}$$

Preparación de la muestra: Se preparó 100 mL de una solución de almidón utilizando 100mg (Dubois, et al 1956) de almidón en agua destilada a 20 °C. Se calentó hasta alcanzar aproximadamente 70°C de temperatura durante 30 minutos con agitación constante (Sangeetha, 2006). Luego se procedió a enfriar a temperatura ambiente.

Preparación de estándares para la curva patrón Fenol –Ácido Sulfúrico

Se usó la glucosa como estándar para establecer la curva de calibración que ha sido propuesto por Matissek. et al. (1992). Se enumeró tubos de ensayo del 1 al 8 colocando los reactivos en el orden que se describe en la tabla5:

Tabla 5. Preparación de los estándares para la curva patrón del método Fenol-ácido Sulfúrico.

N ^o de tubos	Patrón del glucosa 100mg/mL	Agua destilada	Fenol 80g/100g	H ₂ SO ₄ 97g/100g
	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)
BLANCO	0	1	0.1	
1	0.1	0.9	0.1	3
2	0.2	0.8	0.1	3
3	0.3	0.7	0.1	3
4	0.5	0.5	0.1	3
5	0.6	0.4	0.1	3
6	0.8	0.2	0.1	3
7	0.9	0.1	0.1	3
8	1	0	0.1	3

En el tubo etiquetado como blanco se colocó agua destilada y fenol con las cantidades que se indica en la tabla 5. Se continuó con el resto de los tubos de ensayo etiquetados del 1 al 8 colocando la cantidad indicada del patrón de glucosa, agua destilada y la cantidad fenol que se muestra en la tabla 5. Se procedió agitar los tubos en el vortex (M37615. Barnstead Thermolyne Maxi Mix II), después se dejó reposar los estándares por 15 minutos. A continuación se colocó en los respectivos tubos de ensayo la cantidad de ácido sulfúrico indicada, se agitó en el vortex para tener una solución uniforme y se dejó reposar por 15 minutos. Finalmente se procedió a leer la absorbancia a ($\lambda=540\text{nm}$) utilizando un espectrofotómetro modelo GENESYS™ 10, en celdas de 2.5mL.

Para la determinación de la pureza del almidón se miden la absorbancias de las muestras. Primero se etiqueto los tubos de ensayo con el nombre del almidón (Maíz y papa) y se colocó los reactivos en el orden y cantidad que se indica en la tabla 6.

Tabla 6. Volúmenes de reactivos a utilizar en las muestras con el método Fenol-ácido Sulfúrico.

N _o de tubos	Disolución de Almidón (100mg/100mL) (mL)	Agua destilada (mL)	Fenol 80g/100g (mL)	H ₂ SO ₄ 97g/100g (mL)
BLANCO	0	1	0.1	
Papa 1	1	0	0.1	3
Papa 2	1	0	0.1	3
Papa 3	1	0	0.1	3
Maíz 1	1	0	0.1	3
Maíz 2	1	0	0.1	3
Maíz 3	1	0	0.1	3

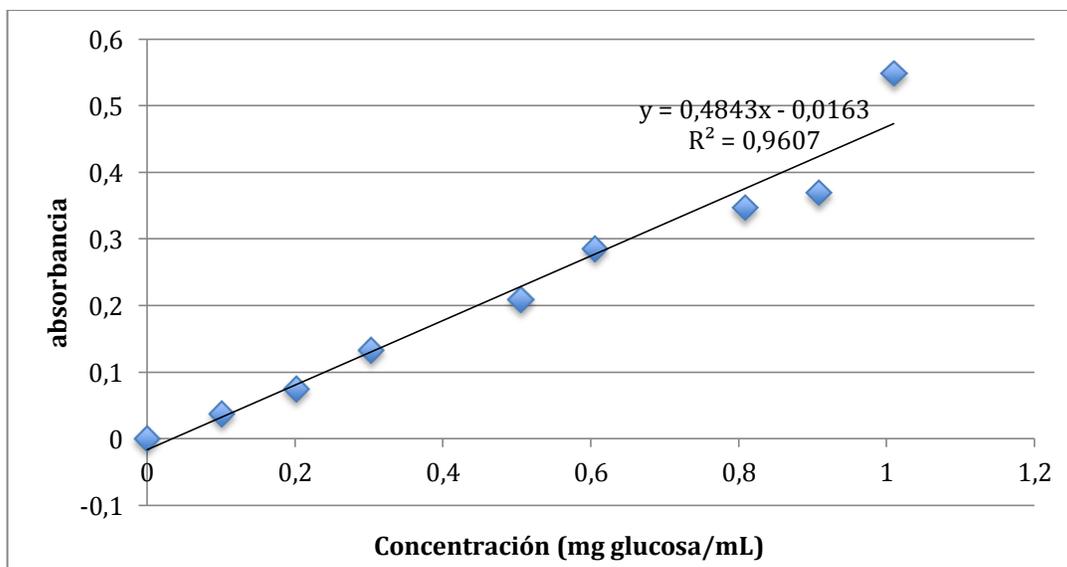
Para la solución problema se realizó pruebas preliminares en la que se determinó la concentración de los almidones de maíz y papa bajo las condiciones apropiadas y se obtuvo resultados constantes. Se modificó las condiciones experimentales para las muestras de almidón de maíz y papa como: volumen del fenol, volumen del ácido sulfúrico y concentración de la muestra; en base a pruebas preliminares y el estudio de Xionggang, et al (2010). Se etiqueto las muestras y se procedió a colocar los reactivos en el orden que indica la tabla. Después de colocar el fenol se homogenizó en el vórtex cada uno de las muestras y el blanco, dejamos reposar por 15 minutos, pasado el tiempo se colocó el ácido sulfúrico se agitó los

tubos en un vórtex para mezclar y capturar los residuos de ácido sulfúrico que podrían haber quedado en las paredes del tubo y se reposo por 15 minutos. Finalmente se procedió a leer la absorbancia a ($\lambda=540\text{nm}$) utilizando un espectrofotómetro con una medida referencial igual para cada muestra y así reducir el error experimental.

Cálculos

Se calcula la cantidad de carbohidratos totales que corresponde al contenido de almidón (Nielsen, 2003) presente en las muestras a partir de la curva patrón de la solución estándar de glucosa. Por medio de las lecturas de absorbancia y en base a la gráfica (absorbancia vs concentración), se despeja la ecuación de la recta para la determinación de carbohidratos (Anexo 7).

Gráfico 1. Curva de calibración para carbohidratos totales por el método Fenol-ácido sulfúrico.



Ecuación

$$y = 0.4843x - 0.0163$$

Dónde (y) es la absorbancia obtenida de la muestra, y (x) es la concentración de la glucosa en mg/mL. Las absorbancias obtenidas de las muestras se remplazarán en la ecuación (y) una vez obtenida la concentración se calcula la cantidad de carbohidratos presentes en 100g, y se determina el resultado en base seca según la siguiente ecuación (Badui Dergal, 2012):

$$Base\ Seca = bh \times \frac{100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Coefficiente de correlación múltiple

Este coeficiente indica la medida de intensidad de la relación lineal entre dos variables (absorbancia vs concentración). La curva patrón se realizó hasta obtener un coeficiente de determinación lo más cercano a 1. En este caso, se obtuvo un coeficiente de determinación de la curva de glucosa de $R^2 = 0,96069$

2.2.3.2. Cuantificación de la pureza del almidón según el método de Antrona.

Según el método de Trevelyan & Harrison (1950) la presencia de calor y un ácido fuerte se produce la hidrólisis de los enlaces glucosídicos de los polisacáridos como la deshidratación de los monosacáridos para producir derivados de furfural. El producto de esta reacción es el furfuraldehído que al reaccionar con el reactivo de Antrona generan complejos coloreados (Chencheng & Stuckey, 2016). El color producido por la deshidratación y condensación de la muestra se mide a través de un espectrofotómetro o fotocolorímetro para cuantificar la intensidad del color. Según Trevelyan & Harrison (1950) se establece la longitud de onda a ($\lambda=620\text{nm}$). El reactivo Antrona-ácido sulfúrico se prepara el día del análisis, ya que es un reactivo fotosensible y su absorción disminuye con el tiempo aumentando la probabilidad de error (Rodríguez, 1987).

Preparación de los reactivos para el método de Antrona

Preparación del patrón de glucosa: Se pesó 100 mg de glucosa anhidra y se pasó a un balón de aforo de 100 mL.; se agregó agua destilada hasta la señal y se procedió a homogenizar (Clegg, 1956).

Preparación de la solución de Antrona al 0.2g/100g: El proceso se lo realizo en frío a una temperatura $< 0^{\circ}\text{C}$, porque mayor temperatura y exposición de luz el reactivo se vuelve inestable. Luego se disolvió 0.2 g de Antrona en 50mL de ácido

sulfúrico frío, con agitación constante poco a poco se aforo hasta llegar a 100mL con el ácido sulfúrico concentrado al 97% (Trevelyan & Harrison, 1950). El reactivo se almacena en un frasco ámbar y en refrigeración. La cantidad es suficiente para realizar 30 ensayos incluyendo las soluciones patrones y blancos (Bolaños, et al. 2003).

