



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ESTUDIO DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE BANANO (*M. SAPIENTUM*
L.) VARIEDAD CAVENDISH OBTENIDO POR ACETILACIÓN.

HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2019



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

ESTUDIO DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE BANANO (*M.
sapientum L.*) VARIEDAD CAVENDISH OBTENIDO POR
ACETILACIÓN.

HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH
INGENIERA EN ALIMENTOS

MACHALA
2019



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA
SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

ESTUDIO DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE BANANO (*M. sapientum L.*)
VARIEDAD CAVENDISH OBTENIDO POR ACETILACIÓN.

HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH
INGENIERA EN ALIMENTOS

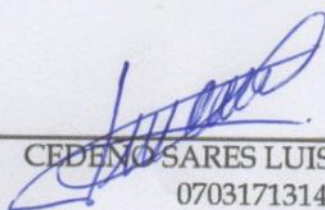
CEDEÑO SARES LUIS ALBERTO

MACHALA, 14 DE FEBRERO DE 2019

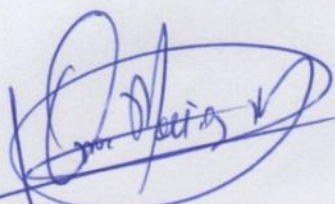
MACHALA
2019

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado **ESTUDIO DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE BANANO (*M. sapientum* L.) VARIEDAD CAVENDISH OBTENIDO POR ACETILACIÓN.**, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



CEDEÑO SARES LUIS ALBERTO
0703171314
TUTOR - ESPECIALISTA 1



MARTÍNEZ MORA EDISON OMAR
0702585381
ESPECIALISTA 2



CUENCA MAYORGA FABIAN PATRICIO
1104067556
ESPECIALISTA 3

Machala, 14 de febrero de 2019

Urkund Analysis Result

Analysed Document: HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH_PT-011018.pdf
(D47271902)
Submitted: 1/26/2019 5:41:00 AM
Submitted By: titulacion_sv1@utmachala.edu.ec
Significance: 9 %

Sources included in the report:

Israel_Y_TV1.docx (D15007845)
tesis recubri docx.docx (D39470699)
<https://docplayer.es/93823050-Universidad-nacional-del-centro-del-peru.html>
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/22874/1/AL599.pdf>
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172016000400009
<http://rmiq.org/iqfvp/Pdfs/Vol.%2015,%20No.%203/Alim2/RMIQTemplate.pdf>
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/55215/0>
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14134/1/T-UCE-0008-QF037-2018.pdf>
<http://www.bdigital.unal.edu.co/11936/1/juanjosecarrascalsanchez.2013.pdf>

Instances where selected sources appear:

19

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado ESTUDIO DEL ALMIDÓN MODIFICADO DE BANANO <i>(M. sapientum L.)</i> VARIEDAD CAVENDISH OBTENIDO POR ACETILACIÓN., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 14 de febrero de 2019

HURTADO JIMENEZ JHANELA ELIZABETH
0705793370

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios que por darme el empuje necesario para lograr alcanzar mi meta.

A mis padres y hermanos a quien profundamente agradecido por su apoyo moral y económico.

Gracias a mi tutor de trabajo de titulación por sus conocimiento compartidos a lo largo de este tiempo.

Gracias a quienes están como encargados de laboratorio de la unidad académica de ciencias químicas y de las salud por su paciencia y amistad.

Jhanela Elizabeth Hurtado Jiménez

Resumen

El almidón es la conformación de dos moléculas llamadas amilosa y amilopectina, que dependiendo de la composición y arreglo estructural, confieren propiedades fisicoquímicas y térmicas únicas, proveen en primera instancia al producto beneficios pero este se puede ver afectado fácilmente por estrés bajo cizallamiento y descomposición térmica; además alta retrogradación y sinéresis, estas dificultades pueden superarse a través de la modificación del almidón. Con el almidón modificado se mejora características como: disminución de la temperatura de gelatinización, el retardo de la retrogradación y la mejora de la estabilidad térmica que permite aplicarlo en diversas industrias alimentarias en las que se destaca como agente enturbiante, formador de película, estabilizante de espuma, agente antienviejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, texturizante y espesante e industria farmacéutica y química. El objetivo principal de nuestra investigación es evaluar las características del almidón modificado de banano (*M. sapientum L.*) obtenido por acetilación. La acetilación se da por medio de una reacción química en cual se sustituyen los grupos hidroxilos de la molécula del almidón nativo por grupos acetilos, esta también es llamada esterificación que produce cambios en el almidón tanto en su estructura química como en sus características térmicas. La modificación depende de ciertos factores los cuales son la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa / amilopectina, pH, (Figuroa et al. 2016) En esta investigación se evalúa el efecto de la modificación química por acetilación, mediante un diseño factorial de 32, en donde los factores fueron volumen de anhídrido acético y los niveles son 5 mL, 12 mL, 17 mL a diferentes tiempos de reacción, cuyos niveles van desde 30 min, 60 min, 90 min, buscando la incidencia de las variables independientes sobre las dependientes que son Porcentaje de Grupos Acetilos, Grado de Sustitución, Poder de hinchamiento, Solubilidad, Índice de Adsorción de Agua. Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo con el software Statgraphic centurión Versión 17. 1. 12. Se realizó análisis ANOVA, Se encontraron diferencias significativas en el Porcentaje de grupos Acetilos y en los Grados de sustitución (GS) en relación al volumen del anhídrido acético ($p < 0.05$). El índice de absorción de agua y solubilidad se ven afectadas por el volumen de anhídrido acético ($p < 0.05$), mientras que de poder de hinchamiento no se ve afectado por ninguno de los 2 factores. ($p < 0.05$). La ecuación del modelo ajustado en las variables de respuesta %Acetilo, Grado de Sustitución, se determina la fiabilidad de la investigación, que se puede afirmar que el ajuste del modelo es bueno, ya que el valor de R^2 es de 0,80 a 0,95 (tabla 8) la ecuación modelo de las propiedades poder de hinchamiento, solubilidad e índice de absorción de agua su R^2 no es cercano a 1, -1 por lo que no tiene un comportamiento Normal. El grado de sustitución y el porcentaje de acetilo en los tratamientos fueron bajos, lo que

hace posible su aplicación en diferentes productos alimenticios declarado por la FAO, Según Vargas et al. 2016 la modificación por acetilación es la más idónea para alimentos congelados.

Palabras Claves: modificación, acetilación, porcentaje acetilo, grado de sustitución, propiedades térmicas.

