



# Agroindustrial Science

Agroind Sci 5 (1) (2015)

Escuela de Ingeniería  
Agroindustrial

Universidad Nacional de Trujillo

## Efecto del curado sobre las propiedades térmicas del almidón de camote (*Ipomoea batatas* L.)

Curing effect on the thermal properties of sweet potato starch  
(*Ipomoea batatas* L.)

Laura Linares <sup>a,\*</sup>, Milber Ureña <sup>a</sup>, Jenny Ruales <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Facultad de Industrias Alimentarias (Universidad Nacional Agraria La Molina) Av. La Universidad s/n Lima, Perú.

<sup>b</sup> Departamento de Ciencia y Biotecnología de Alimentos (Escuela Politécnica Nacional) Quito, Ecuador.

\* Correo para correspondencia: [llinaresg@lamolina.edu.pe](mailto:llinaresg@lamolina.edu.pe) (L. Linares).

Recibido 20 mayo 2015; Aceptado 9 junio 2015

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la temperatura (29, 32 y 35°C) y del tiempo (2, 4 y 6 días) de curado, a humedades relativas de 85 a 95%, sobre las propiedades térmicas de los almidones de camote, variedad INA-100, cuyas raíces estuvieron 50 días almacenadas entre 12.8 a 15.6°C y 85 a 90% de humedad relativa. Se evaluaron las muestras de nueve tratamientos de curado y una muestra testigo que no fue curada, en tres repeticiones. Se determinó que la entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ ) en el almidón de camote no varío por efecto del curado, disminuyendo en promedio ligeramente (-1.17 J/g) respecto al testigo. También, la temperatura inicial ( $T_o$ ) y pico ( $T_p$ ) de gelatinización se incrementaron en promedio por efecto del curado; mientras que la temperatura final ( $T_e$ ) disminuyó ligeramente y el rango de la temperatura de gelatinización ( $T_e-T_o$ ) disminuyó en todos los tratamientos. El curado podría ser considerado una tecnología que modifica los almidones de camote, incrementando la  $T_o$  y  $T_p$ , y disminuyendo la  $T_e$  y el ( $T_e-T_o$ ). Esta forma de modificar los almidones no tiene impacto ambiental y es más segura que las modificaciones químicas.

**Palabras clave:** Curado, almidón, camote, propiedades térmicas, DSC.

### ABSTRACT

We evaluated the effect of curing temperature (29, 32 and 35°C) and time (2, 4 and 6 days) at relative humidities of 85 to 95%, on the thermal properties of sweet potato starch, variety INA-100, whose roots were stored for 50 days at 12.8 to 15.6 ° C and 85 to 90% relative humidity. Nine curing treatments and a control sample without curing were tested in three replicates. It was determined that the gelatinization enthalpy ( $\Delta H$ ) in sweet potato starch did not change for effect curing, decreasing slightly (-1.17J/g) compared to the control. Also, onset temperature ( $T_o$ ) and peak ( $T_p$ ) of gelatinization were increased for effect of curing; while the final temperature ( $T_e$ ) decreased slightly and gelatinization range temperature ( $T_e-T_o$ ) decreased in all treatments. The curing could be considered a technology for modified sweet potato starches, increasing the  $T_o$  and  $T_p$  and decreasing  $T_e$  and the gelatinization temperature range ( $T_e-T_o$ ). This way to modifying the starch has no environmental impact and is safer than chemical modifications.

**Keywords:** Curing, starch, sweet potato, thermal properties, DSC.

### 1. Introducción

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es considerado un alimento para la seguridad alimentaria debido a que tiene

una producción confiable en condiciones de estrés y se desarrolla en suelos pobres o ligeramente fertilizados. Es el sexto cultivo alimentario más