Preparación de la solución de la muestra: Se pesó 0.90 mg del almidón extraído (almidón de papa y maíz). Se transfiere el almidón a un balón aforado de 100mL de agua destilada a 20 °C (Bolaños, et al. 2003). Se calentó hasta alcanzar aproximadamente 70°C de temperatura durante 30 minutos con agitación constante (Sangeetha, 2006).

Preparación de estándares para la curva patrón de Antrona

Se usó la glucosa anhidra como estándar para establecer la curva de calibración que ha sido propuesto por Matissek. et al. (1992). Además se estableció la relación de ácido sulfúrico y Antrona según el procedimiento expuesto por Trevelyan & Harrison (1950). Para la curva de calibración se colocó los reactivos como muestra la siguiente:

Tabla 7. Preparación de los estándares de glucosa para la determinación de pureza del almidón por el método de Antrona.

No de tubos	Patrón del glucosa (100mg/100mL)	Agua destilada	Glucosa diluida (mL)	Antrona al (0.2g/100g)
	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)
BLANCO	0	1		5
1	1	100	1	5
2	2	100	1	5
3	3	100	1	5
4	4	100	1	5
5	5	100	1	5
6	6	100	1	5
7	7	100	1	5
8	8	100	1	5
9	9	100	1	5
10	10	100	1	5

De la dilución de glucosa previamente realizada se tomó alícuotas de 1 a 10mL y se diluyó cada una de ellas a 100mL en balones aforados de 100mL. Se preparó los tubos de ensayo con su etiqueta respectiva y se colocó 1mL de cada una de las diluciones preparadas (por triplicado) como muestra la tabla 7. En el blanco se colocó 1mL de agua destilada y 5mL de Antrona. Después de agregar Antrona a todos los tubos de ensayo con los estándares se colocó en baño María de agua en ebullición, durante 10 minutos. Luego se procedió a pasar los tubos de ensayo a un baño de hielo a 0°C para detener la reacción. Finalmente se dejó por 10min a temperatura ambiente, para transferir a las celdas de 2.5mL Makro Plastibrand y medir la absorbancia de cada disolución a una longitud de onda de ($\lambda=620\text{nm}$) utilizando un espectrofotómetro modelo GENESYS™ 10. Se construyó la curva de

calibración graficando Absorbancia (A) por la concentración de glucosa (Bolaños, Herrera, & Lutz, 2003).

Para la determinación de la pureza del almidón se miden la absorbancias de las muestras (Maíz y papa). Principalmente se etiqueto las muestras y se colocó los reactivos en el orden y cantidad que se indica en la tabla 8:

Tabla 8. Volúmenes de reactivos a utilizar en las muestras con el método Antrona

No de tubos	Disolución de Almidón (90mg/100mL)	Agua destilada	Disolución del almidón	Antrona al (0.2g/100g)
	(mL)	(mL)	(mL)	(mL)
BLANCO	0	1	0	5
Papa 1	10	100	1	5
Papa 2	10	100	1	5
Papa 3	10	100	1	5
Maíz 1	10	100	1	5
Maíz 2	10	100	1	5
Maíz 3	10	100	1	5

Los estudios expuestos por Morris (1948) se utilizaron para optimizar las condiciones experimentales y establecer un procedimiento específico para los almidones de maíz y papa. La concentración de la muestra se determinó en base a pruebas preliminares y en base al procedimiento propuesto por Bolaños, et al. (2003).

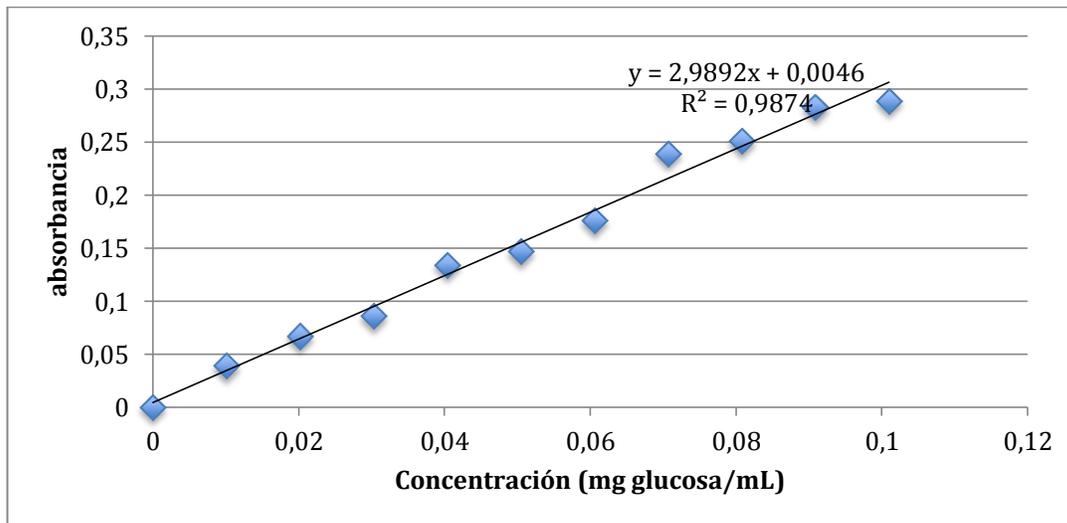
Se calienta y se agita constantemente la mezcla de almidón y agua (90mg/100mL de agua destilada) hasta que la disolución este completa. Se enfría la muestra antes de traspasar a un balón aforado de 100mL, con agitación constante

para tener una dispersión homogénea. Se tomó alícuotas de 10mL de cada disolución de almidón (90mg/100mL) para disolver cada una de ellas en un balón aforado de 100mL de agua destilada. Se rótulo los tubos de ensayo de la muestra para evitar confusiones. Se procedió de la misma forma que en la preparación de los patrones para la curva de calibración y se midió la absorbancia de cada disolución con una longitud de onda de ($\lambda=620\text{nm}$). Se determina el porcentaje de pureza del almidón despejando la ecuación de la recta de la curva de calibración. Luego se calcula la cantidad de glucosa a partir de la concentración del volumen (mL) de la alícuota de disolución de almidón y la masa (mg) del almidón utilizado (Bolaños, et al. 2003, p. 13).

Cálculos

Se calcula la cantidad de carbohidratos totales presentes en las muestras a partir de la curva patrón. Por medio de las lecturas de absorbancia y en base a la gráfica (absorbancia vs concentración), se despeja la ecuación de la recta para la determinación de carbohidratos (Anexo 8).

Gráfico 2. Curva de calibración para carbohidratos totales por el método Antrona.



Ecuación

$$y = 2.9892x - 0.0046$$

Dónde (y) es la absorbancia obtenida de la muestra, y (x) es la concentración de la glucosa en mg/mL que va a ser determinada. Las absorbancias obtenidas de las muestras se remplazarán en la ecuación (y) el resultado obtenido se multiplicará por el factor de dilución para llegar al valor real. ya obtenida la concentración se calcula la cantidad de carbohidratos presentes en 100g, y se establece y se determina el resultado en base seca según la siguiente ecuación (Badui Dergal, 2012).

$$Base\ Seca = bh \times \frac{100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Coefficiente de correlación múltiple

Este coeficiente indica la medida de intensidad de la relación lineal entre dos variables. La curva patrón se realizó hasta obtener un valor lo más cercano a 1. En este caso, se obtuvo un coeficiente de determinación de la curva de glucosa de

$$R^2 = 0,98743$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis proximales de los almidones maíz y papa

La composición de los almidones de maíz y papa se presentan en la Tabla 8.

Tabla 9. Composición química de los gránulos de almidón de maíz y papa ^a.

Fuente	Humedad	Carbohidratos	Proteínas ^{*b}	Lípidos [*]	Cenizas [*]
Maíz ⁿ	11.50	87.39	0.32	0.69	0.10
Papa ⁿ	17.78	81.61	0.08	0.05	0.48

a= Expresado en g/100, los cálculos se encuentran en el Anexo 6.

b= N x 6.25

*= En base seca

n= 3 repeticiones

La Tabla 9 refleja las diferencias entre los almidones de maíz y papa. El porcentaje de humedad para papa, 17.78 fue mayor al reportado por Hoover (2001) que fue entre 7 a 13.3 %. El porcentaje de humedad en el almidón de maíz fue de 11.50 que es menor a lo reportado por Tovar (2008). Estas diferencias pueden atribuirse a la técnica empleada para determinar el contenido de humedad en almidón de papa y maíz, se concluyó que con el método oficial estufa (925.10, AOAC); se obtuvieron valores de humedad ligeramente mayores a los obtenidos por la lámpara halógena (Tabla 10). Los valores de humedad obtenidos del almidón de maíz y papa están dentro del rango permitido (< 20%); este valor es aceptado para productos secos (Torres, et al. 2013).

Tabla 10. Comparación de métodos para la determinación de humedad^a.

Fuente	Método Estufa	Lámpara Halógena
Almidón de maíz	11.50	10.59
Almidón de papa	17.78	16.11

^a= Expresado en g/100, los cálculos se encuentran en el Anexo 6.

