Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas

Funtional characterization of sweet potato acetylated starch and use it in formulation of fruit puddings

(Recibido 09/08/2018) – (Aceptado 21/06/2019)
https://doi.org/10.32645/13906925.813

Miguel Angel Anchundia L

Universidad Politécnica Estatal del Carchi – Ecuador

miguel.anchundia@upec.edu.ec; manchundia.icta.ucv@gmail.com

Resumen

Con la finalidad de diversificar el uso de almidón nativo y acetilado de camote en la formulación de productos alimenticios e incrementar el aprovechamiento de estos cultivos, fueron caracterizados funcionalmente los polisacáridos obtenidos, mediante los análisis de poder de hinchamiento, sólidos solubles, absorción de agua y propiedades reológicas siguiendo la metodología oficial, se formularon pudines utilizando almidón de camote nativo, acetilado y una mezcla de ambos; azúcar, sal, leche y pulpa de frutas. El postre obtenido fue evaluado sensorial, fisicoquímica y microbiológicamente. Hubo diferencias estadísticamente significativas (p≤0,05) por efecto de la acetilación, se incrementó el índice de absorción de agua, poder de hinchamiento y solubilidad en agua. En las pastas cocidas de almidón acetilado, los parámetros reológicos, temperatura inicial de gelatinización e índice de asentamiento disminuyeron ligeramente, viscosidad máxima e índice de estabilidad aumentaron. Las formulaciones 3 y 8 fueron seleccionadas ya que el producto obtenido presentó características sensoriales deseadas. Los pudines elaborados con almidón acetilado mostraron diferencias estadísticamente significativas (p≤0,05) en el contenido de humedad, pH y en el análisis sensorial los parámetros de consistencia y aceptación global. Los resultados obtenidos mostraron que la utilización de una mezcla de almidón nativo y acetilado fue adecuada para la elaboración de pudines ya que los mismos presentaron buena calidad físico-química y microbiológica, así como una buena aceptación sensorial.

Palabras Claves: *Almidón acetilado, sensorial, pudines, postre, solubilidad.*

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Abstract

In order to diversify the use of native and acetylated starch sweet potato in food formulation and increase the use of these tropical crops were characterized the polysaccharides functional properties through the determination of swelling power, solubility in water, water absorption capacity and rheological properties by the official methodology. Puddings were formulated using sweet potato native starch, acetylated and a mixture of both, as well as, sugar, salt, milk and fruit pulp. In the obtained dessert sensory, physicochemical and microbiologically were evaluated. There were statistically significant differences ($p \leq 0.05$) by acetylation, there where increase in water absorption, swelling power and solubility index. In acetylated starch cooked pastas, the rheological parameters, initial temperature of starch gelatinization and setback viscosity decreased slightly, maximum viscosity and breakdown stability index were increased. Formulations 3 and 8 were selected since obtained product had desired sensory characteristics. The prepared puddings with acetylated starch showed statistically significant differences ($p \leq 0.05$) in the humidity, pH, consistency and global acceptance in sensory analysis. The obtained results showed that the use of a native and acetylated starch mixture was suitable for the puddings preparation since they presented good physical-chemical and microbiological quality and a good sensory acceptance.

Keywords: *Acetylated starch, sensory, puddings, dessert, solubility.*

1. Introducción

El almidón se encuentra ampliamente distribuido en diversas partes de las plantas, como semillas, frutas, hojas, tubérculos y raíces (Bou Rached, Padilla y Rincón, 2014; Bolade y Oni, 2015). Desde hace algún tiempo se ha venido haciendo estudios con almidones obtenidos de fuentes no convencionales como ñame, mapuey, camote, entre otras, debido a su valor nutricional y comercial (Pérez, Borneo, Melito y Tovar, 1999; Pírela, 2004; Rincón, Bou Rached, Aragoza, Padilla, 2007; Iheagwara, 2013; Meireles y Santana, 2014).

El camote o batata (Ipomoea batatas L. Lam) es un tubérculo rico en almidón ya que contiene cantidades entre 58 y 76% en base seca, también azúcares solubles, vitaminas A, C, E, minerales y del aminoácido lisina (Senanayake, Ranaweera, Gunaratne y Bamunuarachchi, 2013; Olatunde, Henshaw, Idowu y Tomlins, 2016). Estas características nutricionales lo hace uno de los alimentos más importantes en los países en vía de desarrollo después del arroz, trigo, maíz y yuca y puede servir como fuente de alimentación para una gran parte de la población (Iheagwara, 2013; Cusumano y Zamudio, 2013).

El almidón nativo extraído de esta fuente exhibe ciertas desventajas en algunas aplicaciones industriales tales como insolubilidad en agua fría, baja estabilidad de las pastas después de ser sometidas a cocción, presencia de sinéresis en geles que se someten a procesos de enfriamiento, opacidad y gelación, perdida de viscosidad por efecto de ácido, entre otros (Iheagwara, 2013; Chen, Schols, Voyaged, 2003), por lo cual es necesario realizar modificaciones físicas, químicas, microbiológicas o combinación de estas.

