

Caracterización de almidones aislados de camote sometido a diferentes tiempos de escaldado a partir de Espectroscopia de infrarrojo de transformación de Fourier

Hernández Pérez C.A.,^{a*} Martínez Monter P. A.,^a Guzmán Ortiz F. A.,^b Castro-Rosas J.,^a Rodríguez Marín M. L.,^b Jimenez Sanchez E.^a, Román Gutiérrez A.^a

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Ciudad del Conocimiento, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

^b CONACyT- Área Académica de Química, Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5, Ciudad del Conocimiento, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. crianakaren2594@gmail.com*

RESUMEN:

Ipomoea batatas, comúnmente llamada camote, pertenece a la familia Convolvulaceae. Suelen consumir distintas partes del tubérculo como: tallos, raíces y hojas (FAO, 2012). Debido a su alto contenido en nutrientes y compuestos bioactivos (Anastácio y Carvalho, 2013). Las raíces del camote se consumen en distintas presentaciones ya sea hervidas, horneadas, deshidratadas o fritas. El almidón al ser un carbohidrato principal de la raíz de camote, representa hasta aproximadamente el 80% de la materia seca; por lo que sigue siendo una de las materias primas más baratas para las industrias de almidón en todo el mundo (Zhu & Wang, 2014). El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del tiempo de escaldado y uso de ácido cítrico sobre la enzima polifenoloxidasas (PPO) presente en rodajas de camote de tres distintas variedades (blanca, amarilla y morada), así como los cambios causados en el almidón presente en ellas. Por medio de la espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FT-IR) se caracterizó a los almidones de las diferentes variedades de camote.

Palabras clave:

Camote, Almidón, Escaldado, Ácido cítrico, Polifenoloxidasas, Espectroscopía IR.

ABSTRACT:

Ipomoea batatas, commonly called sweet potato, belongs to the Convolvulaceae family. They usually consume different parts of the tuber such as: stems, roots and leaves (FAO, 2012). Due to its high content of nutrients and bioactive compounds (Anastácio and Carvalho, 2013). The roots of the sweet potato are consumed in different presentations, whether boiled, baked, dehydrated or fried (Zhu & Wang, 2014). Starch, being a main carbohydrate of the sweet potato root, represents up to approximately 80% of the dry matter; so it remains one of the cheapest raw materials for starch industries worldwide (Zhu & Wang, 2014). The goal of the current research work was to evaluate the effect of bleaching time and the use of citric acid on the enzyme polyphenoloxidase (PPO) present in slices of sweet potato of three different varieties (white, yellow and purple), as well as the changes caused in the starch present in them. Starting of infrared spectroscopy with Fourier transform (FT-IR) the starches of the different varieties of sweet potato were characterized.

Key words:

Sweet potato, Starch, Bleaching, Citric acid, Polyphenoloxidase, IR spectroscopy.

Área:

Frutas y hortalizas.

INTRODUCCIÓN

Los tubérculos son muy importantes para la alimentación por su alto contenido de energía que aportan al ser humano, entre los tubérculos más consumidos en todo el mundo, destacan: las patatas, camote, yuca, remolacha, entre otros. El camote es producto de una planta dicotiledónea con gran diversidad genética, originaria del X genocentro de origen de las plantas cultivadas en: México, América Central y las Antillas. (Linares et al., 2008; Folquer, 1978).

El camote es consumido ya sea de forma directa o para diversos procesos en la industria alimentaria (valorado por su contenido de almidón) (Truong et al., 2010). Durante el procesamiento de este tubérculo

suelen presentarse cambios en la coloración, desagradables para el consumidor, provocados por reacciones de oxidación catalizadas por la enzima polifenoloxidasas (PPO) (Guerrero et al., 2009).

Existen diversos métodos para inactivar a dicha enzima como el escaldado, debido a que el escaldado es un tratamiento térmico corto que involucra la exposición de los tejidos vegetales a alguna forma de calor, usualmente por exposición a vapor o agua caliente por un tiempo predeterminado a una temperatura específica, suelen presentarse cambios estructurales en el almidón que lo constituye (Moyano et al., 2007; Luh et al., 1988; Barret et al., 1995). En conjunto a este método pueden emplearse inhibidores enzimáticos como los acidulantes (ácido cítrico, málico y fósforico), agentes reductores, quelantes, entre otros. Los acidulantes son aplicados generalmente para mantener el pH por debajo del punto óptimo de la actividad catalítica de la enzima (Amiot, 1997).