La proteína en el almidón está presente en mínimas cantidades después del proceso de extracción, porque se encuentra ligada a la estructura interna mediante enlaces disulfuro y puentes de hidrógeno que forman complejos con los compuestos moleculares de los gránulos de almidón (Pérez, et al. 2005). El contenido del almidón de maíz en proteína fue de 0.32% muy similar a los valores reportados por Jobling (2004) con un contenido de proteína en el almidón de maíz de 0.35%. El contenido bajo de proteína en el almidón de papa 0.08% se encuentran dentro del nivel permitido por la FDA (Hernández, et al. 2008). No obstante el resultado obtenido para el almidón de papa es superior a los reportados en la 0.06% (Sangeetha, 2006). Según Palomino, et al. (2010) en los almidones el contenido de proteína está sujeto al método de extracción, porque son considerados como contaminantes.

El contenido de lípidos mostró diferencias entre los almidones de maíz y papa, Jobling (2004) reporto el contenido para el almidón de maíz de 0.7% y en el presente estudio se obtuvo 0.69%. En esta investigación el contenido de lípidos en el almidón de papa es del 0.05% igual al valor reportado por Hernández, et al. (2008). El contenido de lípidos en el almidón de maíz fue mayor (Tabla 9) que en el

almidón de papa; según Badui (2012) los almidones provenientes de cereales tienen un mayor contenido de lípidos. Aunque los lípidos presentes en el almidón afecta a sus propiedades funcionales (Solorza, et al. 2002); como alta turbidez, mayor temperatura de gelatinización y menor viscosidad de almidones (Sangeetha, 2006). Debido a que tienden a formar complejos amilosa-lípidos en el interior del granulo del almidón (Tovar, 2008).

Los resultados (Tabla 9) indican diferencias en el contenido de cenizas entre el almidón de papa con respecto al almidón de maíz que es más bajo con 0.10%. En el estudio reportado por Hernández, et al. (2008) para el almidón de maíz presento menor cantidad de cenizas con 0.06%, seguido por Tovar (2008) con 0.10%. El almidon de papa mostro un contenido de 0.48% y este valor es similar al expuesto por Alvis, et al. (2008) en el almidón de papa variedad ICA-Nariño con un contenido de 0,44%. La cantidad de cenizas se relaciona con el contenido de fósforo y de algunos minerales en papa y maíz que influyen en el contenido final de las cenizas (Hoover, 2001); Torres (2013) menciona que tambien influye la edad del tubérculo; ya que a medida que el tubérculo es más maduro se incrementa el contenido de fósforo.

En base seca los carbohidratos se convierten en el principal constituyente del almidón. Según Maynard (1989) el análisis proximal o de Weende es el esquema químico más empleado para describir los alimentos. Se determino los carbohidratos por diferencia restando 100 a la sumatorio de los porcentajes; que comprende cuatro fracciones: humedad, extracto etéreo, proteína cruda, cenizas (Banderas, 2012). El

almidón de maíz tuvo mayor contenido 87.32% en relación al contenido de almidón de papa con 81.61% ; los valores obtenidos son mayores a los reportados por Tovar (2008) siendo 85.92% y 80.41% para maíz y papa respectivamente. En el almidón de papa el contenido fue menor a lo reportado por Wolfgang , et al. (1999) con 85% de carbohidratos.

3.2. Caracterización Funcional de los almidones de maíz y papa.

La temperatura de gelatinización de los almidones de maíz es de 72 °C; en el caso del almidón de papa la temperatura es de 67 °C. La temperatura de gelatinización en los almidones nos indica la estabilidad interna del gránulo de almidón, asociada al contenido de amilosa (Badui Dergal, 2012). En tubérculos es menor que los cereales; debido al tamaño del gránulo que permite mayor absorción del agua porque se debilita las fuerzas de atracción entre las moléculas amilosa/amilopectina (Imberty, et al. 1998)

Al alcanzar su máxima solubilidad durante la gelatinización, la amilosa y la amilopectina del almidón, comienzan a interactuar entre si, llegando a formar complejos insolubles, los cuales precipitan y por tanto la solubilidad disminuye (Jiménez, et al. 2008 & Sangeetha, 2006). Si el tamaño del gránulo es pequeño y el contenido de amilopectina es alto se facilita la entrada del agua, aumentando la solubilidad de los polímeros y la estabilidad de la viscosidad (Alvis, et al. 2008). Según Guízar, et al. (2008) el factor de hinchamiento de los almidones esta presente

dentro de este rango 70 y 80°C; a temperaturas mayores los gránulos presentan rupturas y pierden su conformación.

Según Hernández (2008) los gránulos del almidón se resisten al hinchamiento a temperaturas menores de 70 °C, se hinchan gradualmente a medida que se aumenta la temperatura. Se debe a la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares que permiten una absorción irreversible y progresiva del agua. El poder de hinchamiento de los almidones es una propiedad de su contenido de amilopectina, siendo la amilosa un diluyente e inhibidor del hinchamiento (Cheng, et al. 1996)

Determinar la concentración de almidón y la temperatura de solubilidad, es importante para poder disolver el almidón presente en la estructura granular de forma homogénea para que de esta manera este disponible en la cuantificación de la pureza del almidón. Para disolver el almidón se estableció varios métodos a diferentes temperaturas. La primera se preparó las muestras (almidón de maíz y papa) a 30 °C por una hora los almidones no se disolvieron y presentaron sedimentación. A 60 °C por 45 minutos las muestras se disolvieron parcialmente, pero al enfriarse las muestras se observó sedimentación al fondo del balón aforado; especialmente en la muestra de almidón de maíz. Finalmente se estableció la temperatura a 70°C por 30 minutos para los almidones en estudio su disolución fue completa de manera similar a investigaciones anteriores. Los resultados determinados se encuentran dentro de los intervalos reportados por Hernández, et al. (2008) & Sangeetha (2006). Se observó que la solubilidad aumenta conforme se

incrementa la temperatura a la que se somete el almidón. Este incremento se da a partir de los 70 °C para los almidones esto se debe a la exudación de amilosa; mientras que a 60 °C presenta un comportamiento similar, debido a que la temperatura de gelatinización de los almidones de maíz y papa se encuentra dentro de este rango 60- 70 °C (Badui Dergal, 2012), por 30 minutos. El calentamiento debe ser continuo por la desintegración de las zonas cristalinas, y el hinchamiento del almidón llega a ser irreversible porque se disocian las dobles hélices de la amilopectina perdiendo su estructura. La cantidad de agua, la concentración de almidón, el tiempo y la temperatura son factores que permiten la dispersión de las regiones cristalinas, es decir la disolución de la muestra (Tovar, 2008).

3.3. Cuantificación de la pureza del almidón procedente de almidón de maíz y papa.

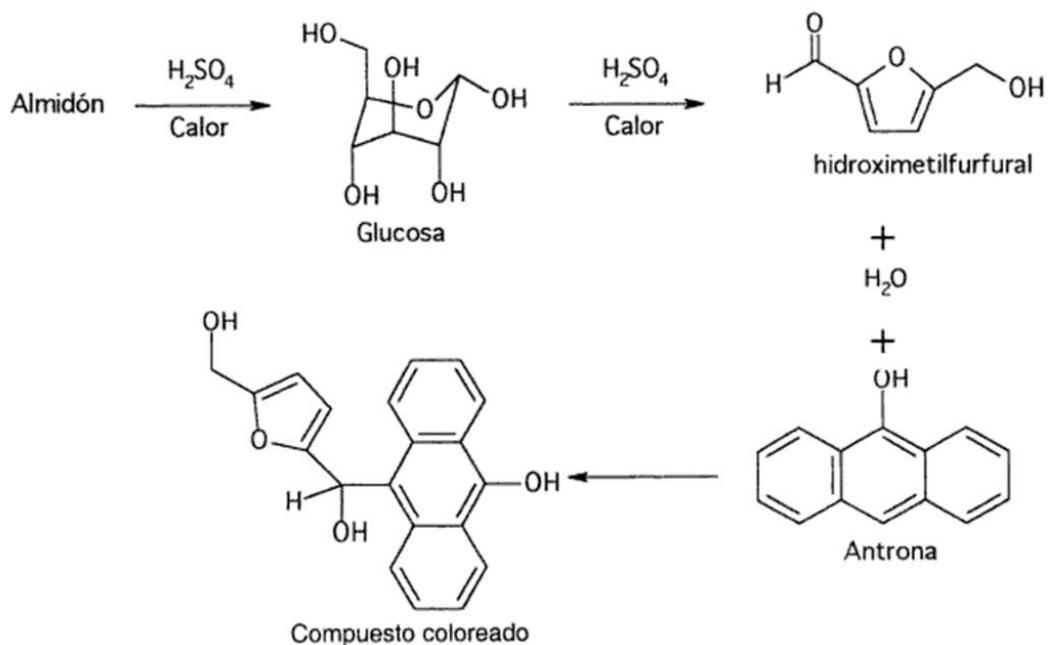
Tabla 11. Comparación de métodos (Fenol-ácido sulfúrico y Antrona) para la cuantificación de la pureza del almidón.