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Una de las modificaciones químicas utilizadas es la acetilación, proceso mediante el cual parte de los grupos hidroxilo de los monómeros de glucosa son sustituidos por acetilos, es producida con ácido acético en un medio alcalino con hidróxido de sodio. El producto resultante es clasificado como alto, intermedio y bajo grado de sustitución; (Luo y Shi, 2012; Iheagwara, 2013; Bou Rached et al., 2014; Bolade y Oni, 2015). Esta modificación interfiere en la reasociación de las moléculas de amilosa y amilopectina en suspensiones de almidón gelatinizado, evitando el fenómeno de sinéresis, disminuye la temperatura de gelatinización, modifica el poder de hinchamiento y la solubilidad (Colussi et al., 2014, Mello et al., 2015).

Los almidones acetilados de bajo grado de sustitución son utilizados en la formulación de alimentos para infantes, productos horneados, enlatados, congelados, salsas, sopas, aderezos y en general en formulaciones donde se utilizan hidrocoloides con la finalidad dar textura, consistencia y viscosidad. Están dentro de esta categoría los pudines, que son postres cuyo ingrediente principal es almidón y en menor proporción azúcar, colorante y aroma, usualmente son disueltos en leche, agua, jugo de toronja, entre otros, que al ser preparados tienen características típica de alimento semisólido (Damián, 2012; Bowman, Summers, Wylin, 2013).

Con la finalidad de diversificar el uso de almidón proveniente de fuentes no convencionales como camote y mejorar las propiedades funcionales aportadas por el hidrocoloide en forma nativa, se plantea realizar la modificación química de acetilación de bajo grado, evaluar las características fisicoquímicas y reológicas del producto obtenido y su utilización en la formulación de pudines de frutas.

2. Materiales y métodos

Materiales

La obtención de almidón de camote se obtuvo a partir de 50 Kg. de camote de la variedad blanca comprado en el mercado local de Caracas a un solo proveedor para evitar las mezclas de variedades y garantizar un tamaño uniforme, fueron traslados al Laboratorio de Cereales y Tubérculos del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela para ser procesadas y obtener almidón nativo y realizar la modificación química de acetilación de bajo grado.

La variedad blanca fue seleccionada debido a su mayor volumen de producción y al color blanco del almidón obtenido, el cual será utilizado como ingrediente para la formulación de un postre tipo pudin en conjunto con azúcar, sal, agua o leche y pulpa de fruta de guanábana, maracuyá, mango o guayaba; por lo que si se utilizara un tubérculo coloreado, podrían obtenerse formulaciones no atractivas desde el punto de vista sensorial.

Extracción y purificación de almidón de camote

La extracción y purificación del almidón nativo de las raíces de camote, se realizó siguiendo la metodología descrita por Pérez, Breene, Bahanasey (1998).

Modificación por acetilación y determinación del grado de sustitución

La modificación química se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita por Wurzburg (1964) utilizando anhídrido acético como agente funcional para obtener almidones acetilado de

bajo grado de sustitución alrededor de 0,07. La determinación del grado de acetilación se realizó de acuerdo al protocolo descrito por Smith (1967).

Propiedades fisicoquímicas

Fueron determinados poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua según la metodología descrita por Whistler (1964) y Anderson (1982) con algunas modificaciones realizadas por Rincón y Pérez (2002).

Características amilográficas

Las propiedades reológicas de las pastas de almidón de camote nativo, acetilado y la mezcla fueron determinadas a través de la interpretación de las curvas amilográficas obtenidas de un Rapid-Visconalyser Brabender (RVA), modelo Micro Visco-Amilo-Grap, Duisbur, Alemania. Se preparó una suspensión de almidón al 7% de sólidos, en base seca a 14% de humedad, se ajustó el pH a 6,5 y transferidas al bowl del equipo por separadas. El microviscoamilografo fue programado para hacer un ciclo de calentamiento-cocción-enfriamiento, el cual inicia en 30 oC, se incrementó hasta 95 oC, se mantiene la temperatura por 5 min, luego la suspensión es enfriada hasta llegar a una temperatura de 50 oC y finalmente permaneció a esta temperatura por 1 min. La tasa de calentamiento y enfriamiento es de 2,5 °C /min durante todo el ciclo con una velocidad de agitación de 125 rpm. Los parámetros obtenidos fueron temperatura inicial de gelatinización (oC) (TIG), comienzo de gelatinización (A), viscosidad máxima (B), viscosidad al inicio del calentamiento constante a 95 oC (C), viscosidad al final del periodo de calentamiento a 95 oC (F), viscosidad al inicio del período de enfriamiento a 50 oC (D), viscosidad al final del periodo de enfriamiento a 50 oC (E), Estabilidad "Breakdown" (B-D) y Asentamiento "Setback" (E-D).

Formulación y elaboración de los pudines

La formulación del postre tipo pudin se inició con las proporciones de ingredientes señalados por Tressler (1975), a excepción de dextrosa y vainilla. Se utilizó almidón nativo y acetilado de camote, azúcar, sal, agua o leche y pulpa de fruta de guanábana, maracuyá, mango o guayaba para dar sabor y color. El equipo de investigación ensayó cambios en la dosificación de ingredientes utilizados hasta conseguir las características sensoriales deseadas en el producto. Una vez establecida las formulaciones, los pudines fueron preparados a una temperatura de 80 oC por 20 min con agitación constante.

Evaluación sensorial del producto

La evaluación sensorial del producto obtenido se realizó después de 24 h de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración con un panel no entrenado de 52 personas, se aplicó una escala hedónica de nueve puntos que fueron desde "me disgusta extremadamente" hasta "me gusta extremadamente" y los parámetros valorados fueron color, consistencia, sabor y aceptación (Hernández, 2005; Espinoza, 2007).