Abstract

Starch is composed by two molecules, amylose and amylopectin, which, depending on compositional and structural arrangement, confer a unique physical and chemical properties and provide benefits to food products at first hand; this, however, can be easily affected by stress under shear and thermal decomposition. Detrimental factors such as high retrogradation and syneresis can be overcome through starch modification. Modified starch improves gelatinization temperature reduction, retrogradation retardation, thermal stability improvement, these allow modified starch to be applied in the food industry. Some common applications can be as an agent of clouding, film conformer, foam stabilizer, bread anti-aging, gelling agent, glazing, humectant, texturizer, and thickener in both, pharmaceutical and chemical industry. The main objective of the present research work was to evaluate banana (*M. sapientum* L.) modified starch obtained by acetylation characteristics. Acetylation processes consist on a chemical reaction in which hydroxyl groups of the native starch molecule are replaced by Acetyl groups; this is also called esterification. This produces changes in starch at both, chemical structure and functional characteristics. Modification processes depend on certain factors such as starch source, reagent concentration, reaction time, amylose/amylopectin ratio, pH, among others (Figueroa et al., 2016). In this research, the effect of chemical modification by acetylation is evaluated by a factorial design of 32; factors on said design were acetic anhydride volume (5 mL, 12 mL, and 17 mL) at different reaction times (30 min, 60 min, and 90 min) to look for independent variables incidence over the dependent ones (Acetyl groups percentage, substitution degree, swelling power, solubility, water adsorption index. Statistical analyzes were carried out by Statgraphic Centurion Version 17. 1. 12. The ANOVA analysis was performed; significant differences were found in acetyl groups percentage and substitution degree (DS) related to acetic anhydride volume ($p < 0.05$). Water absorption and solubility index were affected by acetic anhydride volume ($p < 0.05$), whereas swelling power was not affected by any of the 2 factors ($p < 0.05$). Adjusted model equation in response variables (%Acetyl, substitution degree) determines the present research work reliability. It can be said that the model adjustment is good since R2 value ranges from 0.80 to 0.95. Swelling power, solubility, and water absorption index properties model equation R2 was not close to 1, -1; it showed an uncommon behavior. Substitution degree and acetyl percentage in treatments were low showing their application to be viable in different food products declared by FAO. According to Vargas et al. 2016, acetylation modification is the most suitable for frozen foods.

Keywords: modification, acetylation, acetyl percentage, substitution degree, thermal properties.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	8
Problema de la Investigación	9
Justificación	10
Objetivos	11
Hipótesis	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	13
Almidón	13
Estructura del almidón	13
Propiedades Térmicas del almidón	14
Almidón modificado	14
Acetilación del almidón	14
Usos del almidón modificado	15
METODOLOGÍA	16
Extracción de almidón	16
Caracterización Físicoquímica del almidón nativo	16
Diseño Experimental	16
Acetilación del almidón	17
Determinación de grupos Acetilos y grado de sustitución	18
Capacidad de Retención del agua, Solubilidad y Poder de hinchamiento	18
Análisis Estadístico	19
RESULTADOS	20
Caracterización físicoquímica del almidón nativo	20
Análisis Estadístico	20
Análisis de ANOVA	21
Ecuación del modelo ajustado	24
Gráficas de Pareto con respecto a las variables de respuesta	25
CONCLUSIONES	28
RECOMENDACIONES	29
BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS	33

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina	13
Figura 2. Reacción química durante la acetilación	15
Figura 3. Diagrama de Pareto Estandarizado para Porcentaje de Acetilo (%Ac)	25
Figura 4. Diagrama de Pareto Estandarizado para Grado de Sustitución (GS)	26
Figura 5. Diagrama de Pareto Estandarizado para Poder de Hinchamiento	26
Figura 6. Diagrama de Pareto Estandarizado para Solubilidad	27
Figura 7. Diagrama de Pareto Estandarizado para Índice de Absorción de Agua	27

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1	34
ANEXO 2	35
ANEXO 3	36
ANEXO 4	36
ANEXO 5	38

INTRODUCCIÓN

La presente investigación hace referencia al estudio del almidón de banano químicamente modificado por medio de la acetilación, este hidrato de carbono está conformado principalmente por amilosa y amilopectina, entre otros elementos, en menores cantidades, la fuente principal de almidón es el reino vegetal.

La acetilación se obtiene por medio de la esterificación con anhídrido acético, el número de grupos acetilo incorporados en la molécula depende de la fuente del almidón, concentración del reactivo, tiempo de reacción, proporción de amilosa / amilopectina, pH. (Figueroa et al. 2016) , estas influyen principalmente en resultado final y en la aplicación del almidón modificado en la industria, la cual está regularizada por FDA de entre las cuales está el porcentaje de grupos acetilos y grado de saturación. (Salcedo-Mendoza et al. 2016)

El almidón nativo tiene diferentes limitaciones para su uso en la industria alimentaria como estrés bajo cizallamiento y descomposición térmica; además alta retrogradación y sinéresis, estas dificultades pueden superarse a través de la modificación del almidón. (Salcedo-Mendoza et al. 2016). Con el almidón modificado se mejora características como: disminución de la temperatura de gelatinización, el retardo de la retrogradación y la mejora de la estabilidad térmica que permite aplicarlo en diversas industrias alimentarias en las que se destaca como agente enturbiante, formador de película, estabilizante de espuma, agente antienviejecimiento de pan, gelificante, glaseante, humectante, texturizante y espesante e industria farmacéutica y química. (Miranda-Villa et al. 2013)

Problema de la Investigación

El banano es una fuente rica de almidón y es uno de los cultivos más producidos en toda la Costa ecuatoriana, tiene una excelente biodegradabilidad, característica no tóxica, bajo costo y naturaleza abundante (Rendón-Villalobos et al. 2011) el almidón es utilizado en industrias en espesamiento, estabilización, texturización, gelificación, formación de película, encapsulación, la retención de agua y la extensión de la vida útil, (Salcedo-Mendoza et al. 2016) ; a través de diversos estudios la utilización del almidón nativo en estos procesos tiene restricciones ya que tienden a la retrogradación, gelatinización y a producir sinéresis, considerándose así como inestables, viendo los beneficios y calidad que se obtiene en el producto en los que se quiere emplear almidones, nace la necesidad de investigar nuevos métodos para modificar químicamente el almidón nativo , según (Prieto-Méndez et al. 2010) existen variables que hay que tomar en cuenta en la modificación química del almidón (Vargas et al. 2016); pero para delimitar la investigación las variables de estudio son el volumen de anhídrido acético empleado en la reacción y su respectivo tiempo, ya que según (Salcedo-Mendoza et al. 2016) estas influyen en las propiedades térmicas del almidón, este almidón acetilado, este almidón modificado tiene aplicaciones que están determinadas por el grado de sustitución (GS) y el porcentaje de grupos acetilo (Ac%), que han sido aprobados por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA), que afectan al consumidor.

Justificación

La industria de alimentos tiene una lucha constante al momento de proveer al consumidor productos de calidad, ya que es necesario que el alimento a elaborar tenga y conserve las características organolépticas definidas por las exigencias ya sea de consumidor, normas o la tecnología a emplear; Sin embargo, la estructura nativa del almidón puede ser deficiente debido a las condiciones de proceso como por ejemplo la temperatura, produciendo la retrogradación, gelatinización, ocasionando inconvenientes en la calidad el producto elaborado, produciendo pérdidas económicas; teniendo en cuenta aquello; la finalidad de esta investigación es estudiar la incidencia como el almidón sufre cambios debido al proceso de modificación mejorando las propiedades térmicas del mismo ampliando así su rango de aplicaciones en la industria alimentaria como mejorador de texturas, en la conservación de productos de panificación, salsas, entre otros.

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar las características del almidón modificado de banano (*M. sapientum L.*) variedad Cavendish obtenido por acetilación.

Objetivos Específicos

- Caracterizar al almidón nativo de banano de la variedad Cavendish.
- Obtener almidón de banano de la variedad Cavendish químicamente modificado por acetilación, empleando diferentes volúmenes del agente modificante(anhídrido acético) y tiempos de reacción.
- Evaluar la incidencia del anhídrido acético y el tiempo de reacción sobre las variables: Grupos acetilo, grado de sustitución poder de hinchamiento, capacidad de retención de agua, solubilidad.