Fuente	Antrona (0.2g/100g)	Fenol –ácido sulfúrico	Referencia
Almidón de Maíz	91.21	89.51	Anexo 7
Almidón de Papa	95.32	97.56	Anexo 8

Método de Antrona

Se probó diferentes alternativas para determinar la concentración del almidón (maíz y papa) y los parámetros para disolver la muestra. Se utilizó las investigaciones propuesta por Trevelyan & Harrison (1950) para determinar la concentración de antrona y ácido sulfúrico. Finalmente se usó las modificaciones expuestas por Bolaños, et al. (2003), para establecer la concentración de glucosa 90mg/100mL. La glucosa normalmente es usado para estabilizar la curva de calibración de Antrona y el contenido de carbohidratos totales es expresado con la concentración glucosa (Cerning, 1975). El método de Antrona tiene una medida colorimétrica a una longitud de onda de 620nm es producto de la condensación del grupo carbonilo del furfural o hidroximetilfurfural con un compuesto fenólico, se explica en el siguiente gráfico 3 (Bolaños, et al. 2003):

Gráfico 3. Determinación de la pureza del almidón utilizando el reactivo de Antrona.



Según Morris (1948) el método de antrona tiene un procedimiento analítico útil para la estimación de carbohidratos en los alimentos; solo requiere de la hidrólisis o desproteínezación anterior de las muestras. Se puede obtener un alto grado de precisión siempre que las muestras de ensayo tengan un valor mayor a 0,05 mg de glucosa. La precisión del método se probó primero en soluciones de glucosa de diversas concentraciones y al mismo tiempo se precisó la concentración de azúcar en el que se podían hacer las estimaciones más exactas (Ludwig & Goldberg, 1956).

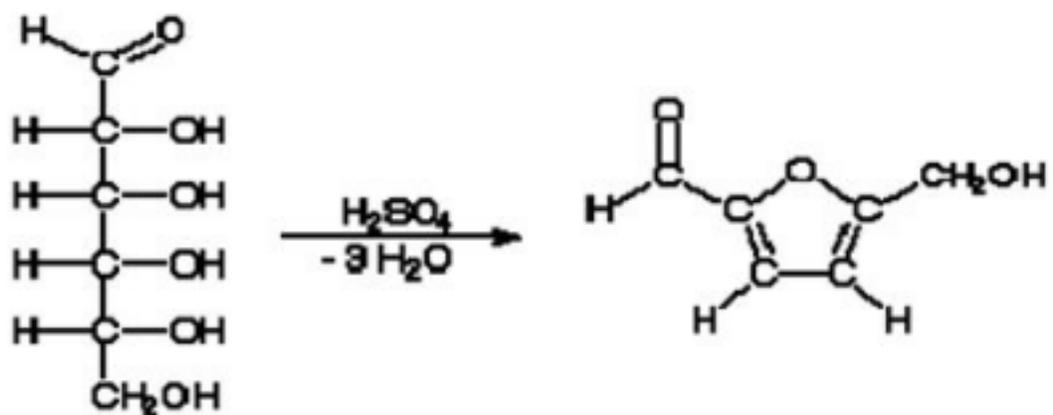
Se determinó el contenido de la pureza del almidón en dos variedades: el almidón de maíz producido en el Ecuador y el almidón de papa proveniente de Colombia que son productos de consumo masivo; además de ser utilizado en la Industria de Alimentos. El método de Antrona tuvo como coeficiente de relación múltiple $R^2 = 0.98743$ cercano a 1, con un mínimo de probabilidad de error. Se obtuvo en el almidón de papa 95.32 % su contenido es alto a lo reportado por Clegg (1956); y este valor es similar al estudio expuesto por Guízar, et al. (2008). En el almidón de maíz se obtuvo 91.21% su valor es muy alto comparado con el 86% expuesto por Clegg (1956). Los resultados del contenido de almidón de papa dieron una buena reproducibilidad, la presencia de proteínas y materiales minerales no interfirió con la reacción de color con la antrona. El almidón de maíz presentó mayor contenido de proteínas a esto se le atribuye su bajo porcentaje de pureza. Sin embargo, el porcentaje de almidón en muestra seca fue mayor a lo reportado por Clegg (1956). La prueba de antrona es extremadamente sensible, según Dreywood (1946) los ensayos con almidón sonde 10 a 40 veces más sensible que el yodo para la detección de este carbohidrato.

La composición de carbohidratos de un cereal no es necesariamente constante, como ha sido demostrado, también ocurren variaciones similares en los subproductos de los cereales, cuya composición está determinada por el grado de molienda.

3.4. Método de Fenol-ácido sulfúrico

El método fenol-ácido sulfúrico es un método colorimétrico que detecta virtualmente todas las clases de carbohidratos, incluyendo mono-, di-, oligo- y polisacáridos. Aunque el método detecta casi todos los carbohidratos, la absorción de los diferentes carbohidratos varía (Nielsen, 2003). El fenol en presencia de ácido sulfúrico puede utilizarse para la determinación colorimétrica cuantitativa de azúcares y sus derivados metálicos, oligosacáridos y polisacáridos, el color producido por la deshidratación de los azúcares en presencia del ácido es permanente y no es necesario el control de las condiciones (Dubois, Hamilton, Rebers, & Smith, 1956).

Gráfico 4. Reacción de deshidratación y formación de furfural.



El método de fenol-ácido sulfúrico modificado puede aplicarse convenientemente a la determinación cuantitativa de almidones de tubérculos como la papa y cereales en este caso maíz. Estableciendo una solución patrón constituido por glucosa, las condiciones óptimas, con el volumen de 0,1 ml de fenol al 80g/100g y un volumen de 3 ml de ácido sulfúrico concentrado añadido a una agitación constante. Para establecer el procedimiento se realizaron varias pruebas preliminares para determinar la concentración adecuada de almidón. Se hicieron pruebas en diferentes concentraciones de Fenol al 5% y 80% tomando como referencia las investigaciones de Dubois, et al. (1956), Masuko, et al (2005) y Nielsen (2003). Se determino al 80% porque su coeficiente de reacción múltiple se acercó a 1; se obtuvo como resultado un análisis rápido, buena linealidad en un amplio rango y buena reproducibilidad (Xionggang, et al. 2010).

El valor de correlación $R^2 = 0.96069$ múltiple se acercaba a 1; pero es menor a $R^2 = 0.99959$ expuesto por Chencheng & Stuckey (2016). La pureza obtenida es de 97.56 en el almidón de papa y similar al reportado por Guízar, et al. (2008). En el almidón de maíz se obtuvo 89.51% mayor al dato obtenido por el 85.92 expuesto por Tovar (2008). El almidón de maíz analizados presentó un bajo contenido de pureza, por lo que cualquier variación se presume por el proceso de extracción del almidón, la composición de carbohidratos de un cereal no es necesariamente constante como ha sido demostrado por la variabilidad de resultados en este método. Sin embargo, el porcentaje de almidón de papa es alto y coincide con la bibliografía

4. CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos por el método de Antrona y Fenol-ácido sulfúrico se determina que los procesos empleados de extracción en las muestras de almidón de maíz y papa son efectivos; ya que existe un mínimo de diferencia entre ambos métodos y con la literatura citada.

El método de Antrona requieren agitación y la adición rápida del reactivo para evitar errores en la absorbancia: a diferencia del método fenol-ácido sulfúrico que no requiere recubrimiento y agitación. El proceso se realiza en 45 min y requiere solo pequeñas cantidades de fenol y ácido sulfúrico; es muy sensible con una longitud de onda menor al del método de Antrona.

Una de las razones por las cuales se le atribuye al almidón de papa un alto grado de pureza es su contenido de carbohidratos y bajo porcentaje de proteínas como resultado se obtuvo mejor solubilidad a los cambios altos de temperatura.

El coeficiente de variación múltiple del método de Antrona es mayor en comparación al método fenol-ácido sulfúrico y su valor cercano a 1 presenta resultados más confiables.

5. RECOMENDACIONES

El procedimiento establecido para el método de fenol-ácido sulfúrico debe ser considerado para una aplicación en el análisis de otros polisacáridos complejos de origen vegetal.

Para el presente estudio se usó dos tipos de muestras de almidón se recomienda usar diferentes variedades de almidón de maíz y papa para observar si existe alguna variación en los datos.

Se recomienda hacer determinación de fósforo en el almidón por su influencia en las propiedades funcionales de los almidones y en los análisis proximales.