Características de los pudines elaborados

Los sólidos totales (método 925a) y acidez titulable (método 939.05) fueron determinados siguiendo las metodologías descritas en la AOAC (1993), pH de acuerdo a la Norma Covenin No

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

(1315-83) y las características microbiológicas a través del contaje de aerobios mesófilos de acuerdo a la Norma Covenin No (902-87), mohos y levaduras según la Norma Covenin No (1337-90).

Análisis estadístico

Las determinaciones fueron realizadas por triplicado, el efecto de la modificación química sobre cada parámetro en estudio, las diferencias entre las características de los pudines y los resultados de la evaluación sensorial fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido por la prueba de rangos múltiples para determinar las diferencias entre las medias. El nivel de confianza utilizado fue del 95%. Los datos fueron examinados a través del programa Statistix Analytical Software Versión 2003

3. Resultados y discusión

Grado de sustitución y porcentaje de grupos acetilos

El porcentaje de grupos acetilos y el grado de sustitución del almidón de camote blanco son 1,58% y 0,059 respectivamente. La metodología utilizada para llevar a cabo la acetilación permite obtener almidones acetatos con un grado de sustitución que esta alrededor de 0,07. Los mismos se clasifican de bajo grado ya que Mello et al. (2015) indican valores menores a 0,1 para esta categoría. En lo que refiere al porcentaje de grupos acetilos, está por debajo de 2,5% permitidos por la FDA en alimentos (Bou Rached et al., 2014), en consecuencia pueden ser utilizados en formulación de productos alimenticios.

Los valores encontrados son menores que 1,24% para los grupos acetilos y 0,047 grados de sustitución señalados por Figueroa, Mendoza y Rodríguez (2016), que 2,02% y 0,095 GS reportados por Lawal, Odeniyi e Itiola (2015) y 1,08% y 0,041 GS mostrados por Boladi y Oni (2015) en almidón acetilado de camote. Valores similares en estos parámetros fueron indicados por Chen (2003).

Propiedades Fisicoquímicas

Poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua

Los resultados acerca del poder de hinchamiento son mostrados en la Figura 1, donde se observa que los valores se incrementaron con la temperatura en ambos tipos de muestras, alcanzando el máximo de 22,03 en almidón nativo y 26,73 g/g en almidón acetilado a 95 oC. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) por efecto del tratamiento de acetilación, siendo mayor el valor para todas las temperaturas a partir de 65 oC en la muestra de almidón modificado químicamente. Similar comportamiento fueron reportados por Pírela (2004); Iheagwara (2013); Lawal et al. (2015) y por Figueroa, et al. (2016) en almidón acetilado de camote y por Bou Rached et al. (2014) en almidón de mapuey. Los resultados encontrados son menores a los mostrados por los dos últimos autores mencionados.

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

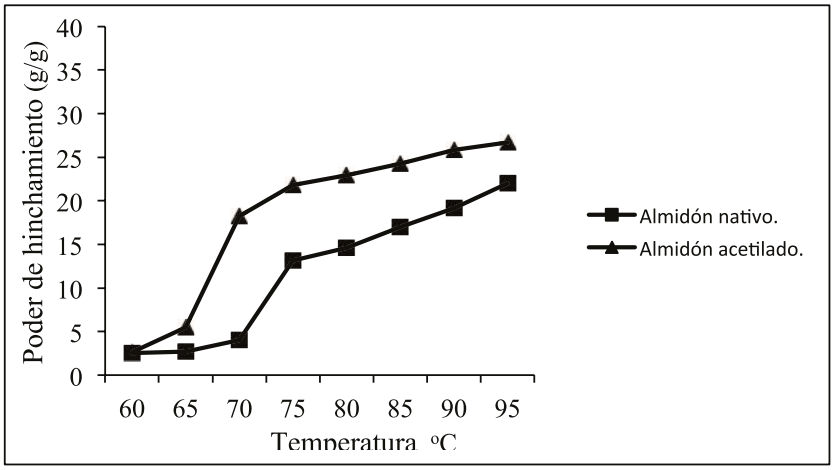

Figura 1. Poder de hinchamiento (g/g) en base seca del almidón nativo y acetilado de camote.

La figura correspondiente a la solubilidad es presentado en la Figura 2, se visualiza incremento a medida que la temperatura aumenta, se obtuvo mayor valor a los 95 oC con 13,58 g/100g en almidón nativo y 15,13 g/100g para almidón acetilado. Así mismo se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) por efecto del tratamiento de acetilación. Similar comportamiento fueron reportados por Pírela (2004); Iheagwara (2013); Odeniyi e Itiola (2015) y por Figueroa et al. (2016) para almidón acetilado de camote, y en otros estudios de acetilación realizados por Bou Rached et al. (2014) y por Mello et al. (2015) en almidón de mapuey y de cebada respectivamente. Los valores encontrados son análogos a los señalados por Lawal et al. (2015) y menor que los indicados por Figueroa et al. (2016) y por Rodrigues, Vieira, Lima, Vieira y Oliveira (2017).