Hipótesis

Hipótesis nula:

El volumen de anhídrido acético no influye sobre las propiedades químicas y térmicas de la molécula del almidón

Hipótesis Alternativa;

El volumen de anhídrido acético influye sobre las propiedades químicas y térmicas de la molécula del almidón

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Almidón

El almidón es el hidrato de carbono más abundante en la tierra, el cual da el mayor aporte de energía a los humanos,(Acosta-Pérez, et al. 2018) es la conformación de dos moléculas llamadas amilosa y amilopectina, que dependiendo de la composición y arreglo estructural, confieren propiedades fisicoquímicas y térmicas únicas característica de cada fuente de origen. (Figueroa et al. 2016), constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos (García et al. 2016), es una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. En función de estas propiedades es empleado en la preparación de sopas, helados, gelatinas y conservas. (Sulbarán et al, 2018)

1.1.1. Estructura del almidón

El almidón es una mezcla de glucanos, ya que cada partícula insoluble de almidón involucra principalmente amilosa y amilopectina. El almidón se localiza en el interior de las células vegetales, formando partículas insolubles (Trujillo et al. 2014). La amilosa, un polímero lineal y la amilopectina, polímero ramificado y su principal constituyente. (Contreras-Pérez et al. 2018)

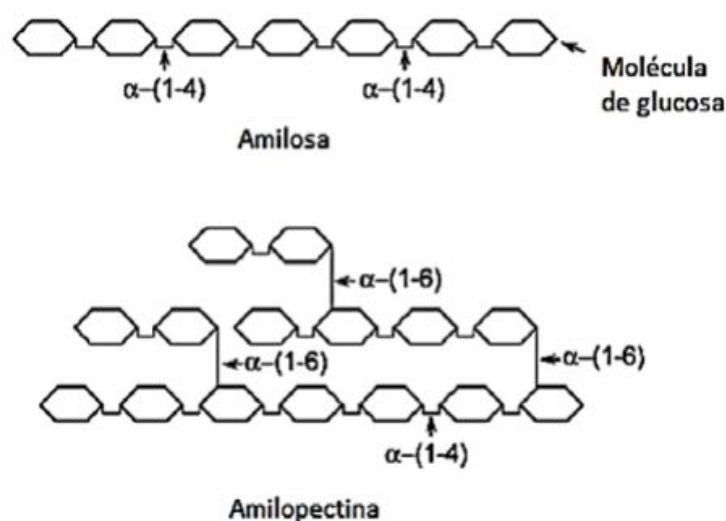


Figura 1. Representación de las estructuras de amilosa y amilopectina (Quezada-Correa ,et al, 2017)

1.2. Propiedades Térmicas del almidón

Las propiedades térmicas de los almidones dependen directamente de la relación amilosa/amilopectina. (FAO 2007)

Las propiedades térmicas de los almidones que se destacan son: Gelatinización, retrogradación; solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles. (Granados et al. 2014)

1.3. Almidón modificado

Existen distintos métodos para modificar el almidón ya sea métodos físicos, químicos y enzimáticos (Salcedo-Mendoza et al. 2016) de entre los cuales se destacan: método dehidroxipropilación y pregelatinización (Vargas et al. 2016), modificación por acetilación, modificación química por oxidación (Zamudio-Flores et al. 2015), modificación hidrotérmica (Pérez et al. 2017), reacción de glucosilación (Valero and Díaz 2016), modificación por hidrólisis enzimática (α -amilasa y amiloglucosidasa). (Leyva et al. 2019)

1.3.1. Acetilación del almidón

La acetilación es la esterificación de las moléculas de almidón con del anhídrido acético, esta reacción depende de: la fuente de origen del almidón, la concentración del agente modificante, el tiempo de concurrencia de la reacción, la disposición amilosa y amilopectina, pH (Prieto-Méndez et al. 2010)

En la figura 2 en primera instancia se ve la reacción de una molécula saturada de anhídrido acético con ayuda del agente catalizador, en donde el grupo acetilo que es rico en electrones reemplaza la posición del grupo hidroxilo de los monómeros de glucosa que es pobre en electrones, aumentando así su hidrofobicidad (Prieto-Méndez et al. 2010; Colussi et al. 2017). De los tres grupos de hidroxilos existentes en molécula del almidón el C6 tiene mayor reactividad que el C2 y C3. (Prieto-Méndez et al. 2010). los grupos acetilo insertados causan una reorganización del almidón a un nivel estructural a través del impedimento estérico. Cuando se incorporan grupos acetilo en la molécula de almidón, se observa su efecto repulsivo mutuo. Facilitando la penetración de moléculas de agua en áreas amorfas recién formadas. (Fortich et al. 2018)

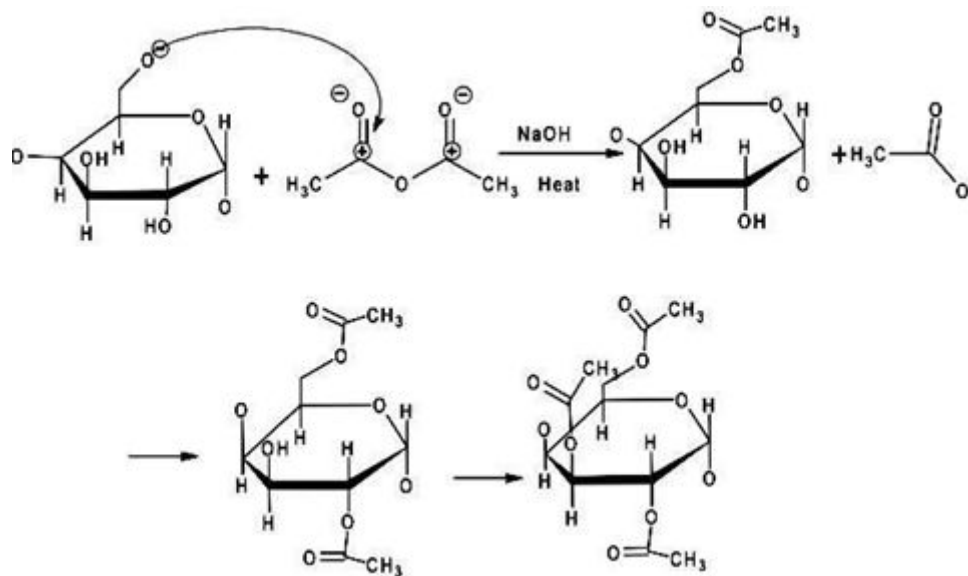


Figura 2. Reacción química durante la acetilación (Prieto-Méndez et al. 2010)

1.3.2. Usos del almidón modificado

La importancia de modificar un almidón nativo radica en mejorar una o más propiedades (Vargas et al. 2016) Almidones acetilados con un grado de sustitución de 0,01 al 0,2 y cantidad de grupos acetilos menor a 2,5% , por la Administración de Drogas y Alimentos de los EE.UU. (FDA) para su uso en alimentos tales como:espesante, estabilizante; mientras que los de GS de 2,00 - 3,00 han sido aprobados para, aglutinante, encapsulante y formador de películas. (Salcedo-Mendoza et al. 2016)

La modificación por acetilación es la más idónea para alimentos congelados. (Vargas et al. 2016)