6. BIBLIOGRAFIA

- Clegg, K. M. (1956). *The application of the anthrone to the estimation of starch in cereals*. Journal, J. Sci. Food Agric.
- Castro, M. (2016). *Rendimientos de maíz duro seco en invierno del 2016*. MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito: SINAGAP.
- Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo del desarrollo. (U. d. Ithaca, Ed.) *FAO* (29).
- Lee, Y., & Kim, K. (1990). Gelatinization and liquefaction of starch with a heat stable-amylase. *Journal of Food Science* (55), 1365-1372.
- Chencheng, L., & Stuckey, D. (8 de December de 2016). Colorimetric measurement of carbohydrates in biological wastewater treatment systems: A critical evaluation. *Science Direct: Water Research* , pp. 280-287.
- Cheng, Y., Tsai, M., & Tseng, K. (1996). Effect of amylose content on the rheological property of rice starch. *Cereal Chemistry* , 73 (4), 415-420.
- Cerning, J. (1975). A note on sugar determination by the anthrone method. *Station de Biochimie et Physico-Chimie des cereales.* , 52, 857-860.
- Lowe, B. (2013). Retrieved 5 de Julio de 2016 from Chest of Books: <http://chestofbooks.com/food/science/Experimental-Cookery/Starch.html#.UubpJ9Jp7Mw>
- Ludwig, T., & Goldberg, H. (1956). The anthrone method for the determination of carbohydrates in foods and in oral rinsing. *Universidad Central de Michigan* , 35 (1).
- Acuña, H. (2012). *Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (dioscorea trifida) originario de la región amazónica*

colombiana para la elaboración de productos horneados. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, ICTA , Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos . Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia

- Alvarez, A. (2006). Aplicaciones del maíz en la tecnología alimentaria y otras industrias. *Revista Maizar* , II, 9-13.
- Alvis, A., Velez, C., Villada, H., & Rada, M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Scielo* , 9 (1), 19-28.
- Anderson, R., Conway, H., & Peplinski, A. (1969). Gelatinization of Corn Grits by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. In *Cereal Science Today* (Vol. 14, pp. 14-12).
- AOAC. (2012). In G. Latimer (Ed.), *Official Method of Analysis of AOAC International* (19th ed ed., Vol. Vol. II). Maryland, United States of America: AOAC INTERNATIONAL.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* (Vol. 163). (D. J. Mejía-Lorío, Ed.) FAO Inter-Departmental Working Group.
- Badui Dergal, S. (2012). *Química de los Alimentos* (Quinta Edición ed.). México, México: PEARSON Ed.
- Banderas, M. (2012). *Análisis proximal de los principales componentes nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz amarillo y papa chola*. Disertación previa a la obtención del título, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Faculta de ciencias exactas y naturales, Quito.
- Bolaños, N., Herrera, C., & Lutz, G. (2003). Determinación de la pureza y el grado de ramificación del almidón. *Química de Alimentos* , 4-21.

- Dreywood, R. (1946). *Qualitative Test for Carbohydrate Material* . Analytical Chemistry, Paper Service Department . Rochester, N.Y.: Eastman Kodak Company .
- Dubois, M., Hamilton, J., Rebers, P., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analitycal Chemistry* , 28 (3), 350.
- Flottweg. (n.d.). From <https://www.flottweg.com/applications/chemicals-pharmaceuticals-food/potato-starch/>
- FAO. (2008). *Presentación de nuestro invitado especial: Solanum tuberosum, el «tubérculo humilde» que se propagó desde su cuna andina a través de seis continentes, y conjuró el hambre, alimentó el desarrollo económico y modificó el curso de la historia mundial*. Retrieved 20 de Octubre de 2016 from La PAPA: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0500s/i0500s02.pdf>
- FAO/OMS. (1997). Consulta FAO/OMS de expertos sobre los carbohidratos en la nutrición humana. *Estudio FAO alimentación y nutrición.* , 66, 74-77.
- Fenema. (2000). *Química de los Alimentos* (Segunda Edición ed., Vol. 8). Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Gallardo, N., & Sánchez, R. (1994). Obtención de maltodextrinas por hidrólisis enzimática. In C. d. (CIT), & J. O. Valderrama (Ed.), *Información tecnológica* (Vol. 5, pp. 75-80). La Serena, Chile: Soc. Editorial del Norte.
- Gil, A. (2010). *Tratado de nutrición: Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Guízar, M., Montañéz, J., & García, I. (2008). Parcial caracterización de nuevos almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp) . *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* , 9 (1), 81-88.

- Hernández, M., Torruco, J., Guerrero, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* , 28 (3).
- Herrera, C., Bolaños, N., & Lutz, G. (2003). *Química de los Alimentos* (Vol. 1). San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Hoover, R. (2001). Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review, *Carboh. polym.* <http://www.researchgate.net> , 45 (3), 253-267.
- Imberty, A., Chanzy, H., Pérez, S., Buéon, A., & Tran, V. (1998). The double-helical nature of the crystalline part of A-starch. *Journal of Molecular Biology* , 201 (2), 365-378.
- Iturbe, A. (2014). *Facultad de Química UNAM: Análisis de Alimentos*. Retrieved 16 de Marzo de 2016 from http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Carbohidratos-General_23034.pdf.
- Jiménez, H., Salazar, M., & Ramos , R. (2006). Physical, chemical and microscopic characterization of a new starch from chayote (*Sechium edule*) tuber and its comparison . <http://www.sciencedirect.com/> , 68 (4), 679-686.
- Jobling, S. (2004). Improving starch for food and industrial applications. <http://www.sciencedirect.com/> , 7 (2), 210-218.
- Masuko, T., Minami, A., Iwasaki, N., Majima, T., Nishimura, S., & Lee, Y. (2005). *Analytical Biochemistry.*, 339. Retrieved 18 de Marzo de 2016 from Science direct: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003269704009522>.
- Matissek, R., Schnepel, F., & Steiner, G. (1992). *Fundamentos- Métodos- Aplicaciones* (2da edición ed.). Zaragoza, España: Acribia S.A.

- Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H., & Warner, R. (1989). *Nutrición Animal* (7ma edición ed.). México: Editorial Mc Graw Hill .
- Melian, D. (2010). *UACH*. Retrieved 28 de octubre de 2016 from <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/>
- Meano, N., Ciarfella, A., & Dorta, A. (2014). Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Scielo* , 26 (2), 182-188.
- Medina, J., & Salas, J. (2007). *Revista de Ingeniería*. Retrieved 2016 de Junio de 27 from Scielo: Revista de Ingeniería: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-49932008000100007&script=sci_arttext
- Mitch, E. (1994). *Potato starch: production and uses*. (2 ed ed.). (R. Whistler, J. Bemiller, & E. Paschall, Eds.) Orlando, Florida, Estados Unidos de América: Academic Press.
- Monteros Guerrero, A. (2016). *RENDIMIENTOS DE PAPA EN EL ECUADOR PRIMER CICLO 2016 (diciembre-junio)*. MAGAP, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Quito: SINAGAP.
- Morris, D. (1948). Determination of Carbohydrate in Biological Fluids. *Sciencw* (107), 254.
- Morón, C., Zacarías, I., & Saturino, P. (1997). Producción y manejo de datos en la composición química de los alimentos. Santiago.
- Nielsen, S. (2003). *Food Analysos Laboratory Manual*. (Suzanne, Ed.) New YorK, Estados Unidos de America: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Palomino, C., Molina, Y., & Pérez, E. (2010). Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.)

- Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. *Rev. Fac. Agron.* , 36 (2), 58-66.
- Pardo, O., Castañeda, J. C., & Ortiz, J. C. (2013). *Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa*. Grupo de Investigación en Química y Tecnológica de Alimentos , Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia , Agroindustria, Tunja, Boyáca.
- Pérez, E., Schultz, F., & Delahaye, E. (2005). Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro). 60 (2).
- Portilla Chacón, O. (2008). *Estudio de factibilidad para la industrialización, comercialización de almidón de papa (Solanum tuberosum), y reactivación del centro de acopio San Luis, en el cantón Tulcán*. Informe final del proyecto, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de ciencias agrícolas y ambientales (ECAA), Ibarra.
- Prieto Méndez, J., Rubio Hinojosa, C., Román Gutiérrez, A., Méndez Marzo, M., González Ramírez, C., & Prieto García, F. (mayo- agosto de 2009). *Degradación física del almidón de cebada (Hordeum sativum Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos*, núm. 2. Retrieved 3 de agosto de 2016 from Redalyc: <http://www.redalyc.org/pdf/904/90411687002.pdf>
- Rodríguez, J. (1987). Determinación de azúcares totales por el método de Antrona. . In *Manual de prácticas de Bioquímica* (4ta edición ed., pp. 53-57). Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Sangeetha, M. (2006). Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. <http://www.journals.elsevier.com/food-hydrocolloids> , 20, 557-566.
- Solís, J. (1993). *Manejo agronómico del cultivo de papa y las perspectivas de mercado*. (Print, Ed.) Temuco: Universidad Católica de Temuco.