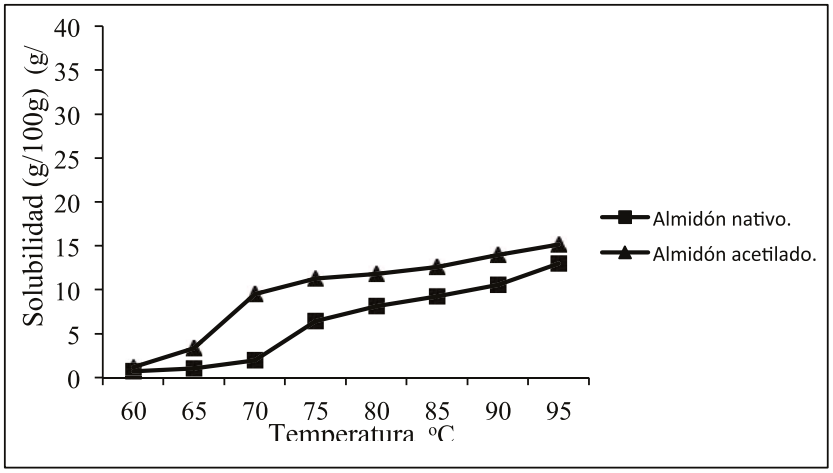

Figura 2. Solubilidad (g/100g) en base seca del almidón nativo y acetilado de camote.

En lo referido al índice de absorción de agua (Figura 3), tuvo similar tendencia que el poder de hinchamiento y solubilidad. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) por efecto de la acetilación, se obtuvo el mayor valor a 95oC con 25,73 g/100g. Comportamiento semejante fue reportado por Pírela (2004); Iheagwara (2013); Yu, Mu, Zhang, Ma y Zhao (2015); Lawal et al. (2015) y por Figueroa et al. (2016) en almidón acetilado de camote y por Bou Rached et al. (2014) para almidones de mapuey. Los valores encontrados son menor que los mostrados por Lawal et al. (2015); Yu et al. (2015); Figueroa et al. (2016) y por Rodrigues et al. (2017).

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Las diferencias observadas en los valores del poder de hinchamiento y absorción de agua para el almidón acetilado pueden ser explicados por la introducción de grupos acetilo en las moléculas que conforman el almidón, ya que al ser de naturaleza voluminosa causan un desarreglo intragranular por impedimento estérico que trae como consecuencia el fácil acceso de agua a la región amorfa (Boladi y Oni, 2015; Figueroa et al., 2016), el incremento del volumen de agua absorbido, se traduce en un mayor hinchamiento de los gránulos de almidón y lixiviación de amilosa y amilopectina por efecto del incrementó de la temperatura. En cuanto a la solubilidad Bou Rached et al., (2014) infiere que en almidón acetilado, los grupos introducidos actúan obstruyendo la asociación de las cadenas, favoreciendo la dispersión en los sistemas acuosos.

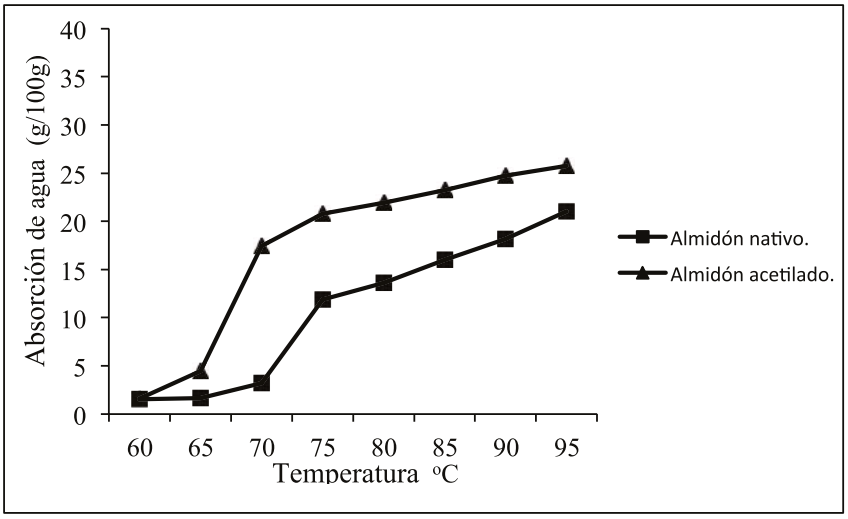

Figura 3. Absorción de agua (g/100g) en base seca del almidón nativo y acetilado de camote.

Características reológicas

Los resultados obtenidos de las características reológicas son presentados en la Tabla 1. La temperatura inicial de gelatinización menor fue en almidón acetilado con 68,6 oC lo cual indica que la acetilación tuvo efecto sobre este parámetro, se obtuvo un valor intermedio para la mezcla de almidón. Al respecto Iheagwara (2013) señala que esta reducción es debido a la fragilidad granular y que es importante desde el punto de vista económico por la energía de cocción empleada y como un indicador de susceptibilidad a altas temperaturas de procesos y su adecuada utilización en productos formulados tomando en cuenta estos factores. Similar comportamiento con esta modificación química fue encontrado por Iheagwara (2013); Bou Rached et al. (2014) y por Mello et al. (2015). Los valores encontrados son menor a los reportados por Figueroa et al. (2016) y por Lawal et al. (2015) en almidones acetilados de camote.