importante del mundo, luego del arroz, el trigo, la papa, el maíz y la yuca; pero en los países en desarrollo es el quinto cultivo alimentario más importante (CIP, 2010). En el año 2013, la FAO reporta 8.2 millones de ha de área cultivada a nivel mundial, con un rendimiento promedio mundial de 12.6 t/ha y una producción mundial de 103.1 millones de toneladas, cultivándose en Asia (76.12%), África (19.52%), América (3.55%), Europa (0.05%) y Oceanía (0.76%); cosechándose el 96% de esta producción en países en desarrollo (FAOSTAT, 2015). Es un alimento nutritivo con habilidad para producir grandes cantidades de carotenoides (dependiendo de la variedad) el cual participa como precursor de la vitamina A (Woolfe, 1992), fuente de fibra dietaria, proteínas, energía y muchas vitaminas y minerales (cubriría el 50, 17.3, 17.4 y 19.6% de las necesidades diarias de magnesio, hierro, zinc y calcio respectivamente si se ingiere 240 g de camote por día) (Tumwegamire *et al.*, 2011).

Las raíces de camote presentan pérdidas muy altas desde su cosecha hasta llegar a su consumidor final, debido a los daños mecánicos que se producen por el manipuleo de las raíces durante la cosecha, el transporte y el almacenamiento (Rubio, 2006) y por la deshidratación que sufre desde el momento de la cosecha en que va perdiendo agua debido al proceso de respiración y transpiración (Picha, 1986).

El curado es el mejor tratamiento para evitar la pérdida de peso y el deterioro de las raíces de camote, debido a la formación del peridermo en áreas lastimadas, y se realiza manteniendo el producto a temperatura y humedad relativas altas durante varios días, en estas condiciones los daños producidos durante su cosecha cicatrizan debido a la formación de una nueva capa protectora de células en la zona afectada (Rees *et al.*, 2003).

El almidón constituye una excelente materia prima para modificar la textura y consistencia de los alimentos. Su funcionalidad depende del peso molecular promedio de la amilosa y la amilopectina, así como de la organización molecular de estos glucanos dentro del gránulo. En China, Japón y Korea, la principal forma de uso industrial del camote es como almidón, el cual es utilizado en diversos productos alimenticios, y como suplemento en pudines, bizcochos, fideos, golosinas, postres, entre otros (Yadav *et al.*, 2007).

Los almidones nativos son poco utilizados en la industria de alimentos por sus pobres propiedades funcionales (baja estabilidad, pobres propiedades térmicas, alta retrogradación), es por ello que la mayoría de los almidones incorporados en los alimentos son químicamente modificados. Actualmente es de gran interés el uso de técnicas físicas que modifiquen las propiedades de los almidones sin destruir su estructura granular, como los tratamientos hidrotérmicos: *annealing* (ANN) y tratamiento calor-humedad. Estas modificaciones físicas del almidón para aplicaciones específicas son consideradas interesantes y amigables con el medio ambiente por no involucrar productos químicos, y ser más seguras que las modificaciones químicas (Stute 1992, citado por Collado *et al.*, 2001; Jyothi *et al.*, 2011). El ANN es un tratamiento que requiere la incubación de los almidones en exceso de agua (>60% w/w) o en contenidos intermedios (40% w/w) durante un tiempo determinado a una temperatura por encima de la Transición vítrea ( $T_g$ ) y por debajo de la temperatura de inicio de gelatinización ( $T_o$ ) de almidón nativo. En general, la temperatura ( $T_o$ ,  $T_p$ ,  $T_e$ ) y la entalpía ( $\Delta H$ ) se incrementan, mientras que el rango de la temperatura de gelatinización disminuye después del ANN.

Además la homogeneidad y la perfección de la cristalinidad del gránulo de almidón se incrementan después del ANN (Tester y Debon 2000; Jyothi *et al.*, 2011).

El presente trabajo de investigación evalúa las modificaciones que sufre el gránulo de almidón en su propiedades térmicas:  $T_o$ ,  $T_p$ ,  $T_e$ ,  $(T_e-T_o)$ , y entalpía de gelatinización por efecto de 9 diferentes tratamientos de curado.

## 2. Materiales y métodos

### Materiales

Se trabajó con raíces de camote variedad *INA-100* calidad de exportación, sanos: sin daños por insectos, íntegros: sin golpes ni heridas, de forma natural: no torcidos ni deformes, de calibre médium (200 – 400 g/unidad), proporcionados por la empresa “Agrícola Viñasol”, ubicada en el valle de Cañete (Imperial), Perú.