- Solorza, F., Jiménez, A., Arenas, O., & Bello, P. (2002). Rheology of *Okenia hypogaea* starch dispersions in aqueous solutions of DMSO. <http://onlinelibrary.wiley.com/> , 54, 198-202.
- Torres, A., Montero, P., & Durán, M. (2013). Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*). *Revista Lasallista de Investigación* , 10 (2), pp. 52-61.
- Tovar, T. (2008). *Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz (Zea mays L) obtenido por diferentes métodos de aislamiento*. Tesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias básicas e Ingeniería, Hidalgo.
- Trevelyan, W., & Harrison, K. (1950). Studies on yeast metabolism. *Biochemistry Journal* 5 , 50, 298 -303.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2008). *Fundamento y Técnicas de Análisis de Alimentos*. Facultad de Química, UNAM , Departamento de Análisis de Alimentos y Biotecnología . México: Facultad de Química.
- Vasathan, T., & Hoover, R. (1991). A comparative study of the composition of lipids associated with starch granules from various botanical sources. *Food Chemistry* , 43, 19-27.
- Wolfgang, B., Willi, W., & Hans, P. (1999). Potato starch technology. <http://onlinelibrary.wiley.com/> , 51 (7), 235-242.
- Xionggang, X., Xinlin, W., Yuanfeng, W., Qinjie, C., & Jianbo, X. (2010). *Determination of tea polysaccharides in camellia sinesis by a modified Phenol-Sulfuric acid method*. Institute of Food Engineering, College of Life , Environment Science, Shanghai Normal University , Shanghai.
- Zárate, L., Otálora, N., Ramírez , L., Garnica, A., Prieto , L., Cerón , M., et al. (2012). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN NATIVO

DE CLONES PROMISORIOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum tuberosum* Grupo phureja). *XXV Congreso de la asociación latinoamericana de la papa*. Brasil .

Zárate, L., Otálora, N., Ramírez , L., Garnica, A., Prieto , L., Cerón , M., et al. (2012). Extracción y caracterización de almidón nativo de clones promisorios de papa criolla (*Solanum tuberosum* Grupo phureja). *XXV Congreso de la asociación latinoamericana de la papa*. Brasil.

Zumbado, H. (2008). *Análisis Químico de los alimentos: métodos clásicos*. Cuba: Universitaria.

ANEXOS

Anexo 1. Maicena “IRIS”

DESCRIPCION FISICA DEL PRODUCTO	Es la harina fina de maíz, fécula o almidón de maíz.	
INGREDIENTES PRINCIPALES	almidón de maíz	
INGREDIENTES SECUNDARIOS	No aplica	
CARACTERISTICAS FISICAS DE LA MATERIA PRIMA Y/O INSUMO	apariciencia	polvo
	color	blanca
	olor	característico del maíz
	sabor	característico del maíz
	pH	no registra
CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA Y/O INSUMO	No registra	
ESTADO DE LA MATERIA PRIMA Y/O INSUMO	Líquido	
	Sólido	polvo
	Gaseoso	
EMPAQUES Y PRESENTACIONES	Envase de papel herméticamente cerrado	
CANTIDAD	200g, 500g y 1000g	
INSTRUCCIONES EN LA ETIQUETA	Consérvese en un lugar fresco y seco	
NUMERO DE REGISTRO		

Anexo 2. Almidón de Papa

	FICHA TECNICA DE PRODUCTO TERMINADO	
---	-------------------------------------	--

Versión: 2 Fecha de aprobación: 2013-02-27 FO-ID-17 / Versión N° 5 2009-03-01

NOMBRE: ALMIDON DE PAPA
CODIGO: AD-0007

USOS Y APLICACIONES: El ALMIDÓN DE PAPA es un producto utilizado como gelificante, fuente de carbohidratos, espesante, agente texturizante y vehículo en gran variedad de productos alimenticios.

COMPOSICIÓN: Almidón de papa nativo

ALERGENOS*: N/A.

*Pueden causar hipersensibilidad en algunas personas susceptibles a estos componentes **

Este producto puede cambiar de color en el tiempo *** Este producto no contiene OMG.

REQUISITOS ORGANOLEPTICOS	ESPECIFICACIONES
ASPECTO	Polvo fino
COLOR	Blanco
OLOR	Inodoro
SABOR	Neutro
REQUISITOS FISICO-QUIMICOS	ESPECIFICACIONES
pH (sin 5.0 % w)	5.00 a 8.50
CENIZAS	Máximo 0.50
PERDIDAS POR SECADO (%)	18.0 a 20.0
CAP. RETENCIÓN AGUA CRA	1:3
PROTEINA (N X 6.25, %)	Máximo 0.10
VISCOSIDAD BRABENDER (BU, sin 12%, pH 5.5, 50°C)	1000 -2000
REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS	ESPECIFICACIONES
TOTAL MICROORGAN. MESOFILICOS UFC/g	Máximo 10000
MOHOS Y LEVADURAS UFC/g	Máximo 600
E. coli /g	Ausencia en 1gr
SALMON ELLA/g	Ausencia en 1gr

Anexo 3. Reactivo de Antrona



ISO 9001-2008 REGISTERED

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product Name : - ANTHRONE AR/ACS
 Mol. Formula : - C₁₄H₁₀O
 Mol. Weight : - 194.23
 Code no. : - 01430
 CAS no. : - 90-44-8
 Lot no. : - SG28121504
 Mfg date : - APR-2015
 Exp date : - MAR-2020

Analyzed on: - 14/04/15

<u>Sr. no.</u>	Tests	Specifications	Results
1	Description	Yellow crystalline powder	Yellow crystalline powder
2	Assay	Min. 99.0%	99.4%
3	Melting range	152 - 156°C	156°C
4	Solubility in Ethyl Acetate	Passes test	Passes test
5	Iron (Fe)	Max. 0.001%	0.00094%
6	Loss on drying at 105°C	Max. 0.5%	0.32%
7	Sensitivity to Carbohydrates	Passes test	Passes test

This above product complies as per the specifications of LOBA CHEMIE PVT. LTD.

Anexo 4. **Reactivo de Antrona**

ISO 9001-2008 REGISTERED

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product Name : - PHENOL DETACHED CRYSTAL EXTRA PURE
 Mol. Formula : - C₆H₅OH
 Mol. Weight : - 94.11
 Code no. : - 5170A
 CAS no. : - 108-95-2
 Lot no. : - LM00261501
 Mfg date : - JAN-2015
 Exp date : - DEC-2019

Analyzed on: - 15/01/15

<u>Sr.</u> <u>no.</u>	Tests	Specifications	Results
1	Description	White crystals or crystalline flakes	White crystals
2	Assay by titration as phenol	Min. 99.0%	99.80%
3	Freezing point	Not less than 39.5°C	40.0°C
4	Residue on evaporation	Max. 0.05%	0.019%

*This above product complies as per the specifications of **LOBA CHEMIE PVT. LTD.***

Anexo 5. Ácido Sulfúrico

Description	
Catalogue Number	100731
Description	Sulfuric acid 95-97%

Product Information	
CAS number	7664-93-9
EC index number	016-020-00-8
EC number	231-639-5
Grade	ISO
Hill Formula	H_2O_4S
Chemical formula	H_2SO_4
Molar Mass	98.08 g/mol
HS Code	2807 00 00

Applications	
Application	Sulfuric acid 95-97% for analysis EMSURE® ISO. CAS 7664-93-9, EC Number 231-639-5, chemical formula H_2SO_4 . Sulfuric acid 95-97% MSDS (material safety data sheet) or SDS, storage and handling info here.

Physicochemical Information	
Density	1.84 g/cm ³ (20 °C)
Melting Point	-20 °C
pH value	0.3 (49 g/l, H ₂ O, 25 °C)
Vapor pressure	0.0001 hPa (20 °C)

Anexo 6. Cálculos de los Análisis proximales

Tabla 12. Datos obtenidos en la determinación de humedad a 105°C *.

Producto	No	Peso Crisol (g)	Peso muestra (g)	Σ peso crisol + muestra	Peso crisol + muestra seca (g)	(Peso crisol + muestra) - (Peso crisol + muestra seca)	Diferencia de peso inicial y final / peso muestra	(g/100)	Promedio
Almidón de Maíz	1	19.6908	5.0671	24.7579	24.1771	0.5808	0.11462	11.46	11.50
	2	16.8669	5.0815	21.9484	21.3642	0.5842	0.11496	11.50	
	3	20.3255	5.0098	25.3353	24.7577	0.5776	0.11529	11.53	
Almidón de Papa	1	16.8662	5.0163	21.8825	20.0991	0.8915	0.177721	17.77	17.78
	2	28.9801	5.1962	34.1763	33.2537	0.9226	0.177552	17.76	
	3	20.3235	5.0097	25.4205	24.5133	0.9072	0.177981	17.80	

$$* = g/100 \text{ Humedad} = \frac{(P.\text{crisol}+muestra)-(P.\text{crisol}+muestra\ seca)}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

Tabla 13. Cálculos obtenidos en la determinación de humedad con lámpara halógena.

Producto	Números	Peso muestra (g)	Humedad (g/100)	Promedio
Almidón de Maíz	1	0.545	10.4	10.59
	2	0.501	11.58	
	3	0.531	9.8	
Almidón de Papa	1	0.547	16.27	16.11
	2	0.578	15.92	
	3	0.564	16.13	

Tabla 14. Cálculos obtenidos en la determinación de cenizas Mufla 505°C *.