Almidón modificado para la obtención de polímeros biodegradables y recubrimientos para frutas y hortalizas (Paz et al. 2016)

Existen más usos del almidón modificado otros campos como papel, elaboración de textiles, en donde el límite establecido por la FDA no influye. (Vargas et al. 2016)

2. METODOLOGÍA

2.1. Extracción de almidón

Los frutos de banano tipo Cavendish fueron adquiridos directamente de las haciendas productoras de banano de la parroquia Barbones- El Guabo, los cuales estaban aún a un estado verde o índice de madurez 1 según la escala de Von Loesecke (ver Anexo 5) para medir maduración en frutas de banano, con un periodo de 9 a 10 semanas y un calibre de 39 a 46 cm (NTE INEN 2801, 2013). Se eliminó la cáscara, se cortaron en láminas de 0,5-1 cm de largo y se colocaron en un recipiente con agua en relación 1:1,5 con una solución antioxidante de ácido cítrico (3% concentración), se empleó con una relación . Para la molienda húmeda se utilizó una licuadora casera (Oster, Modelo 6808) a velocidad máxima de 3600 rpm (por dos minutos, posteriormente el fruto molido se cribó sucesivamente en una malla de 345 um En cada malla el residuo se lavó hasta que el líquido de salida no tuviera residuo aparente de almidón. La suspensión obtenida se separó en una centrífuga marca Corning LSE a 5000 rpm, se eliminó el sobrenadante, y de la pasta resultante se separó el residuo blanco (almidón nativo), el cual se suspendió en agua destilada y se centrifugó nuevamente. finalmente se secó en estufa MERMET de 108 lt a 40-55 °C. (Mazzeo et al. 2008)

2.2. Caracterización Fisicoquímica del almidón nativo

El análisis químico proximal el cual consistió en la determinación de humedad según la metodología AOAC 20th 950.46 B* ISO 6496:1999 (A PI-5.8-04-01-00B2 7), cenizas por el método INEN 14:1983 (API -5.8-04-01-00B21) AOAC 20th 923.03 (API-5.8-04-01-00 B7) AOAC 20th 940.2620, y contenido de Carbohidratos por diferencia por el método de Cálculo , en el laboratorio de la ciudad de Guayaquil PROTAL, para la determinación del pH se usó el método de potenciometría (NTE INEN 526, 2013)

2.3. Diseño Experimental

Se escogió un diseño factorial K^n de 3^2 , con réplicas en el punto central en el cual se evaluaron la incidencia de los factores volumen de anhídrido acético con respecto al tiempo de reacción de la modificación química del almidón nativo sobre las variables de respuesta tales como, porcentaje de acetilos, grado de sustitución, poder hinchamiento, solubilidad e índice de absorción de agua, tomando como constantes las siguientes condiciones: temperatura de reacción, la masa de almidón y pH, este diseño se llevó a cabo en el programa Statgraphics Centurión, el cual establece la ortogonalidad, estableciéndose el diseño experimental de la siguiente manera:

Bloque	Volumen Anhídrido Acético (mL)	Tiempo de reacción (minutos)
1	17	30
2	5	90
3	17	90
4	12	30
5	12	60
6	5	30
7	12	90
8	12	60
9	17	30
10	5	90
11	17	90
12	12	30
13	12	60
14	5	30
15	12	90
16	12	60

Tabla 1. Diseño experimental

2.4. Acetilación del almidón

Se empleó el método descrito por (Salcedo-Mendoza et al. 2016), se pesó 50 g de almidón nativo que se dispersaron en 116 mL de agua destilada, seguidamente se añadió gota a gota según el tratamiento lo indicase (5 mL, 12 mL, 17 mL) de anhídrido acético se agitando durante (30, 60, 90) minutos a temperatura constante de 35 °C manteniendo un pH con un intervalo de 8,00 a 8,04 agregando NaOH al 3 % . Al término de la reacción cada muestra se procedió a ajustar el pH a 4,5 con HCl 0,4 M, después fue lavada dos veces con agua destilada y centrifugado de 950 rpm

por 10 min y se procedió a lavar por tercera vez con alcohol etílico al 96 %. Finalmente se lleva a secar por 24 h a 40 °C.

2.5. Determinación de grupos Acetilos y grado de sustitución

Para la determinación de los grupos acetilos y el grado de sustitución se usó la metodología de Salcedo-Mendoza, et al (2016), para lo cual se pesó 1g en base seca a un erlenmeyer de 250 mL, al cual se agregaron 50 mL de agua destilada y 2 gotas de fenolftaleína, la muestra se neutralizó con NaOH al 0,01 N, posteriormente se adicionaron 25 mL de NaOH a 0,45 N agitando vigorizante la suspensión durante 30 minutos . Las muestras saponificadas fueron tituladas con HCl al 0,8 N utilizando fenolftaleína como indicador, al mismo tiempo fue valorado el blanco usando almidón nativo. El porcentaje de grupos acetilos sustituidos, se determinó basado en volumen del ácido consumido como se muestra en la ecuación 1; donde 0,043 es el miliequivalente del grupo acetilo.

$$\% \text{ Acetilos} = \frac{\text{mL blanco} - \text{mL muestra} (N * 0,043 * 100)}{\text{peso de la muestra base seca}} \quad (1)$$

El grado de sustitución fue calculado de acuerdo a la ecuación 2, donde el valor 162 equivale al peso molecular de la unidad anhídrido glucosa

$$GS = \frac{162 * \% \text{ Acetilos}}{(4300 - [42 * \% \text{ Acetilo}])} \quad (2)$$

2.6. Capacidad de Retención del agua, Solubilidad y Poder de hinchamiento

Para determinación de estos factores se aplicó la metodología de Salcedo-Mendoza, et al (2016). Se depositó 1g de almidón base seca en un tubo de ensayo previamente tarado, a este se le agregó 25 mL de agua destilada, precalentada a 60°C. La suspensión fue colocada en un baño de agua a 60° C durante 30 min y se agitó manualmente, a los 10 min de iniciado el calentamiento. Seguidamente fue llevada a centrifugación a 565 g durante 15 min. Luego, se extrajo el sobrenadante (almidón soluble) y se determinó el volumen total (V). Posteriormente, una muestra de 10 mL del sobrenadante fue depositada en una caja de Petri previamente pesada y sometida a secado en un horno a 70°C durante 16 h. Se registró el peso de la caja de Petri con el material soluble y del tubo de centrifuga que contenía el gel (almidón insoluble).

$$\%S = \frac{(\text{peso del almidón soluble} * V/10)}{(\text{peso de la muestra (b.s.)}} \quad (3)$$

$$PH = \frac{(\text{peso del gel (g)})}{(\text{peso de la muestra (g)} - \text{peso soluble (g)})} * 100 \quad (4)$$

$$IAA = \frac{(\text{peso del (g)})}{(\text{peso de la muestra (b.s.)})} \quad (5)$$

2.7. Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos fueron llevados a cabo con el software Statgraphics centurión Versión 17. 1. 12., Se realizó análisis ANOVA, para evaluar la incidencia de los factores volumen de anhídrido acético y tiempo sobre la variables respuesta % de Acetilos, Grado de Sustitución, Poder de hinchamiento y Solubilidad, coeficiente de regresión para encontrar la ecuación de ajuste.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterización fisicoquímica del almidón nativo

