



## RESUMEN

Se entrecruzó el almidón nativo a partir de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.) empleando diferentes agentes entrecruzantes (oxicloruro de fósforo ( $\text{POCl}_3$ ) trimetafosfato de sodio, STMP y epiclorohidrina, EPI) bajo condiciones alcalinas. Los almidones obtenidos mostraron unos perfiles de viscosidad similares. Se realizó almidones la caracterización fisicoquímica y morfológica para explicar el efecto de los diversos agentes en el gránulo de almidón. La morfología del gránulo revelada por microscopía electrónica de barrido (MEB) mostró que los almidones modificados no presentaron ningún daño en su superficie por efecto de la reacción de entrecruzamiento. En las fotomicrografías obtenidas por microscopía de luz polarizada los gránulos mostraron diversas formas y tamaños. La medición de distribución de tamaño de partícula de los almidones modificados a  $30^\circ\text{C}$  mostró valores de diámetro medio para el almidón nativo (ANP) y el modificado con  $\text{POCl}_3$  (AMPP) de  $9\ \mu\text{m}$ , para el modificado con STMP (AMPS) de  $10\ \mu\text{m}$ , y para el modificado con EPI (AMPE) de  $15\ \mu\text{m}$ ; el aumento de volumen en el diámetro de los almidones AMPS y AMPE puede ser atribuido a un ligero desorden molecular de los componentes del almidón. En las mediciones a  $70^\circ\text{C}$ , se confirmó que el agente  $\text{POCl}_3$  es un agente efectivo para restringir el hinchamiento del gránulo, debido a que estos mostraron tamaño de gránulo más pequeño que el almidón de plátano entrecruzado con los otros agentes. La temperatura y entalpía de gelatinización de los almidones entrecruzados disminuyeron en el orden: AMPP > AMPS > AMPE, esto es atribuido a los diferentes mecanismos de reacción de los diferentes agentes. Los parámetros térmicos de retrogradación mostraron que los grupos introducidos de los diversos agentes entrecruzantes en las moléculas de almidón promovieron la reasociación de las cadenas de las moléculas de amilopectina. En general, en las fracciones obtenidas por cromatografía los almidones entrecruzados mostraron una disminución de la fracción I correspondiente a la amilosa, lo cual es atribuido a la despolimerización de este polímero. En el análisis reológico, se encontró que el comportamiento de flujo de las pastas de los almidones modificados al 5 % presentaron un comportamiento Newtoniano, pero cuando se incrementó la concentración (10 %) los almidones modificados mostraron un comportamiento no Newtoniano y de carácter reofluidificante, en ambas concentraciones la deformación de las pastas fue independiente del tiempo de cizallamiento, esto sugirió que la fase continua tiene un efecto decisivo en la consistencia de las pastas. En las pruebas



dinámicas se encontró que los geles formados por los almidones entrecruzados son menos rígidos que el del almidón nativo debido a que el entrecruzamiento restringió parcialmente la solubilidad del gránulo y esto afectó la gelificación.

#### ABSTRACT

Banana starch was cross-linked with three different agents (phosphorous oxychloride,  $\text{POCl}_3$ , sodium trimetaphosphate, STMP and epichlorohydrin, EPI) under alkaline conditions. The pasting behaviour was similar in all cases. Physicochemical and morphological characterization was performed to evaluate the effect of different crosslinked agents on starch. The scanning electron microscopy (SEM) shows that the crosslinking banana did not damage the surface. In the polarized light microscopy, the starches showed various shapes and sizes. The particle size distribution test at 30 °C showed diameter mean values for native starch (BNS) and modified with  $\text{POCl}_3$  (SMPP) of 9  $\mu\text{m}$ . For they modified starch with STMP (SMPS) mean values were of 10  $\mu\text{m}$ , and one modified with EPI (SMPE) was of 15  $\mu\text{m}$ ; the increase in the volume of mean diameter can be attributed to a slight molecular disorder of the starch components due to the crosslinking reaction. The measurement at 70 °C, showed that  $\text{POCl}_3$  appear to be much more effective in preventing the swelling of the granule due to that starch granules modified with the agent that had the smaller size than those modified with STMP and EPI. The thermal properties decreased in the order followings: native > SMPP > SMPS > SMPE, this pattern can be due to different reaction mechanism. The chemical groups introduced in the starch molecules by diverse reagents, promoted the re-association of the starch chains during storage. In general, the starch fractions of the cross-linked starches obtained by chromatography showed that fraction I (amylose) decreased due to starch depolymerisation. The rheological analysis of starch dispersion at 5 % (flow curves) showed a Newtonian pattern, and when the concentration increased (10 %) the pattern was different (non-Newtonian shearthinning); the pastes obtained to both concentrations were time-independent, suggesting an important contribution of the continuous phase. The rheological dynamic test showed that the gels of the cross-linked starches were less rigid that the gel of native starch due to the cross-linked starches partially restricting the solubility of the granule and this affecting the gelation.