Producto	No	Peso Crisol (g)	Peso final (g)	Peso final - peso crisol vacío	Peso muestra (g)	Diferencia de pesos / peso muestra	(g/100)	Promedio
Almidón de Papa	1	20.3405	20.3513	0.0108	2.1897	0.00493	0.49	0.48
	2	19.8306	19.8416	0.011	2.181	0.00504	0.50	
	3	17.0396	17.0494	0.0098	2.2729	0.00431	0.43	
Almidón de Maíz	1	26.4509	26.4534	0.0025	2.1961	0.00113	0.11	0.10
	2	18.7104	18.7126	0.0022	2.1805	0.00100	0.10	
	3	19.1845	19.1865	0.002	2.0966	0.00095	0.10	

$$* = g/100 \text{ Cenizas} = \frac{(P.\text{crisol} + \text{muestra calcinada}) - (P.\text{crisol})}{(P.\text{crisol} + \text{muestra}) - (P.\text{crisol})} \times 100$$

Tabla 15. Cálculos obtenidos en la determinación de grasa método Soxhlet*.

Producto	No	Peso vaso vacío(g)	Peso Final (g)	peso final- peso vaso vacío	Peso muestra (g)	Diferencia de pesos / peso muestra	Grasas (g/100)	Promedio
Almidón de Maíz	1	73.3635	73.3775	0.014	2.0492	0.006832	0.68	0.69
	2	73.3244	73.3362	0.0118	2.0581	0.005733	0.57	
	3	73.0404	73.0568	0.0164	2.0504	0.007998	0.80	
Almidón de Papa	1	73.2979	73.2988	0.0009	2.0897	0.000431	0.04	0.05
	2	73.0381	73.0398	0.0017	2.0059	0.000847	0.08	
	3	73.3061	73.3067	0.0006	2.1024	0.000285	0.03	

$$* = g/100 \text{ Grasa} = \frac{(P.\text{balón de extracción} + \text{muestra seca}) - (P.\text{balón vacío}) \times 100}{P.\text{muestra}}$$

Tabla 16. Cálculos obtenidos en la determinación de proteína método Kjeldahl*.

Producto	No	Peso muestra (g)	catalizador (g)	Titulación (mL)	Nitrogeno (g/100)	Promedio
Almidón de Maíz	1	0.5213	2.0573	0.1	0.35	0.327
	2	0.5891	2.0523	0.1	0.31	
	3	0.5638	2.001	0.1	0.32	
Almidón de Papa	1	0.5219	2.0498	0.02	0.07	0.082
	2	0.5008	2.0475	0.03	0.11	
	3	0.5311	2.03	0.02	0.07	

*=Determinación de proteínas

Ácido bórico 4%
4g y aforar a 100ml

HCl 0.2 N

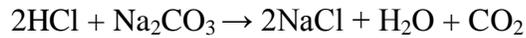
$$ml\ HCl: \frac{0.2N * 0.25L * 36.47}{37\% * \frac{1.185Kg}{L}} * 100 = 4.16ml$$

Estandarización del HCl

Volumen propuesto de HCl: 10ml

Reacciones:

$$\text{HCl: } 0.2\text{N} * 0.01 \text{ L} * 36.47\text{g/mol} = 0.073$$



$$\begin{array}{rcl} 2(36.5\text{g/mol HCl}) & & 106\text{g/mol} \\ 0.073\text{g} & & \text{X} = \mathbf{0.106\text{g} \acute{o} \ 106 \text{ mg}} \end{array}$$

Se calcula la normalidad de HCl a partir de la cantidad pesada de carbonato de Sodio.

** Pesado: 110.3 mg

$$10 \text{ ml} * C: \frac{110.3\text{mg}}{\frac{106}{2}} = 0.208\text{N}$$

Almidón de Maíz

**Peso muestra: 0.5213g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.1 \text{ ml} * 0.208\text{N} * 14.0067}{521.3\text{mg}} * 100 = 0.0558 * 6.25 = 0.35$$

**Peso muestra: 0.5891g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.1 \text{ ml} * 0.208\text{N} * 14.0067}{589.1\text{mg}} * 100 = 0.049 * 6.25 = 0.31$$

**Peso muestra: 0.5638g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.1 \text{ ml} * 0.208\text{N} * 14.0067}{563.8\text{mg}} * 100 = 0.0516 * 6.25 = 0.32$$

Almidón de Papa

**Peso muestra: 0.5219 g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.02 \text{ ml} * 0.208 \text{ N} * 14.0067}{521.9 \text{ mg}} * 100 = 0.011 * 6.25 = 0.0697$$

**Peso muestra: 0.5008 g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.03 \text{ ml} * 0.208 \text{ N} * 14.0067}{500.8 \text{ mg}} * 100 = 0.017 * 6.25 = 0.109$$

**Peso muestra: 0.5311 g

$$\frac{g}{100} N = \frac{0.02 \text{ ml} * 0.208 \text{ N} * 14.0067}{531.1 \text{ mg}} * 100 = 0.010 * 6.25 = 0.068$$

Tabla 17. Cálculos obtenidos en la determinación de Carbohidratos*.

Fuente	Humedad (g/100)	Proteínas (g/100)	Lípidos (g/100)	Cenizas (g/100)	Carbohidratos (g/100)
Maíz	11.5	0.32	0.69	0.1	87.39
Papa	17.78	0.082	0.05	0.48	81.608

$$*\frac{g}{100} = 100 - (\text{Humedad} + \text{Proteínas} + \text{Lípidos} + \text{Cenizas})$$

Anexo 7. Datos obtenidos en la determinación de la pureza de almidón por el método de Fenol-ácido sulfúrico.

Tabla 18. Curva patrón para el método Fenol-ácido Sulfúrico.

No de tubos	Patrón del glucosa (100mg/100 ml)	Agua (mL)	Fenol (80g/100 mL)	H ₂ SO ₄ 97g/100 (mL)	Concentración (mg/mL)	Absorbancia (540nm)
BLANCO						
1	0.1	0.9	0.1	3	0.1010	0.038
2	0.2	0.8	0.1	3	0.2020	0.075
3	0.3	0.7	0.1	3	0.3030	0.133
4	0.5	0.5	0.1	3	0.5050	0.209
5	0.6	0.4	0.1	3	0.6060	0.285
6	0.8	0.2	0.1	3	0.8080	0.347
7	0.9	0.1	0.1	3	0.9090	0.370
8	1	0	0.1	3	1.0100	0.549

Tabla 19. Medición de las absorbancias de las muestras por el método Fenol-ácido sulfúrico.

No de tubos	Muestra (100mg/100mL)	Fenol (80g/100 mL)	H ₂ SO ₄ (97g/100 mL)	Conc. (mg/mL)	Abs. (540nm)	Base húmeda	Base seca	Promedio B.seca
Papa 1	1	0.1	3	0.0010	0.397	81.97	99.67	97.56
Papa 2	1	0.1	3	0.0010	0.372	77.54	94.24	
Papa 3	1	0.1	3	0.0011	0.407	81.23	98.77	
Maíz 1	1	0.1	3	0.0010	0.328	68.02	88.35	89.51
Maíz 2	1	0.1	3	0.0011	0.345	70.24	91.31	
Maíz 3	1	0.1	3	0.0010	0.334	68.43	88.89	

Cálculos de la ecuación de la recta

Determinación del contenido de Fenol.

$$\frac{80 \text{ gr Fenol} \times 1 \text{ mL H}_2\text{O}}{20 \text{ ml H}_2\text{O}} = \mathbf{4 \text{ g de Fenol en 1 mL agua destilada}}$$

Peso del Fenol: 4.0051gr de Fenol.

De acuerdo a la gráfica 1, la ecuación de la recta fue de:

$$y = 0.4843x - 0.0163$$

Almidón de Papa

- a) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.397$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1041g

$$0.397 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.397 + 0.0163}{0.4843} = 0.8533$$

$$x = 0.8533 \times 100 \text{ mL} \times 1 \text{ mL} = 85.33 \text{ mg en 1 mL}$$

$$85.33 \text{ mg} \times \frac{100 \text{ g}}{0.1041 \text{ g}} = 81978.54 \text{ mg} \text{ ó } 81.97 \text{ g}$$

$$\text{Base Seca} = 81.97 \cdot x \frac{100}{100 - 17.78} = 99.67 \text{ g} / 100 \text{ g}$$

- b) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.372$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1034g

$$0.372 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.372 + 0.0163}{0.4843} = 0.80$$

$$x = 0.80 \times 100\text{mL} \times 1\text{mL} = 80.17\text{mg en 1mL}$$

$$80.17\text{mg} \times \frac{100\text{g}}{0.1034\text{g}} = 77541.17\text{mg} \text{ ó } 77.54\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 77.54 \times \frac{100}{100-17.78} = 94.24\text{g} / 100\text{g}$$

- c) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.407$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1076g

$$0.407 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.407 + 0.0163}{0.4843} = 0.874$$

$$x = 0.874 \times 100\text{mL} \times 1\text{mL} = 87.40\text{mg en 1mL}$$

$$87.40\text{mg} \times \frac{100\text{g}}{0.1076\text{g}} = 81230.94\text{mg} \text{ ó } 81.23\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 81.23 \times \frac{100}{100-17.78} = 98.77\text{g}/100\text{g}$$