Con referencia a la viscosidad máxima, el almidón acetilado de camote obtuvo el valor más alto, mientras que la mezcla de almidón tuvo el más bajo (1441 UB). Lo cual puede ser explicado por la introducción de grupos hidrofílicos, que produce la retención de moléculas de agua y en consecuencia los gránulos de almidón incrementen el poder de hinchamiento y favorezca la gelatinización (Bou Rached et al., 2014). Lo observado es similar a lo descrito por Mello et al. (2015) para almidón acetilado de cebada y contrario a Iheagwara (2013) quien encontró disminución en este parámetro en almidones acetilado de camote. Los valores determinados son mayor que los indicador por Lawal el al. (2015) y por Boladi y Oni (2015) y menor que los reportados por Figueroa et al. (2016).

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Tabla 1

Características reológicas de los almidones de camote, nativo, acetilado y de la mezcla.

Parámetros	Almidón nativo	Almidón acetilado	Mezcla de almidones
Temperatura inicial de gelatinización (TIG) (°C):	73,7	68,6	70,4
	----Viscosidad (UB)----		
Comienzo de la gelatinización (A)	12	13	19
Viscosidad máxima (B)	1550	1774	1441
Inicio del periodo de calentamiento constante (C)	1265	1414	1209
Inicio del periodo de enfriamiento (D)	904	1117	932
Final del periodo de enfriamiento (E)	1228	1423	1243
Final del periodo de calentamiento (F)	1301	1557	1298
Estabilidad "Breakdown" (B-D)	646	657	509
Asentamiento "Setback" (E-D)	324	306	311

UB: unidades Brabender.

Cuando se mantuvo la temperatura a 95 oC por 5 minutos, la viscosidad del sistema se redujo gradualmente en las tres muestras estudiadas, en consecuencia este parámetro disminuyo por efecto de la modificación realizada, lo cual es un indicativo de la estabilidad de las pastas calientes, que puede ser afectado por la fuerza de corte que rompe a los gránulos de almidón durante el periodo de calentamiento. Valores similares de viscosidad a temperatura constante bajo condiciones de agitación fueron reportados por Figueroa et al. (2016) y mayores que los indicados Lawal et al. (2015) y por Boladi y Oni (2015).

La acetilación del almidón de camote provoco un incremento en el índice de "breakdown", obteniéndose 657 UB para la muestra modificada químicamente, lo cual refleja resistencia intermedia de los gránulos de almidón al calentamiento y a la fuerza de corte, elementos importantes en procesos donde se requieren pasta estables resistentes a estos dos factores (Iheagwara, 2013). Este valor es un indicativo de la estabilidad, entre más altos son los valores menos estables son las pastas durante el proceso de cocción (Bolade y Oni, 2015). Resultados análogos fueron reportados por Figueroa et al. (2016) y mayor que los indicados por Lawal, et al. (2015) y por Boladi y Oni (2015). El mismo comportamiento fue reportado por Mello et al. (2015) y por Bou Rached et al. (2014) en almidones de camote acetilado.

El índice de asentamiento disminuyo por efecto de la modificación realizada, Iheagwara (2013) indica que la acetilación produce una disminución de este índice y en consecuencia disminuye la retrogradación de las pastas, por la restricción de realineación de las moléculas de amilosa y amilopectina después del enfriamiento. Mientras más grande es el valor, mayor será la tendencia de retrogradación y exudación de agua de las suspensiones o geles elaborados con estos polisacáridos (Boladi y Oni, 2015). Los valores encontrados son menores a los reportados por Figueroa et al. (2016) y mayor que los indicados por Lawal et al. (2015) y por Boladi y Oni, (2015) para almidones de camote con igual modificación química. Por otro lado, la tendencia es similar a la encontrada por Iheagwara (2013) en almidón acetilado de camote y por Bou Rached et al. (2014) en almidón de mapuey.

Formulación y elaboración de los pudines

En la Tabla 2, son mostrados los resultados obtenidos para la formulación de pudines, se desarrollaron ocho fórmulas cambiando las proporciones de almidón utilizado.

Al utilizar almidón nativo y agua como medio de dispersión, desde de la fórmula 1 hasta la 3, se obtuvieron pudines con alta viscosidad, con sabor residual del almidón de camote en su forma nativa, el cual se acentuó más con la utilización de pulpa de mango y guanábana, en este sentido se descartó a estas dos pulpas de frutas y agua en la formulación, fueron seleccionadas las de guayaba, maracuyá y leche para las formulaciones siguientes.

Al utilizar los ingrediente de la fórmula 3, leche como disolvente y las dos pulpas de frutas mencionada anteriormente, se obtuvieron pudines en forma de geles con apariencia brillante, dulzor agradable, color rosado y buen sabor para el caso de pulpa de guayaba, similares características fueron obtenidas cuando se utilizó maracuyá.

En la fórmula 4 se utilizó almidón de camote acetilado junto con las proporciones de ingredientes establecidas, obteniéndose una pasta altamente cohesiva, de corte irregular, sin desprenderse fácilmente de la cucharilla, de color amarillo y rosado atractivo según la pulpa de fruta utilizada, ambos productos fueron de aspecto brillante, con sabor a fruta y dulzor agradables. Debido a los resultados obtenidos se realizaron formulaciones mezclando almidón nativo y acetilado en diversas cantidades hasta obtener un producto con las características deseadas de textura, sabor, color y apariencia.