Parámetros	Valor
% Humedad	7
% Cenizas	3
% Carbohidratos	86
pH	3

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del almidón nativo

En la tabla 1 se puede observar los datos de humedad, cenizas y carbohidratos de esta investigación se asemejan con las datos obtenidos por Soto, 2010

3.2. Análisis Estadístico

En base la metodología aplicada se presenta la siguiente tabla de Resultado General, estos resultados se analizaron en el programa statgraphics centurion Versión 17. 1. 12

TRA.	Tiempo minutos	Anhídrido acético mL	% Acetilos	GS	PH	Solubilidad	IAA
1	30	17	29,928	1,5932	17,8592	0,7378	10,53846
2	90	5	1,032	0,0392	12,2914	0,0912	11,63157
3	90	17	30,616	1,6455	12,9949	0,2173	11,33333
4	30	12	0,688	0,0260	11,2104	0,0712	10,76666
5	60	12	11,352	0,4810	13,1219	0,0913	12,41666
6	30	5	2,408	0,0929	12,2501	0,2529	10,42741
7	90	12	4,472	0,1761	14,9815	0,0845	14,07627
8	60	12	11,092	0,4686	13,1330	0,0916	12,425
9	30	17	30,272	1,6192	17,3421	0,7432	10,1810

10	90	5	1,376	0,0525	12,3364	0,0902	11,6814
11	90	17	30,96	1,6720	12,9138	0,2162	11,2711
12	30	12	0,344	0,0130	11,7566	0,0742	11,2719
13	60	12	10,664	0,4484	13,3591	0,0954	12,6086
14	30	5	2,064	0,0793	12,5984	0,2606	10,6666
15	90	12	4,816	0,1903	15,1046	0,0849	14,1880
16	60	12	11,008	0,4646	14,1946	0,0995	13,3636

Tabla 2. Resultados de la modificación química del almidón a diferentes tiempos de reacción y volúmenes de Anhídrido acético

El número de tratamiento para un diseño factorial 3^2 utilizando en programa estadístico Statgraphics Centurion Versión 17. 1. 12, es de 16 corridas.

3.3. Análisis de ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:AA	197,564	1	197,564	14,97	0,0026
B:TIEMPO	0,00140528	1	0,00140528	0,00	0,9920
AA	466,168	1	466,168	35,32	0,0001
AB	1,84669	1	1,84669	0,14	0,7155
Error total	145,162	11	13,1965		
Total (corr.)	2420,69	15			

Tabla 3. Análisis de Varianza para % Acetilo

En la tabla 3 se puede apreciar que en la interacción de AA existe una significancia menor a 0,05 esto quiere decir que la interacción del volumen de anhídrido acético influye en la incorporación de grupos acetilos en la molécula de almidón, mientras que los intervalos de tiempo la

investigación no influye sobre el % de Acetilo, en la investigación de (Pérez et al. 2018), se demostró que el tiempo no influyó en el porcentaje de Acetilo de su investigación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:AA	0,781886	1	0,781886	32,81	0,0001
B:TIEMPO	0,0000376773	1	0,000037677	0,00	0,9690
AA	1,69839	1	1,69839	71,27	0,0000
AB	0,00453151	1	0,00453151	0,19	0,6712
Error total	0,262137	11	0,0238306		
Total (corr.)	7,3122	15			

Tabla 4. Análisis de Varianza para Grado de Sustitución (GS)

En la tabla 4 hace referencia al GS, el cual se ve afectado por el volumen de anhídrido acético (A) mas no por el tiempo (B) de reacción, con una significación ($p < 0,05$) esto coincidió con la investigación de Guerra-Dellavalle, et al 2008 en el que el GS fue constante hasta un tiempo de reacción de 2 horas, esto tiene que ver con el tamaño del gránulo (25,12 μm) (Martínez et al. 2015), pues se ha reportado que los almidones con tamaño de gránulo grande presentaron un grado más bajo de modificación. (Guerra-Dellavalle, et al 2008)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:AA	0,02669	1	0,02669	0,02	0,8876
B:TIEMPO	4,87222	1	4,87222	3,82	0,0766
AA	4,81489	1	4,81489	3,77	0,0781
AB	19,979	1	19,979	15,66	0,0022
Error total	14,0336	11	1,27579		
Total (corr.)	70,6449	15			

Tabla 5. Análisis de Varianza para Poder de Hinchamiento

En la tabla 5 se puede apreciar que en los factores de A (volumen de anhídrido acético) y B (tiempo) existe una significancia mayor a 0,05 esto quiere decir que el volumen de anhídrido acético y el tiempo no influyen sobre la propiedad de poder de hinchamiento, más la interacción de los niveles de los factores A y B si influye sobre el poder de hinchamiento con un p de 0,0022 del almidón datos parecidos se encontró en Figueroa et al. 2016 en donde un tiempo menor 240 min no influyen sobre el poder de hinchamiento, según el mismo autor esto se debe probablemente la introducción de grupos acetilos que pueden causar una desorganización en la estructura del gránulo, el desdoblamiento de las regiones de doble hélice y rompimiento de estructuras de amilopectina (Figueroa et al. 2016).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:AA	0,100393	1	0,100393	5,23	0,0430
B:TIEMPO	0,000164111	1	0,00016411	0,01	0,9280
AA	0,156765	1	0,156765	8,17	0,0156
AB	0,0105474	1	0,0105474	0,55	0,4740
Error total	0,211106	11	0,0191914		
Total (corr.)	0,409132	15			

Tabla 6. Análisis de Varianza para Solubilidad

En la tabla 6 se puede apreciar que en los factores A y AB existe una significancia menor a 0,05 esto quiere decir que el volumen de anhídrido acético y su interacción con el tiempo influye sobre la solubilidad, mientras que el tiempo no influyen sobre la solubilidad con un valor p mayor a 0,05 del almidón datos parecidos se encontraron en Figueroa et al. 2016 debiéndose esto a las mismas condiciones que afectan el poder de hinchamiento.

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:AA	9,53071	1	9,53071	41,88	0,0000
B:TIEMPO	1,01904	1	1,01904	4,48	0,0580
AA	9,77098	1	9,77098	42,93	0,0000
AB	0,0358148	1	0,0358148	0,16	0,6992
Error total	2,50341	11	0,227583		
Total (corr.)	15,2493	15			

Tabla 7. Análisis de Varianza para Índice de Adsorción de agua

En la tabla 7 se puede apreciar que en los factores AA (volumen del anhídrido acético) y A: AA (interacción entre los niveles de volumen de anhídrido acético) existe una significancia menor a 0,05 esto quiere decir que el volumen de anhídrido acético, y la interacción de sus niveles [as1] influye sobre el índice de absorción de agua, mientras que el tiempo no influyen sobre este con un valor p mayor a 0,05 del almidón datos parecidos se encontraron en Salcedo-Mendoza et al. 2016, en donde el tiempo no incide sobre el índice de absorción de agua.