Almidón de Maíz

- a) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.328$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1045g

$$0.328 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.328 + 0.0163}{0.4843} = 0.71$$

$$x = 0.71 \times 100\text{mL} \times 1\text{mL} = 71.09\text{mg en 1mL}$$

$$71.09\text{g} \times \frac{100\text{g}}{0.1045\text{g}} = 68028.70\text{mg} \text{ ó } 68.02\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 68.02 \times \frac{100}{100-11.50} = 88.35\text{g}/100\text{g}$$

- b) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.345$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1062g

$$0.345 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.345 + 0.0163}{0.4843} = 0.74$$

$$x = 0.746 \times 100\text{mL} \times 1\text{mL} = 74.60\text{mg en 1mL}$$

$$74.60mg \times \frac{100g}{0.1062g} = 70244.82mg \text{ ó } 70.24g$$

$$Base\ Seca = 70.24 \times \frac{100}{100-11.50} = 91.31g / 100g$$

- c) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.334$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.1057g

$$0.334 = 0.4843x - 0.0163$$

$$x = \frac{0.334 + 0.0163}{0.4843} = 0.723$$

$$x = 0.723 \times 100mL \times 1mL = 72.33mg \text{ en } 1mL$$

$$72.33mg \times \frac{100g}{0.1057g} = 68430.65mg \text{ ó } 68.43g$$

$$Base\ Seca = 68.43 \times \frac{100}{100-11.50} = 88.89g / 100g$$

Anexo 8. Datos obtenidos en la determinación de la pureza de almidón por el método de Antrona

Tabla 20. Curva patrón para el método Antrona.

No de tubos	Patrón de la glucosa (100mg/100ml)	Agua (mL)	Glucosa diluida (mL)	Sol. Antrona	Concentración (mg/mL)	Absorbancia (620nm)
BLANCO	0	1		5	0	0
1	1	100	1	5	0.0101	0.039
2	2	100	1	5	0.0202	0.067
3	3	100	1	5	0.0303	0.086
4	4	100	1	5	0.0404	0.134
5	5	100	1	5	0.0505	0.147
6	6	100	1	5	0.0606	0.176
7	7	100	1	5	0.0707	0.239
8	8	100	1	5	0.0808	0.251
9	9	100	1	5	0.0909	0.283
10	10	100	1	5	0.1010	0.289

Tabla 21. Medición de las absorbancias de las muestras por el método Antrona

No de tubos	Patrón de la muestra (90mg/100ml)	Agua (mL)	Muestra diluida (mL)	Sol. Antrona	Concentración (mg/mL)	Absorbancia (620nm)	Base Húmeda	Base Seca	Promedio Base seca
BLANCO	0	1		5	0	0	0	0	
Papa 1	10	100	1	5	0.0935	0.227	79.57	96.76	95.32
Papa 2	10	100	1	5	0.0938	0.209	75.30	91.57	
Papa 3	10	100	1	5	0.0910	0.223	80.28	97.63	
Maiz 1	10	100	1	5	0.0910	0.209	69.21	89.90	91.21
Maiz 2	10	100	1	5	0.0973	0.216	71.29	92.60	
Maiz 3	10	100	1	5	0.0917	0.212	70.15	91.13	

Cálculos de la ecuación de la recta

0.2gr de Antrona en 100mL de Acido Sulfurico.

Peso del reactivo: 0.2033g de Antrona.

Peso de la glucosa: 103 mg

De acuerdo a la gráfica 2, la ecuación de la recta fue de:

$$y = 2.9892x + 0.0046$$

Almidón de Papa

- a) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.227$
(Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0935

$$0.227 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.227 - 0.0046}{2.9892} = 0.074$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.074 \times 100\text{mL} \times \frac{10\text{mL}}{1\text{mL}} = 74.40\text{mg en } 1\text{mL}$$

$$74.40\text{mg} \times \frac{100\text{g}}{0.0935\text{g}} = 79573.45\text{mg} \text{ ó } 79.57\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 79.57 \times \frac{100}{100-17.78} = 96.76\text{g} / 100\text{g}$$

- b) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.209$
(Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0908g

$$0.209 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.209 - 0.0046}{2.9892} = 0.068$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.068 \times 100\text{mL} \times \frac{10\text{mL}}{1\text{mL}} = 68.37\text{mg en } 1\text{mL}$$

$$68.37\text{g} \times \frac{100\text{g}}{0.0908\text{g}} = 75307.81\text{mg} \text{ ó } 75.30\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 75.30 \times \frac{100}{100-17.78} = 91.57\text{g}/100\text{g}$$

- c) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.223$
(Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0910g

$$0.223 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.223 - 0.0046}{2.9892} = 0.073$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.073 \times 100\text{mL} \times \frac{10\text{mL}}{1\text{mL}} = 73.06\text{mg en } 1\text{mL}$$

$$73.06g \times \frac{100g}{0.0910g} = 80289.04mg \text{ ó } 80.28g$$

$$\text{Base Seca} = 80.28 \times \frac{100}{100-17.78} = 97.63g / 100g$$

Almidón de Maíz

- a) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.202$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0988g

$$0.20 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.209 - 0.0046}{2.9892} = 0.068$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.068 \times 100mL \times \frac{10mL}{1mL} = 68.37mg \text{ en } 1mL$$

$$68.37mg \times \frac{100g}{0.0988g} = 69210.01mg \text{ ó } 69.21g$$

$$\text{Base Seca} = 69.21 \times \frac{100}{100 - 11.50} = 89.90 / 100g$$

- b) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.216$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0992g

$$0.216 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.216 - 0.0046}{2.9892} = 0.070$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.070 \times 100\text{mL} \times \frac{10\text{mL}}{1\text{mL}} = 70.72\text{mg en } 1\text{mL}$$

$$70.72\text{mg} \times \frac{100\text{g}}{0.0992\text{g}} = 71291.59\text{mg} \text{ ó } 71.29\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 71.29 \times \frac{100}{100 - 11.50} = 92.60 / 100\text{g}$$

- c) Se despejó el valor de x de la ecuación de la recta con un valor de $y = 0.212$ (Absorbancia de la muestra)

Peso de la muestra = 0.0989g

$$0.212 = 2.9892x + 0.0046$$

$$x = \frac{0.212 - 0.0046}{2.9892} = 0.069$$

Factor de dilución: 10mL

$$x = 0.069 \times 100\text{mL} \times \frac{10\text{mL}}{1\text{mL}} = 69.38\text{mg en } 1\text{mL}$$

$$69.38\text{mg} \times \frac{100\text{g}}{0.0989\text{g}} = 70154.81\text{mg} \text{ ó } 70.15\text{g}$$

$$\text{Base Seca} = 70.15 \times \frac{100}{100 - 11.50} = 91.13 / 100\text{g}$$

Anexo 9. Fotografías método de Antrona.

Fotografía 1: Preparación de las muestras para la determinación por el método de Antrona.



Fotografía 2: Muestras en baño María para acelerar la reacción en la determinación por el método de Antrona.



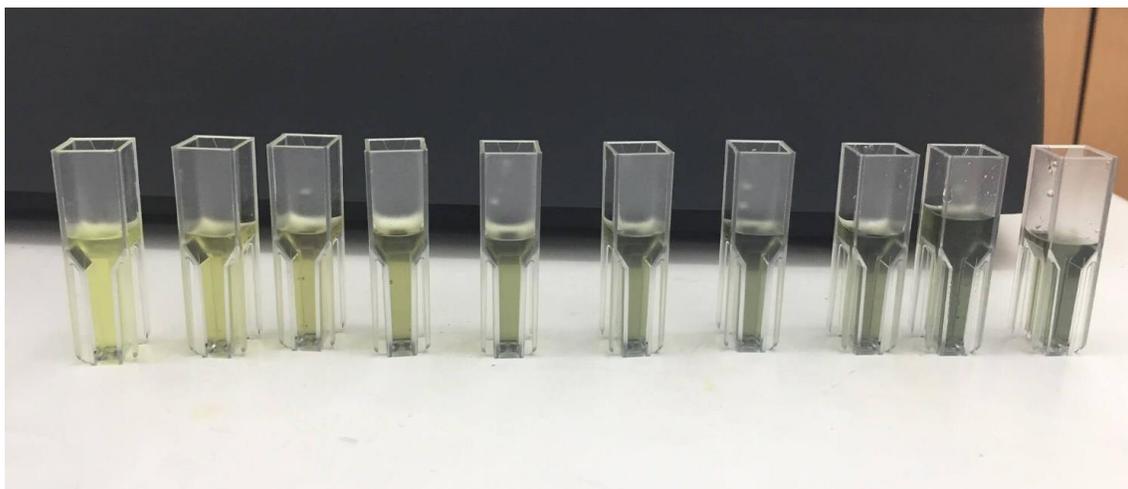
Fotografía 3: Muestras en baño de hielo a 0°C para acelerar la reacción en la determinación por el método de Antrona.



Fotografía 4: Cuantificación de almidón de maíz y papa



Fotografía 5: Cuantificación de almidón de maíz y papa en las celdas de 2,5mL.



Anexo 10. Fotografías método de Fenol-ácido sulfúrico.

Fotografía 6: Preparación de las muestras para la determinación por el Fenol-ácido sulfúrico.



Fotografía 7: Cuantificación de almidón de maíz y papa.