### Métodos

#### Tratamiento Post-cosecha

Las raíces de camote fueron sometidas a nueve procesos de curado: tres temperaturas (29, 32 y 35°C), y tres tiempos (2, 4 y 6 días), a humedades relativas entre 85 a 95%; terminada esta operación, las muestras fueron acondicionadas (lavado, desinfección con hipoclorito de sodio 60 ppm, y secado de los camotes), y colocadas en cajas usadas para exportación en almacenes a 128 - 156 °C y 85 - 90% de humedad relativa durante 50 días, simulando el procesos de transporte y comercialización del producto.

Obteniendo nueve tratamientos de camote curado y una muestra testigo o patrón, que no fue curada (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tratamientos de camote a evaluar.

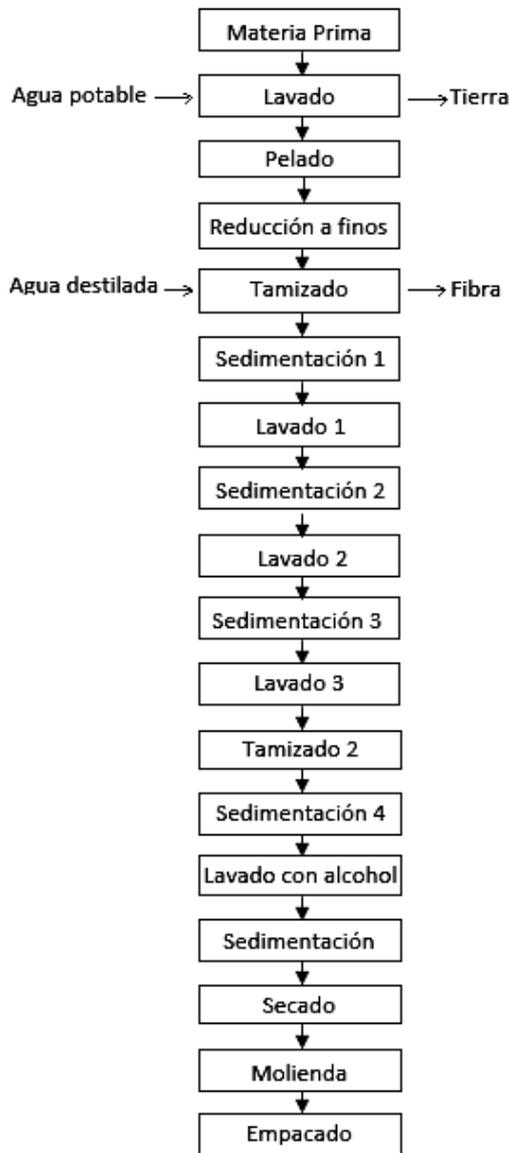
Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)
1	29	2
2	29	4
3	29	6
4	32	2
5	32	4
6	32	6
7	35	2
8	35	4
9	35	6
10 (testigo)	--	--

#### Extracción del almidón de camote curado

Se realizó siguiendo la metodología desarrollada por el Centro Internacional de la papa (CIP), y reportada por (Tarazona, 1995). Consiste en las siguientes operaciones: lavado, selección y pelado, reducción a finos, tamizado, sedimentación, lavado 1, sedimentación, lavado 2, sedimentación, lavado 3, tamizado, sedimentación, secado en estufa a una temperatura de 30 °C, y empacado (Figura 1).

#### Determinación del contenido de almidón total

Se realizó siguiendo la metodología estandarizada del Laboratorio DECAB, de la Escuela Politécnica de Quito, Ecuador. Esta se desarrolla en dos pasos: 1) hidrólisis enzimática del almidón, incubando las muestras con Termamyl 120 L y amiloglucosidasa de *Aspergillus Niger*, seguida del método colorimétrico, 2) “Uso del reactivo, ácido dinitrosalicílico para la determinación de azúcares reductores”, el cual se fundamenta en que el ácido 3,5-dinitrosalicílico disuelto en álcali fuerte, en presencia de azúcares reductores y calor se reduce a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico, con el consecuente cambio en la coloración de amarillo a pardo rojizo, la cual es medida en un espectrofotómetro (Miller, 1959).