Tabla 2

Proporciones de ingredientes utilizados en las formulas ensayadas.

	Ingredientes (g)					
Formulas	Almidón nativo	Almidón acetilado	Azúcar	Pulpa de fruta[1]	Sal	Peso total[2,3]
Formula 1	33	0	65	50	1,12	149,12
Formula 2	25	0	65	50	1,12	141,12
Formula 3	20	0	65	50	1,12	136,12
Formula 4	0	20	65	50	1,12	136,12
Formula 5	10	10	65	50	1,12	136,12
Formula 6	8	12	65	50	1,12	136,12
Formula 7	14	6	65	50	1,12	136,12
Formula 8	12	8	65	50	1,12	136,12

[1] Pulpa de guayaba, guanaba, maracuyá o mango.

[2] Para preparar el peso de la fórmula 1 y 2 en 200 ml de agua.

[3] Para preparar el peso de la fórmula 3 a 8 en 200 ml de leche.

El producto obtenido con la fórmula 8, fue un gel de consistencia suave que permitió mejor desprendimiento de la cucharilla, presentó un corte regular, sabor y dulzor agradable, color atractivo y fue de aspecto brillante. En consecuencia, se seleccionó la fórmula 3 y 8 en la elaboración de pudines con almidón nativo y la mezcla respectivamente, la pulpa utilizada para fue la de guayaba. El postre preparado fue envasado en vasos de plásticos y almacenados bajo condiciones de refrigeración (4 oC x 24h).

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Con respecto a la mezcla de almidones seleccionados en la formulación 8, la consistencia fue intermedia entre la desarrollada por el almidón nativo y por el acetilado, considerada como adecuada por el grupo de investigadores, la cual es corroborada por la cuantificación de la viscosidad máxima en el perfil amilógrafico de la sección anterior.

Por otro lado, desde el punto de vista fisicoquímico, los pudines elaborados son geles alimenticios formados por el almidón empleado como ingrediente en la formulación, al respecto Qasem, Mohamed, Mahmood, Ibraheem (2017) y Xiang, Ye, Zhou, Wang, Zhao (2018), señalan que este proceso sucede posteriormente al hinchamiento irreversible, lixiviación de amilosa y total ruptura de los gránulos cuando son calentados en exceso de agua y a una temperatura determinada, subsiguiente se lleva a cabo la dispersión de almidón y convertirse en una pasta, que al ser enfriada ocurren cambios estructurales como la formación de una red estructural tridimensional interconectada que van a contener a los ingredientes utilizados en la preparación de estos postres. La elasticidad del gel va a estar dada por el contenido de almidón utilizado, de esta forma se pueden obtener sopas que son más fluidas, pudines que son más rígidos, entre otros alimentos.

Evaluación sensorial del producto

Una vez finalizado el periodo de 24 horas de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración, se llevó a cabo la evaluación sensorial de los pudines. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3, en donde se puede observar que los parámetros de consistencia y de aceptación global mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$) por efecto del tipo de almidón. El producto obtenido a partir de la mezcla de almidón, presentaron una puntuación de 8 en el rango de la escala hedónica "me gusta mucho" en comparación con las muestras preparadas con almidón nativo los cuales obtuvieron una puntuación de 7 "me gusta moderadamente" en el parámetro de aceptación global y de consistencia. Los resultados confirmaron que el uso de la mezcla de almidón permitió obtener pudines con mejores características que los formulados con almidón nativo de camote.

Al respecto Qasem et al. (2017) expusieron que la decisión de agrado por parte de los jueces basados en características sensoriales de viscosidad, color, suavidad, flavor, dulzor y aceptación global son afectados por el sabor residual aportado por el tipo de hidrocoloide utilizado en la formulación de pudines, así mismo indican que la cremosidad y atributos de textura tal como viscosidad adecuada son factores importantes en estos postres y que están altamente correlacionadas con la aceptación por el consumidor. Estas cualidades son determinadas por la cantidad de polisacárido adicionado en la preparación de un producto alimenticio.

Tabla 3

Evaluación sensorial de los pudines elaborados.

	Atributo			
Muestra	Color	Consistencia	Sabor	Aceptación global
Pudín de almidón nativo	7a (Me gusta moderadamente)	7b (Me gusta moderadamente)	8d (Me gusta mucho)	7e (Me gusta moderadamente)
Pudín de mezcla de almidones	7a (Me gusta moderadamente)	8c (Me gusta mucho)	8d (Me gusta mucho)	8f (Me gusta mucho)

Los valores son el promedio de 52 evaluaciones, columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ($p\leq0,05$).

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Características de los pudines elaborados

Solidos totales, pH, acidez y microbiología

Los resultados obtenidos de la humedad de los pudines se muestran en la Tabla 4, los mismos indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) en estos dos parámetros por efecto del tipo de pudin elaborado. El mayor contenido de humedad se obtuvo donde se utilizó la mezcla de almidón con un valor de 57,60 %. En el caso del pH, fue mayor para los pudines elaborados con almidón nativo con 6,49. Los valores de la acidez encontrada están por debajo de los reportados por Damián (2012).