3.4. Ecuación del modelo ajustado

Ecuación del modelo ajustado	P	R2 %	R2 % Ajustada
%Acetilos % ACETILO = $16,7415 - 4,72412*AA - 0,000899053*TIEMPO + 0,315474*AA^2 + 0,00255375*AA*TIEMPO$	0,0026	94,0033	91,8227
Grado de Sustitución GS = $1,0414 - 0,296158*AA - 0,000112316*TIEMPO + 0,0189972*AA^2 + 0,000124018*AA*TIEMPO$	0,0001	96,4151	95,1115

Poder de Hinchamiento $PH = 11,2022 + 0,0549087*AA + 0,052938*TIEMPO + 0,0320617*AA^2 - 0,00839977*AA*TIEMPO$	0,002	80,1349	72,9113
Solubilidad $SOLUBILIDAD = 0,643683 - 0,106492*AA + 0,000307237*TIEMPO + 0,00578519*AA^2 - 0,000192998*AA*TIEMPO$	0,0430	48,4015	29,6384
Índice de Absorción de Agua $IAA = 5,70968 + 1,0376*AA + 0,0242103*TIEMPO - 0,0456733*AA^2 - 0,000355641*AA*TIEMPO$	0,0000	83,5834	77,6137

Tabla 8. Análisis del modelo ajustado

La ecuación del modelo ajustado en las variables de respuesta %Acetilo, Grado de Sustitución, se determina la fiabilidad de la investigación, que se puede afirmar que el ajuste del modelo es bueno, ya que el valor de R2 es de 0,80 a 0,95 (tabla 8) mientras que para la variable Solubilidad no alcanzó un nivel de fiabilidad requerido por la investigación.

3.5. Gráficas de Pareto con respecto a las variables de respuesta

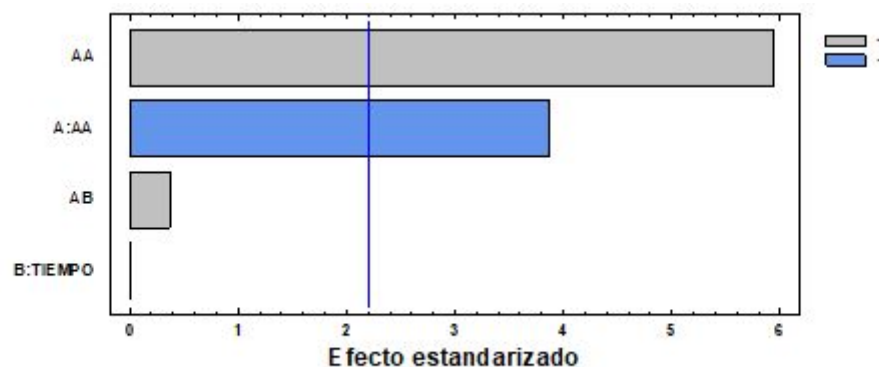


Figura 3. Diagrama de Pareto Estandarizado para Porcentaje de Acetilo (%Ac)

En la figura 3 se denota que mayor influencia es la influencia del volumen de anhídrido acético que el tiempo de reacción en la sustitución de los grupos hidroxilos, datos similares se encontraron en la investigación de Pérez et al. 2017

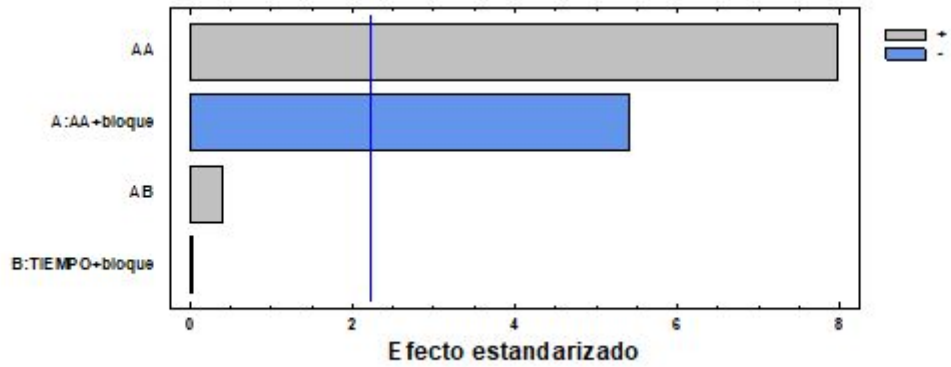


Figura 4. Diagrama de Pareto Estandarizado para Grado de Sustitución (GS)

El modelo de regresión obtenido y el gráfico de Pareto presentado en la Figura 4 muestran que la variable que tiene influencia sobre en el Grado de Sustitución es el tipo de almidón de partida es el anhídrido acético, los intervalos de tiempo seleccionados son despreciable en el Grado de sustitución. Figura 4. Diagrama de Pareto Estandarizado para PH.

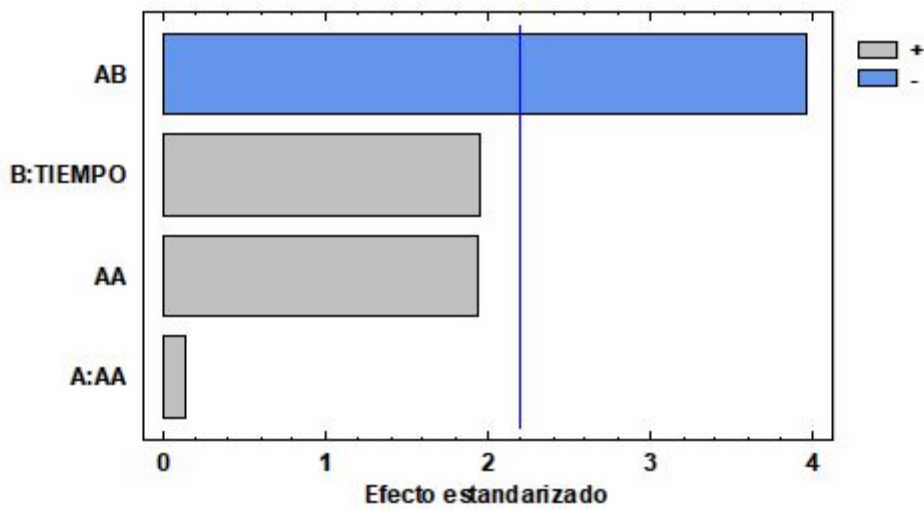


Figura 5. Diagrama de Pareto Estandarizado para Poder de Hinchamiento

En la figura 5, se puede comprender que el volumen de anhídrido acético y el tiempo no inciden en el poder de hinchamiento, pero la interacción de estos factores si llega a tener influencia en esta propiedad. Figueroa et al. 2016 demostró que el tiempo de reacción no influye el poder de hinchamiento

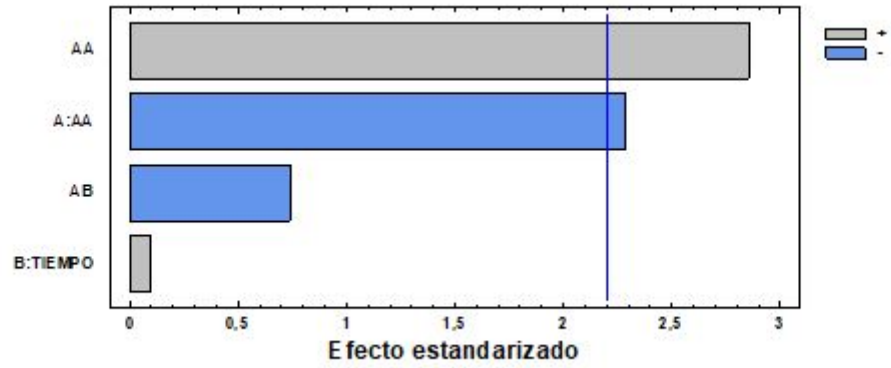


Figura 6. Diagrama de Pareto Estandarizado para Solubilidad

La grafico de Pareto presentado en la Figura 6 muestra que la variable que tiene mayor influencia sobre la solubilidad del almidón es el volumen de anhídrido acético, el tiempo casi no representa una influencia sobre esta propiedad. Figueroa et al. 2016 demostró que el tiempo de reacción no influye sobre la solubilidad.