**Figura 1.** Diagrama de Flujo de operaciones para la obtención de almidón de camote.

#### Análisis Térmico Diferencial (DSC)

Se realizaron suspensiones de los tratamientos de almidón de camote curado relación almidón: agua destilada 1:3 en cantidades de muestra de 20 mg en peso seco, en promedio, en celdas de aluminio (pans) selladas herméticamente. Estas permanecieron 30 minutos en reposo, antes de ser sometidas al análisis. Se colocó la muestra en el horno del equipo DSC-7 Perkin Elmer<sup>®</sup>, poniendo como referencia una celda vacía. Las muestras fueron calentadas en un rango de temperaturas entre 20 y 120 °C, a razón de incrementos de 10

°C/min. De la curva obtenida, se tomaron: la temperatura inicial ( $T_0$ ), la temperatura pico ( $T_p$ ), la temperatura final ( $T_e$ ) y la entalpía ( $\Delta H$ ), los cuales fueron calculados automáticamente por el software del equipo, mientras que el rango de temperatura de gelatinización ( $T_e - T_0$ ), se calculó de los valores obtenidos. El DSC fue calibrado al inicio del análisis con agua destilada y el estándar Indio, siguiendo la metodología de Ruales (Ruales *et al.*, 2000).

#### Análisis estadístico

Para la determinación de los efectos producidos por la variación de las variables temperatura y tiempo de curado sobre los parámetros de gelatinización de las suspensiones de almidón ( $T_0$ ,  $T_p$ ,  $T_e$ ), rango de temperatura de gelatinización y entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ ) del almidón de camote se aplicó un arreglo factorial  $3^2 \times 3$  en un Diseño Completo al Azar ( $p < 0.05$ ), utilizando para ello el paquete estadístico Statgraphics<sup>®</sup>. Asimismo, para evaluar si hubo diferencia significativas entre los tratamientos de camote curado y el patrón o testigo se realizó una prueba de Análisis de Varianza, seguida de una prueba LDS ( $p < 0.05$ ), utilizando para ello el paquete estadístico Statgraphics<sup>®</sup>.

### 3. Resultados y discusión

Los resultados del contenido de almidón total del almidón extraído de treinta muestras de camote (10 tratamientos con sus dos repeticiones), previamente sometidas nueve de ellas al proceso de curado (tiempo: 2, 4 y 6 días y temperatura: 29, 32 y 35 °C), y una sin tratamiento de curado (testigo); seguidamente almacenadas a temperatura de refrigeración durante 50 días se encuentran en un rango de 92.97 a 96.41%, y son necesarios para calcular la entalpía de gelatinización.

Los resultados de la entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ ) del almidón de

camotes curados y de los no curados (testigo) se reportan en el Tabla 2, con valores que fluctúan entre 12.59 y 16.77 J/g, los cuales se encuentran dentro de los intervalos reportados por Moorthy (2002) para entalpía de gelatinización de almidón de camote (10-18 J/g). El tratamiento 10, que no recibió tratamiento de curado, obtuvo una  $\Delta H = 15.95$  J/g, valor que se encuentra dentro del rango de las  $\Delta H$  encontradas en los almidones de camote que recibieron tratamientos de curado, lo que permitiría afirmar que los tratamientos de curado ensayados no afectarían la entalpía de gelatinización del almidón de camote.

**Tabla 2.** Entalpía de Gelatinización (J/g) del almidón de camote, después de haber sido sometido a diferentes tratamientos de curado y no curado y almacenado por 50 días a temperatura de refrigeración.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Entalpía de Gelatinización ( $\Delta H$ )* (J/g)
9	35	6	12.59 $\pm$ 0.31a
2	29	4	13.61 $\pm$ 0.27 b
1	29	2	14.49 $\pm$ 0.49 c
5	32	4	14.71 $\pm$ 0.46 c
7	35	2	14.97 $\pm$ 0.51 cd
8	35	4	15.09 $\pm$ 0.30 cd
3	35	2	15.19 $\pm$ 0.51 cde
4	32	2	15.59 $\pm$ 0.55 de
10 (testigo)	--	--	15.95 $\pm$ 0.46 e
6	32	6	16.77 $\pm$ 0.67 f