Con respecto a los resultados microbiológicos de los pudines (Tabla 5), se obtuvieron contajes de aerobios mesófilos, mohos y levaduras menor a 102 ufc/ g en ambos tipos de postre. Lo encontrado está por debajo de los señalados como límite inferior de 104 ufc/g en aerobios mesófilos e igual a 102 ufc/g en mohos y levaduras por la Norma en las Emiratos Árabes Unidos GSO (1016/2014) para alimentos que contienen almidón y por El-Gendi y El-Shreef (2013) en pudines de chocolate en los microorganismos determinados.

Tabla 4

Humedad, pH y acidez de los pudines elaborados.

	Muestras	
Parámetro	Pudín de almidón nativo	Pudín de mezcla de almidón
Humedad (%)	42,83 ± 0,80a	57,60 ± 0,92b
pH	6,49 ± 0,00a	6,35 ± 0,00b
Acidez[1]	0,02 ± 0,45a	0,02 ± 0,51a

[1]g de ácido cítrico por cada 100 g de muestra en base seca.
Los valores son el promedio de tres determinaciones ± desviación estándar en base seca (bs), filas con letras diferentes indican diferencias ($p \leq 0,05$).

Tabla 5

Aerobios mesófilos, mohos y levaduras de los pudines elaborados.

Microorganismo determinado (ufc/g)	Pudín de almidón nativo	Pudín de mezcla de almidones
Aerobios mesófilos	$<10^2$	$<10^2$
Mohos	$<10^2$	$<10^2$
Levaduras	$<10^2$	$<10^2$

Los valores son el promedio de tres determinaciones.

4. Conclusiones

- La modificación química de acetilación permitió obtener almidón de camote acetilado de bajo grado de sustitución que conllevo a cambios en las propiedades fisicoquímicas de poder de hinchamiento, solubilidad y absorción de agua del almidón nativo.

- Las características funcionales tales como temperatura inicial de gelatinización, viscosidad máxima, "breakdown" y "setback", también fueron cambiadas por efecto de la modificación química, permitiendo su utilización en el desarrollo de alimentos que requieren de propiedades determinadas. La tendencia a la retrogradación de los almidones de camote nativo fue mejorada mediante la acetilación.

- La utilización de esta fuente no convencional de almidón acetilado y nativo en la formulación y elaboración de pudines de guayaba con buenas características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas permite la diversificación de esta materia prima para el desarrollo de alimentos tipo postre.

5. Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de almidones nativos y acetilado proveniente de esta fuente en la formulación y elaboración de otros tipos de productos y determinar las características aportados a estos sistemas alimenticios.

- Realizar otros tipos de modificaciones ya sea de tipo físico, químico o microbiológica para diversificar la utilización de estos almidones proveniente de este tubérculo.

6. Referencias bibliográficas

Anderson, R. (1982). *Water absorption and solubility and amilograph characteristic of roll cooked small grain product.* Cereal Chem 59, 265-269.

AOAC. (1993). *Association of Official Analytical Chemist.* Official Methods of Analysis. Analysis. Washington, USA.15ta. Ed. AOAC International. Gaithersburg, EUA.

Bolade, M.; Oni, O. (2015). *Influence of acetylation on the physicochemical properties of composited* starches from sweet potato (Ipomoea batatas L.) and water yam (Dioscorea alata L.). African Journal of Biotechnology. 14(51), 3340-3349.

Bou Rached, L., Padilla, F., Rincón, A. (2014). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de almidones de mapuey blanco y morado (Dioscorea trífida L.) modificados por acetilación y oxidación.* Revista de la Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela. 76(1):84-95.

Bowman, S., Summers, S., Wylin, D. (2013). *The Effect of Different Milk Substitutes on Pudding Quality.* Food Chemistry NUTR 453. 1(30), 1-17.

Chen, Z. (2003). *Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products.* (PhD. thesis) Wageningen University, The Netherlands, Unites State.

Chen, Z., Schols, H., Voyaged, A. (2003). *Physicochemical Properties of Starches Obtained of Three Varieties of Chinese Sweet Potatoes.* Journal of Food Science. 68(2), 431-437.

Colussi, R., Pintoa, V., Mello, S., Vanier, N., Villanova, F., Silvad, R., Zavareze, E., Guerra, A. (2014). *Structural, morphological, and physicochemical properties of acetylated high-, medium-, and low-amylose rice starches. Carbohydrate Polymers*. 103, 405-413.

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Covenin. (1979). *Alimentos. Determinación del pH. (Acidez Iónica)*. Norma 1315. Fondonorma. Caracas, Venezuela.

Covenin. (1987). *Alimentos. Método para Recuento de Colonias de Bacterias Aerobias en Placa de Petri* (Segunda Revisión). Norma 902. Fondonorma. Caracas, Venezuela.

Covenin. (1990). *Alimentos. Método para Recuento de Mohos y Levaduras* (Primera Revisión). Norma 1337. Fondonorma. Caracas, Venezuela.

Cusumano, C., Zamudio, N. (2013). *Manual Técnico para el Cultivo de Batata (Camote o Boniato) en la Provincia de Tucumán (Argentina)*. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.

Damian, C. (2012). *Effect of Differente Milk Substitutes on Rheological Properties of Puddings.* Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering, ùtefan cel Mare University–Suceava. 10(3), 62-67.

El-Gendi, M., El-Shreef, M. (2013). *Microbiological Investigations of Some Dried Mixes of Dairy Desserts Sold in Assiut City.* Assiut Vet. Med. J. 59(137), 180-188.

Espinosa J. (2007). *Evaluación Sensorial. Editorial Universitaria*. El Vedado, Cuidad de la Habana, Cuba.