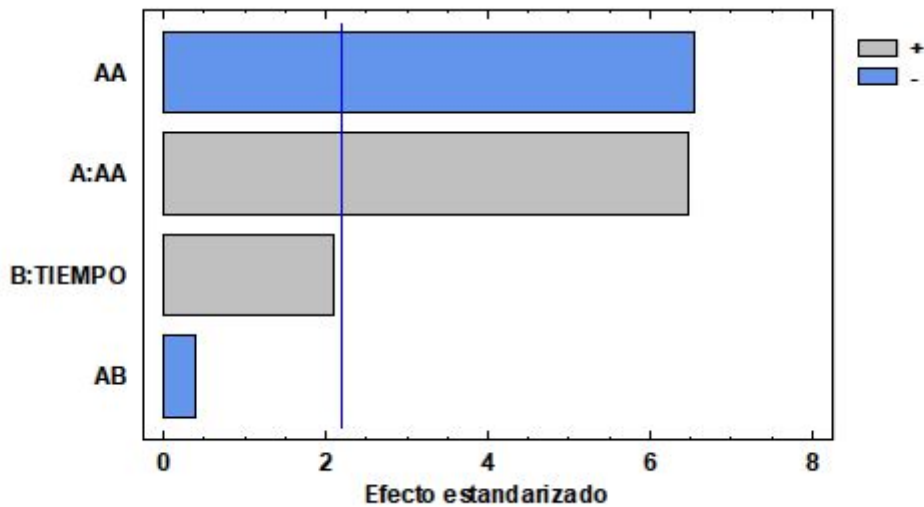


Figura 7. Diagrama de Pareto Estandarizado para Índice de Absorción de Agua (IAA)

El gráfico de Pareto presentado en la Figura 7 muestra que la variable que tiene mayor influencia sobre el IAA es el volumen de anhídrido acético, el tiempo no influye sobre esta condición.

4. CONCLUSIONES

La caracterización del almidón de banano fueron %Humedad 7, Cenizas 3%, Carbohidratos 86%, y pH 3, estos resultados son similares a los encontrados por Soto 2010.

En la modificación química del almidón de banano por acetilación, existe influencia por el volumen de anhídrido acético con una significancia menor a 0.05 en las variables de respuesta porcentaje de grupos acetilos, grado de sustitución, solubilidad, índice de absorción de agua, el tiempo estimado de la reacción es un factor que no influye en los tratamientos ($p > 0,05$), el poder de hinchamiento no se ve afectado por ninguno de los factores de este estudio.

El grado de sustitución, porcentaje de acetilo, solubilidad e índice de absorción de agua se ven influenciados por el volumen de anhídrido acético, mas no por el tiempo de reacción con un grado de confianza del 95,9%, el grado de sustitución y el porcentaje de acetilo en los tratamientos fueron bajos, lo que hace posible su aplicación en diferentes productos alimenticios

En la ecuación modelo de las propiedades poder de hinchamiento e índice de absorción de agua su correlación no es aceptable, por lo que se puede concluir que no tienen un comportamiento Normal.

5. RECOMENDACIONES

-Incrementar los intervalos de los factores anhídrido acético y tiempo de reacción, para comprobar la influencia del tiempo sobre las variables de respuesta de esta investigación.

-Evaluar el tamaño del gránulo del almidón modificado de banano.

-Evaluar la modificación química de almidón de banano con respecto a la influencia de temperatura, pH, concentración de catalizador.

-Evaluar otras fuentes de almidón en la interacción con los factores de volumen de anhídrido acético sobre el tiempo.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta-Pérez, V., Vargas-Torres, A., Zamudio-Flores P and Soto-Simental, S., & González-Tenorio, R. (2018). Efecto de la modificación física y química de los almidones sobre las propiedades térmicas de un producto cárnico a base de pescado. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 4(7).
- Colussi, R., Pinto, V. Z., El Halal, S. L. M., Biduski, B., Prietto Luciana and Castilhos, D. D., Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2017). Acetylated rice starches films with different levels of amylose: Mechanical, water vapor barrier, thermal, and biodegradability properties. *Food Chem.*, 221, 1614–1620.
- Contreras-Pérez, R., De la Torre-Gutiérrez, L., González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2018). Caracterización funcional de almidones de plátano cuadrado (*Musa balbisiana* Colla). *European Scientific Journal*, ESJ, 14(30), 82.
- Correa-Quezada, L., Martínez-Mora, O., Matute-Castro, L., Bravo-Bravo, V., & Ramírez-Moreno, E. (2017). β -Glucanos en almidón nativo de fruta pan y su potencial uso en alimentos funcionales. // β -Glucans in native starch from breadfruit and their potential use in functional foods. *Ciencia Unemi*, 10(24), 82-87.
- FAO. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Roa.Ult.Edu.Cu*.
- Figuroa, J., Salcedo, J., & Rodríguez, M. (2016). Acetilación de Almidón Nativo de Batatta (*Ipomeasa batata L*). *Vitae* 23, 23.
- Fortich, A. M. F., Padilla, G. V. P., Rosano, D. D. A., & Correa, D. A. (2018). Elaboration of modified starch-based film from yam variety espino (*dioscorearotundata*) for use in food packaging. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 10(1), 293-300.
- García, C., Hernández, F., & García, M. (2016). Comportamiento Reológico de Almidón de Yuca Fermentado. *Vitae*, 1.
- Granados, C., Guzmán, L., Acevedo, D., Díaz, M., & Herrera, A. (2014). Propiedades Funcionales del Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 90–96.