\*Promedio de tres repeticiones

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La entalpía de gelatinización se incrementó después del ANN en la mayoría de almidones de camote que fueron sometidos al ANN a diferentes temperaturas, tiempos y humedades, concluyendo que el ANN incrementa la entalpía de gelatinización en el almidón de camote (Jyothi *et al.*, 2011). El efecto del ANN en la entalpía de gelatinización ha sido estudiado en varias fuentes de almidón. Su incremento ha sido reportado en algunas fuentes de almidón (Tester y Debon, 2000; Genkina *et al.*, 2004). El almidón

de frejol Mung anelado a 45, 50 y 55 °C encontró un incremento de la entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ : 10-13.43 mJ/mg) respecto al control de almidón (7.07 mJ/mg). El incremento de la entalpía de gelatinización ocasionado por el ANN implica un incremento del orden molecular de los gránulos de almidón tratados. Los almidones tratados con ANN a 60 °C reportaron valores de entalpía de gelatinización mayores que el control (8.9 mJ/g), pero menores que los almidones ANN a 55 °C, lo cual podría explicarse por el aumento de reordenamiento molecular y una fusión parcial que podrían haber ocurrido simultáneamente (Chung *et al.*, 2000).

La entalpía de gelatinización disminuyó ligeramente en promedio (-0.5 J/g) en almidones extraídos de tubérculos de papa que fueron inducidos a un ANN in situ (tubérculos enteros incubados a temperatura de 55 °C por 7 días), respecto a almidones extraídos inmediatamente después de su cosecha, y aumentó en promedio (+2.2 J/g) en almidones de papa *anelados* normalmente (in vitro) respecto también a almidones extraídos inmediatamente después de su cosecha (Tester *et al.*, 2005).

Esto concuerda con los resultados encontrados en nuestra investigación, ya que en promedio la entalpía de gelatinización disminuyó ligeramente (-1.17 J/g) en los almidones de camote curados respecto al almidón que no recibió tratamiento de curado (tratamiento 10); por lo tanto el curado tuvo poco efecto en la estructura helicoidal doble de los gránulos de almidón. Probablemente esto refleja la movilidad relativa del agua, ya que se esperaría que el agua sea menos móvil en todo el tubérculo como sistema en comparación con los almidones dispersos (almidones extraídos para ser *anelados*), por lo que se encontraría con menos capacidad de facilitar la elongación de las hélices imperfectas.

Lo cual es corroborado por Jayakody y Hoover (2008) quienes afirman que el efecto del ANN en la entalpía de gelatinización es variable dependiendo de la fuente del almidón, habiendo sido reportado en algunos casos su efecto como un incremento, en otros sin variación y también como una disminución. Por lo que se podría decir que el curado no afectaría la entalpía de gelatinización del almidón de camote.

Los valores de temperatura pico de gelatinización ( $T_p$ ) del almidón de camotes curados y de los no curados (testigo), se presenta en el Tabla 3, los que fluctúan entre 75.52 y 78.24 °C. El tratamiento 10, raíces de camote que no recibieron el proceso de curado, fue el que reportó la menor  $T_p$ , mientras que todos los demás tratamientos de curado (1-9), reportaron valores superiores de  $T_p$ ; por lo que se podría decir que el curado incrementó la  $T_p$  de los almidones de camote.

**Tabla 3.** Temperatura pico de gelatinización ( $T_p$ ) en almidón de camote después de sometido a diferentes tratamientos de curado y no curado, y almacenado por 50 días a temperatura de refrigeración.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	$T_p$ (°C)*
10 (Testigo)	--	--	75.52 ± 0.75a
4	32	2	75.74 ± 0.36a
5	32	4	76.25 ± 0.22ab
2	29	4	76.55 ± 0.19ab
9	35	6	76.85 ± 0.78 b
1	29	2	76.91 ± 0.21 b
3	29	6	76.98 ± 0.45 b
7	35	2	77.00 ± 0.00 b
8	35	4	77.11 ± 1.35 b
6	32	6	78.24 ± 0.64 c

\* promedio de tres repeticiones.

Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Se encontró que el factor tiempo y la interacción tiempo-temperatura tuvieron un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) en la temperatura pico de gelatinización ( $T_p$ ) del almidón de camote; a mayor tiempo de curado, mayor  $T_p$ .

Jyothi *et al.* (2011); Tester y Debon (2000); Jacobs y Delcour (1998),

reportaron en sus estudios incrementos de la  $T_p$  en almidones de camote, trigo, papa y maíz después del ANN; este cambio a altas temperaturas podría deberse al incremento en la perfección de los cristales por efecto del ANN, el cual permite obtener un material menos amorfo en los almidones tratados.

Tester *et al.* (2005) encontraron que almidones de papa ANN normalmente (in vitro) reportaron incrementos ligeramente superiores en su  $T_p$  (+0.1), respecto a almidones extraídos de tubérculos de papa que fueron inducidos a un ANN in situ (tubérculos incubados enteros a temperatura de 55°C por 7 días), concluyendo que es posible que los almidones de papa pueden ser ANN in situ. Por lo que el curado podría ser considerado como una tecnología que modificaría los almidones de camote in situ, de manera similar al ANN.

Bello-Pérez y Tovar (2001), citados por Hernández-Medina *et al.* (2008), reportaron en almidones de dos variedades de camote un rango de  $T_p$ : 72.8 a 78 °C, valores que se encuentran muy cercanos a los encontrados en el presente trabajo de investigación (75.52 – 78.24 °C). Hernández-Medina (2008), afirma que estos valores altos de  $T_p$  permitirían la inclusión de estos almidones en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento como los enlatados, mientras que los almidones que reportan menores valores de temperatura pico de gelatinización pueden considerarse para ser usados en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos chiclosos o natillas, pudines, etc.

El curado es un tratamiento que permitiría incrementar de manera natural (sin químicos) la  $T_p$  de los almidones de camote, haciendo posible su uso en diversos sistemas alimenticios u otras aplicaciones industriales en donde se requiera altas temperatura de procesamiento.

**Tabla 4.** Temperaturas inicial (To), temperatura final (Te), y rango de temperaturas de gelatinización (Te-To) de almidón de camote de los tratamientos.

Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (días)	Onset To* (°C)	Endset Te* (°C)	Te-To* (°C)
1	29	2	70.68 ± 0.40	84.00 ± 0.41	13.33 ± 0.05
2	29	4	66.89 ± 0.46	84.33 ± 0.49	17.44 ± 0.58
3	29	6	69.83 ± 0.07	83.96 ± 0.44	14.13 ± 0.49
4	32	2	67.86 ± 0.09	83.77 ± 0.59	15.92 ± 0.57
5	32	4	66.56 ± 1.21	83.34 ± 0.89	16.78 ± 1.17
6	32	6	73.90 ± 1.02	85.18 ± 0.62	11.28 ± 0.43
7	35	2	71.61 ± 0.53	85.50 ± 0.85	13.88 ± 0.37
8	35	4	70.74 ± 1.68	82.97 ± 1.50	12.23 ± 0.80
9	35	6	68.81 ± 0.65	83.17 ± 0.52	14.36 ± 0.95
10	Testigo		67.34 ± 0.72	84.97 ± 0.62	17.63 ± 1.22

\* Promedio de tres repeticiones; Onset To: Temperatura inicial de gelatinización; Endset Te: Temperatura final de gelatinización; Te-To: Rango de temperatura de gelatinización.

Las temperaturas iniciales (To), finales (Te) y rango de gelatinización (Te-To) de almidones de camotes curados y no curados (testigo), almacenados durante cincuenta días a temperatura de refrigeración, se presentan en el Tabla 4. De los resultados se puede observar que todos los tratamientos que fueron sometidos al tratamiento de curado disminuyeron el rango de temperatura de gelatinización, siendo el tratamiento 10, raíces de camote que no recibieron el curado, el que reportó el mayor rango de temperatura de gelatinización; por lo que se podría afirmar que el curado es una técnica que disminuye el rango de temperatura de gelatinización del almidón de camote. Estos resultados coinciden con lo reportado por Jyothi *et al.* (2011), en sus trabajos de investigación en almidones de camote ANN, en donde todos los almidones de camote que fueron ANN reportaron menores rangos de temperatura de gelatinización respecto al testigo (almidones de camote no ANN). Y son corroborados por Tester *et al.* (2005), quienes encontraron el mismo efecto en almidones de papa *annelados* in vitro y in situ. Jayakody y Hoover (2008) mencionan que la disminución del rango de temperatura de gelatinización originado por el efecto ANN indica el incremento de la homogeneidad en la estructura de los cristales.