Figueroa, J., Mendoza, J; Rodríguez, M. (2016). *Vitae, Supl. Supplement 1*; Medellín. 23(2016): S174-S179. Recuperado de https://search.proquest.com/openview/11a540a534b20535832 20828fe7bb688/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352

Hernández, E. 2005. *Evaluación Sensorial. Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje.* Bogotá, DC.

Iheagwara, M. (2013). *Isolation, Modification and Characterization of Sweet Potato (Ipomoea batatas* L (Lam)) Starch. J Food Process Technol. 4(1), 1-6.

Lawal, M., Odeniyi, M. y Itiola O. (2015). *Material and rheological properties of native, acetylated, and pregelatinized forms of corn, cassava, and sweet potato starches.* Starch. 67(11-12), 964-975. https://doi.org/10.1002/star.201500044

Luo, Z., Shi, Y. (2012). *Preparation of acetylated waxy, normal, and high-amylose maize starches with intermediate degrees of substitution in aqueous solution and their properties*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 60(37), 9468–9475.

Meireles, M., Santana, A. (2014). *New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review, Food and Public Health.* 4(5), 229-241.

Mello, S., Colussi, R., Pinto, V., Bartz, J., Radunz, M., Villarreal, N., Guerra, A., Zavareze, L. (2015). *Structure, morphology and functionality of acetylated and oxidized barley starches.* 168, 247-256.

Norma GSO 1016/2014. (2014). *Microbial Criteria for foodstuffs. Standardization Organization for G.C.C Emiratos Arabes Unidos.* 33p.

Olatunde, G., Henshaw, F., Idowu, M y Tomlins, K. (2016). *Quality attributes of sweet potato flour as influenced by variety, pretreatment and drying method.* Food Sci Nutr. 4(4), 623-635.

Pérez, E., Borneo, R., Melito, C., Tovar J. (1999). *Chemical, Physical and Morphometric properties of Peruvian Carrot (Arracacia xanthorrhiza) Starch.* Acta Científica Venezolana. 50, 240-244.

Pérez, E., Breene, W., Bahanasey, Y. (1998). *Gelatinization Profiles of Peruvian Carrot, Cocoyam and Potato Starches a Measured with Brabender Viscoamylograph, Rapid Viscoanalyzer and Differential Scanning Calorimeter.* Starch/Starke. 50, 14-16.

Pirela, D. (2004). *Modificación química de almidón de batata (Ipomoea batata L. Lam) y Evaluación del efecto de algunos Ingredientes sobre el Comportamiento reológico y funcional del almidón. (*Tesis de pregrado). Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813

Qasem, A. A. A., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Hussain, S., Mahmood, K., & Ibraheem, M. A. (2017). *High soluble-fiber pudding: Formulation, processing, texture and sensory properties.* Journal of Food Processing and Preservation, 41(3), 1–9. https://doi.org/10.1111/jfpp.12931

Rincón, A., Pérez, E. (2002). *Characterization of drum drying pregelatinized amaranth starch.* Rev Fac Farm. 65(2), 39-45.

Rincón, A., Bou Rached, L., Aragoza, L., Padilla, F. (2007). *Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan.* (Artocarpus altilis). Arch Lat Nutrición 57(3), 287-294.

Rodrigues, C., Vieira, R., Lima, R. (2017). *Estudo comparativo das propriedades funcionais do amido da batata doce (Ipomoea batatas) nativo e modificado por acetilação.* Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente. 8(1), 33-47. doi: http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v8i1.472.

Senanayake, S., Ranaweera, K., Gunaratne, A. y Bamunuarachchi, A. (2013). *Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (Ipomoea batatas (L) Lam) in Sri Lanka. Food Science & Nutrition.* 1(4):284-91. doi: 10.1002/fsn3.38

Smith, R. (1967). *Characterization and analysis of starches.* In: Starch: Chemistry and Technology. Vol II. Whistler, R and Paschall, E. Ed. Academic Press: New York, USA.

Tressler, D., Sultan, W. (1975). *Food products Formulary.* Vol 2. Cereal, Baked Goods, dairy and egg Products. The AVI publishing Company, INC.

Whistler, R., Paschal, E. (1964). *Starch Chemistry and Technology.* Vol. II Academic Press. New York.

Wurzburg, O. (1964). *Starch derivates and modification.* Acetylation, In: Methods in Carbohydrate chemistry. IV Starch. Whistler, R. and Paschall, E .Ed. American Press. New York, USA.

Xiang, Z., Ye, F., Zhou, Y., Wang, L., Zhao, G. (2018). *Performance and mechanism of an innovative humidity-controlled hot-air drying method for concentrated starch gels: A case of sweet potato starch noodles*. Food Chemistry. 269(15), 193-201. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.153

Yu S., Mu T., Zhang M., Ma M., Zhao Z. (2015). *Effects of Retragration and Futher Acetylation on the Digestibility and Phisicochemical Properties of Purple Sweet Potato Flour and Starch.* Starch/Starke. 2015(67), 892-902.

Cómo citar este art culo:
Anchundia, M. (Enero - junio de 2019). Caracterización funcional de almidón acetilado de camote y su utilización en la formulación de pudines de frutas. *Sathiti: sembrador, 14*(1), 160-173. https://doi.org/10.32645/13906925.813