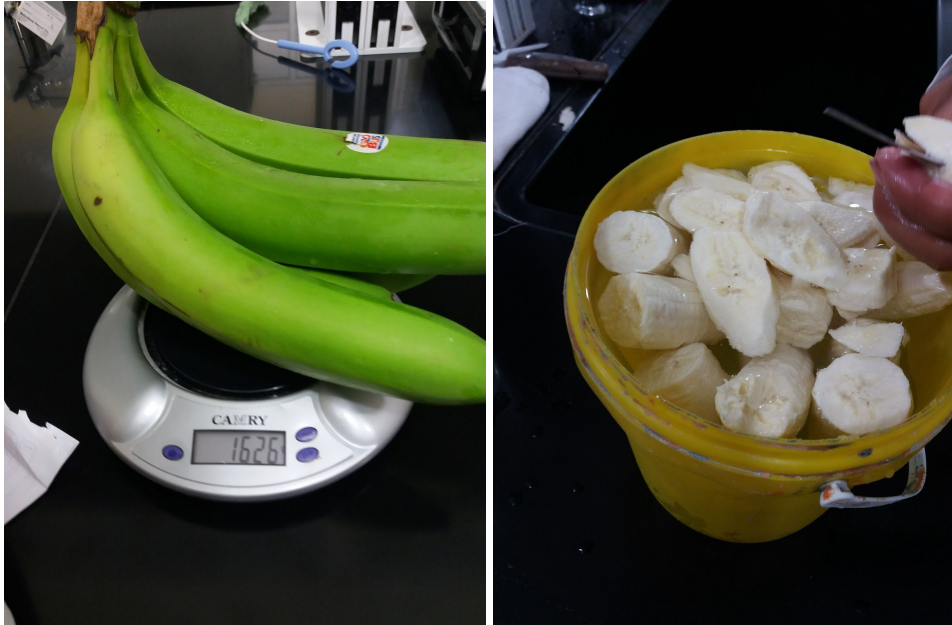
- Guerra-Dellavalle, D., Bello-Pérez, L., González--Soto, R., Solorza--Feria, J., & Arámbula--Villa, G. (2008). Efecto del tiempo de reacción en la acetilación del almidón de plátano. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7(3).
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J., & Chel-Guerrero L and Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718–726.
- Leyva, L., Palma, R., Rodríguez, H., López, C., & Vargas, T. (2019). Modificación enzimática de almidón de maíz y sus efectos en la viabilidad de la vitamina C. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 9, 7–9.
- Martínez, O., Calderón, B. L., Rodríguez, J. P., & others. (2015). Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador. *Rev. Ordem Med.*
- Mazzeo, M., Alzate, A., & Marin, M. (2008). Obtención De Almidón A Partir De Residuos Poscosechas Del Plátano Dominic Harton (*Musa Aab Simmonds*). *Vector*, 3, 57–69.
- Miranda-Villa, P. P., Marrugo-Ligardo, Y. A., & Montero-Castillo, P. M. (2013). Caracterización Funcional del Almidón de Frijol Zaragoza (*Phaseolus Lunatus L.*) y Cuantificación de su Almidón Resistente. *Tecno. Lógicas.*, (30), 17–32.
- NTE INEN 526. (2013). Harinas De Origen Vegetal. Determinación De La Concentración De Ión Hidrógeno O ph.
- Paz, S., Mosquera, S., & Villada, H. (2016). Evaluación De La Permeabilidad De Un Recubrimiento Elaborado A Partir De Almidón De Yuca Nativo Y Modificado. *Vitae*, 23, 222–225.
- Pérez, O., Ley, N., González, E., Ferráz, Y., & Toledo, L. (2018). Determinación de Condiciones de Reacción y Cinética en la Acetilación de Almidón de Yuca. *Centro Azúcar*.
- Pérez, O., Ley, N., González, E., & Valdés, C. (2017). Modificación hidrotérmica del almidón de yuca para su empleo como estabilizador de helados. *Afinidad*, 74(580), 275–281.

- Prieto-Méndez, J., Trejo-Cárdenas, C. L., Prieto-García, F., Méndez-Marzo, M. A., Bello-Pérez, L. A., & Román-Gutiérrez, y A. D. (2010.). Acetilación y caracterización del almidón de cebada.
- Ramírez, C., A., T., & Calvo, P. (2010). Evaluación de la calidad de Fruta de Banano de Altura que se Produce en el Cantón Turrialba, Costa Rica. *InterSedes: Revista de Las Sedes Regionales, Vol. XI, Núm, 6*, 107–127.
- Rendón-Villalobos, R., García-Hernández, E., Rodríguez, M. G.-, Salgado-Delgado, R., & Rangel-Vázquez, y N. A. (2011). Obtención y caracterización de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) acetilado a diferentes grados de sustitución. *Afinidad, LXVII* (548).
- Salcedo-Mendoza, J. G., Rodríguez-Lora, M. C., & Figueroa-Flórez, J. A. (2016). Efecto De La Acetilación En Las Propiedades Estructurales Y Funcionales De Almidones De Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Y ÑAME (*Dioscorea alata* cv. Diamante 22). *Revista Mexicana de Ingeniería Química, 15*(3), 787–796.
- Soto, V. (2010). Cuantificación De Almidon Total Y De Almidon Resistente En Harina De Platano Verde (*Musa Cavendishi*) Y Banana Verde (*Musa Paradisiaca*). *Rev. Boliv. Quím.*, 27(2), 94–99.
- Sulbarán, A., Matiz, G. E., & Baena, Y. (2018). Acetilación del almidón de millo (*Pennisetum glaucum*) y evaluación de su aplicación como posible excipiente. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas, 47*(2), 255–276.
- Valero, M., & Díaz, L. (2016). Bioadhesivos tipo poliuretano obtenidos a partir polioles derivados de aceite de higuera y almidón modificado por glucosilación con etilenglicol candidatos en aplicaciones biomédicas. *Rev. LatinAm. Metal. Mater.*, 36(1), 9–19.
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*) y su modificación química por acetilación. *Scientia Agropecuaria, 7*(SPE), 223–230.
- Zamudio-Flores, P., Ochoa-Reyes, E., Ornelas-Paz, J., Tirado-Gallegos, J., Bello-Pérez, L., & Rubio-Ríos A and Cárdenas-Félix, R. (2015). Caracterización fisicoquímica,

mecánica y estructural de películas de almidones oxidados de avena y plátano adicionadas con betalainas. *Agrociencia*, 49(5), 483–498.

ANEXOS

ANEXO 1



Extraccion de Almidon Nativo



Secado del almidón nativo

ANEXO 2



Determinación de Humedad



Determinación del pH

ANEXO 3



Acetilación del almidón

ANEXO 4



Determinación de los grupos Acetilos y Grado de sustitución



Determinación del pH, Solubilidad, IAA



Determinación de peso soluble



Muestras Acetiladas



Muestras tubo de ensayo con gel

ANEXO 5

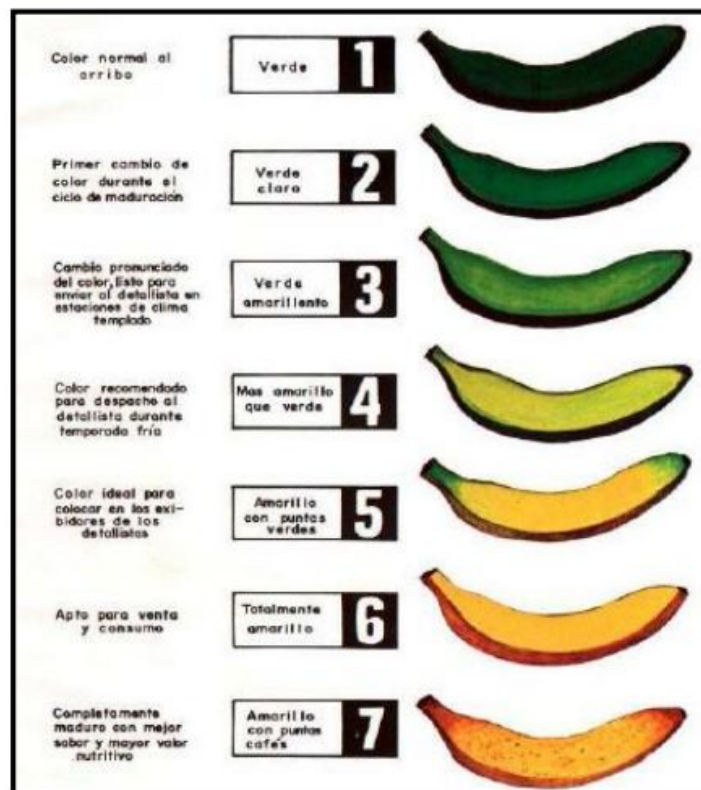


Figura 3: Escala de Von Loesecke para medir maduración en frutas de banano (Ramírez et al. 2010)