Se encontró un efecto significativo ( $p < 0,05$ ) para el factor tiempo, para el factor temperatura y para la interacción tiempo-temperatura en la disminución del rango de temperatura de gelatinización, notándose una relación inversa, es decir que a mayores tiempos y temperaturas de curado el rango de temperatura de gelatinización tiende a disminuir.

El incremento de la Tp y la disminución del rango de gelatinización encontrado en todos los almidones de camote curados, es una de las características de los almidones que han sido tratados con el ANN, proceso en el que los almidones son sometidos a temperaturas por debajo de la temperatura de gelatinización y por encima de la temperatura vítrea (tg), la cual para el almidón de papa a 25% de humedad es 25°C aproximadamente (Mizuno *et al.*, 1998), por lo que podría ser posible que los almidones de camote podrían haber sufrido el efecto del ANN al haber sido sometidos al curado.

La To en promedio se incrementó ligeramente (+2.28), mientras que la Te en promedio disminuyó casi imperceptiblemente (-0.82) respecto al tratamiento 10 (raíces de camote que no recibieron el proceso de curado). Esto podría deberse a una reorganización de los gránulos de almidón por efecto del curado, y genera un menor rango de

temperatura de gelatinización en los almidones de camote curado. Estos resultados coinciden con lo reportado por Jyothi *et al.* (2011), quienes trabajaron con almidones de camote *annelado*.

Estudios anteriores han encontrado que el ANN incrementa las temperaturas de gelatinización ( $T_o$ ,  $T_p$ ,  $T_e$ ) y disminuye el rango de temperatura de gelatinización en todos los almidones (Jayakody y Hoover, 2008). Por lo que el curado podría ser considerado una tecnología que modifica los almidones de camote, incrementando la  $T_o$ ,  $T_p$ , disminuyendo ligeramente la  $T_e$  y disminuyendo el rango de temperatura de gelatinización.

#### 4. Conclusiones

Se determinó que la entalpía de gelatinización ( $\Delta H$ ) en el almidón de camote no varía por efecto del curado. Los almidones de camote que presentaron menor entalpía de gelatinización fueron los que recibieron el tratamiento de curado a 35 °C por 6 días. La temperatura pico de gelatinización ( $T_p$ ) del almidón de camote se incrementó en todos los tratamientos por efecto del curado, encontrándose que el factor tiempo tuvo un efecto significativo; a mayor tiempo, mayor  $T_p$ . La Temperatura inicial de gelatinización ( $T_o$ ) del almidón de camote se incrementó en promedio por efecto del curado, mientras que la Temperatura final de gelatinización ( $T_e$ ) disminuyó ligeramente en la mayoría de tratamientos. El rango de la temperatura de gelatinización ( $T_e-T_o$ ) disminuyó en todos los tratamientos por efecto del curado, encontrándose un efecto significativo de la temperatura y del tiempo, así como en su interacción (temperatura-tiempo) en relación indirecta. El tratamiento de curado 6 (4 días a 35 °C), reportó los mayores valores de  $T_p$ ,  $T_o$ ,  $T_e$ , el menor rango de gelatinización ( $T_e-T_o$ ), y la mayor

entalpía de gelatinización (16.77 J/g), características de almidones *annelados*. El curado podría ser considerado una tecnología que permitiría obtener almidones de camote modificados de características similares a las del ANN, con la ventaja de realizarse directamente en la raíz de camote, y prolongar el tiempo de vida útil de las raíces de camote (50 días). Además, el curado podría tener un valor potencial en el área comercial, ya que podrían evaluarse otros tratamientos de curado para crear nuevos productos del sector alimentario y no alimentario.

#### Referencias

- Chung, K.; Moon, T.; Chun, J. 2000. Influence of annealing on gel properties of mung bean starch. *Cereal Chem.* 77: 567–571.
- CIP (Centro Internacional de la papa, PE). 2010. Datos y cifras sobre camote. Lima. Publicación (en línea). Consultado 10 febrero 2015. Disponible en <http://www.cipotato.org/publications/pdf005519.pdf>
- Collado, L.; Mabesa, L.; Oates, C. 2001. Bihon-Type noodles from heat-moisture-treated sweet potato starch. *Journal of Food Science* 66(4): 604-609.
- FAOSTAT (Statistical Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations, IT). 2015. (en línea). Consultado 26 Febrero 2015. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>.
- Genkina, N.; Wasserman, L.; Yuryev, V. 2004. Annealing of starches from potato tubers grown at different environmental temperatures: Effect of heating duration. *Carbohydr. Polym.* 56: 367–370.
- Hernández-Medina, M.; Torruco-ucó, J.; Chel-Guerrero, L.; Betancur-Ancona, D. 2008. Caracterización físico-química de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 28(3): 718-726.
- Jacobs, H.; Delcour, J. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch, with retention of the granular structure: A review. *J. Agric. Food Chem.* 46(8): 2895-2905.
- Jayakody, L.; Hoover, R. 2008. Effect of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of starches from different botanical origins – A review. *Carbohydrate Polymers* 74: 691-703.
- Jyothi, A.; Sajeev, M.; Sreekumar, J. 2011. Hydrothermal modifications of tropical tuber

- starches – Effect of ANN on the physicochemical, rheological and gelatinization characteristics. *Starch* 63: 536-549.
- Miller, G. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31(3): 426-428.
- Mizuno, A.; Mitsui, M.; Motoki, M. 1998. Effect of crystallinity on the glass transition temperature of starch. *J. Agric. Food Chem.* 46: 98-103.
- Moorthy, S. 2002. Physicochemical and functional properties of tropical tuber starches: A Review. *Starch* 54: 559-592.
- Picha, D. 1986. Weight loss in sweet potato during curing and storage: Contribution of transpiration and respiration. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(6): 889-892.
- Rees, D.; Oorschot, V.; Kapinga, R. (Eds) 2003. Sweet potato post-harvest assessment: experiences from East Africa. International Potato Center. 124p.
- Ruales, J.; Carpio, C.; SantaCruz, S.; SantaCruz, P.; Bravo, J. 2000. Métodos de caracterización de carbohidratos. Escuela Politécnica Nacional de Quito, Quito, EC. 95p.
- Rubio, E. 2006. Mejora de la rentabilidad y competitividad del cultivo de camote (*Ipomoea batatas* (L.) lam.) de los pequeños agricultores al valle de Cañete. Instituto Rural Valle Grande, Cañete, Perú.
- Tarazona, G. 1995. Características físico-químicas y nutricionales de los almidones de seis clones de camote. (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Tesis Mag. Sc. Lima, Perú. UNALM. 113p.
- Tester, R.; Debon, S. 2000. Annealing of starch: a review. *International Journal of biological macromolecules* 27: 1-12
- Tester, R.; Ansell, R.; Snape, C.; Yusuph, M. 2005. Effects of storage temperatures and annealing conditions on structure and properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch. *International Journal of Biological Macromolecules* 36: 1-8.
- Tumwemire, S.; Kapinga, R.; Rubaihayo, P.; Labonte, D.; Wolfgang, G.; Burgos, G.; Felde, T.; Carpio, R.; Pawelzik, E.; Mwanga, R. 2011. Evaluation of dry matter, protein, starch, sucrose, b-carotene, iron, zinc, calcium and magnesium in East African sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] Germplasm. *Horticulture Science.* 46(3): 348-357
- Woolfe, J. 1992. Sweet potato: An Untapped food resource. Cambridge University Press, Cambridge. Great Britain. 600p.
- Yadav, A.; Guha, M.; Reddy, S.; Tharanathan, R.; Ramteke, R. 2007. Physical properties of acetylated and enzyme-modified potato and sweet potato flours. *Journal of Food Science.* 72(5): 249-253.