Para la caracterización de los almidones se puede hacer uso de métodos espectroscopía infrarroja que proporcionan información valiosa para relacionar las propiedades fisicoquímicas, funcionales y de digestibilidad del polímero (Gilbert et al., 2013; Hasjim et al., 2013).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los espectros infrarrojos de los almidones aislados de camote blanco, morado y amarillo sometidos a 8, 10 y 12 minutos de escaldado; así como la inactivación de la PPO en dichas muestras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres variedades de camote (*Ipomea batata*) morado, blanco y amarillo se obtuvieron con un proveedor de la central de abastos provenientes del valle del mezquital, las cuales fueron seleccionadas, lavadas y cortadas a 0.3 mm de grosor con un cortador de papas convencional.

Escaldado ordinario

Se trabajó con dos lotes de cada variedad de los camotes; un lote fue sometido a inmersión en ácido cítrico 1% (p/v) durante un minuto antes del escaldado, el otro lote fue escaldado sin inmersión en ácido cítrico 1% (p/v) bajo las mismas condiciones de tiempo y temperatura que el lote anterior.

Para llevar a cabo el escaldado de las rodajas de camote de las distintas variedades se prosiguió de acuerdo a la metodología descrita por Woodroof (1988) y Holdsworth (1993). Se realizó una inmersión en agua a una temperatura de 90°C por un intervalo de tiempo de 2, 4, 6, 8, 10 y 12 minutos, seguido por inmersión en agua fría por 2 min.

Determinación de la actividad de la peroxidasa

Se realizó siguiendo la metodología descrita por Silva (1984) con modificaciones. En un tubo de ensayo se añadió la pulpa de camote previamente escaldada y homogeneizada (triturada en un mortero), se añadieron 5 mL de guayacol al 1% (v/v) y 5 mL de peróxido de hidrógeno y se dejó reposar por 3 minutos.

Obtención de harinas

Se realizó un secado de todos los lotes a 50°C en una estufa, durante 48 horas. Posteriormente se obtuvieron harinas de las muestras secas para la obtención del almidón.

Obtención del almidón

Para la extracción de almidón siguió el procedimiento descrito por la patente de Whistler (1998) con modificaciones. Se pesó 100 g de harina, la cual se suspendió en 500 mL de solución al 1% (p/v) de bisulfito de sodio (pH 4.5) en un frasco hermético, posteriormente se agitó constante durante 12 h a temperatura ambiente (25°C), transcurrido el tiempo, la mezcla se filtró a través de una malla 200 US. El residuo se lavó con agua destilada y el filtrado se centrifugó a 3500 rpm para remover la fibra en solución. Posteriormente, el residuo se resuspendió en agua destilada y centrifugó a 5000 rpm para precipitar el

almidón (este paso se repitió 3 veces). El residuo se filtró a través de una membrana de celulosa (Whatman N°1) y secó en un horno de convección a 40°C durante 12 horas.

Espectroscopia Infrarroja

Los espectros de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) se registraron usando un FTIR-Bruker Equinox 55 para regiones medias a IR. Las muestras se mezclaron con KBr (1:1000) y se comprimieron en tabletas. Se midieron en un rango de frecuencia de 400 a 4000 cm⁻¹ (Flores et al., 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inactivación de la polifenoloxidasas (PPO) y escaldado

La peroxidasa junto con la catalasa son las enzimas más termoresistentes y habitualmente son utilizadas como indicadores de la eficiencia del escaldado (Woodroof, 1988; Holdsworth, 1993). La cinética de desactivación enzimática está en función directa de la cinética de transferencia de calor que ocurre entre el medio de calentamiento y la superficie del producto, y luego dentro del propio producto (Ordoñez, 1996). En la **Tabla I** se observan los resultados obtenidos de diferentes tiempos de escaldado de distintas variedades de camote; la inactivación de la enzima PPO se logró a partir de los 10 minutos de escaldado.

Tabla I. Inactivación de la enzima polifenoloxidasas en las rodajas de camote escaldado sin tratamiento de ácido cítrico.

Variedad	Tiempos de escaldado (minutos)					
	2	4	6	8	10	12
Camote Blanco	X	X	X	X	*	*
Camote Morado	X	X	X	X	*	*
Camote Amarillo	X	X	X	X	*	*

X (No se inactivo la PPO) * (Inactivacion de la PPO)

En la **Tabla II** se muestra los diferentes intervalos de tiempo a los cuales el camote fue sumergido en la solución de ácido cítrico al 1% (p/v), actuando este como un inhibidor enzimático. Se observó que hasta los 6 minutos no se inactivó completamente la enzima sin embargo a los 8 minutos la enzima fue inactivada de manera eficiente.

Tabla II. Inactivación de la enzima polifenoloxidasas en las rodajas de camote escaldado con ácido cítrico al 1% (p/v).

Variedad	Tiempos de escaldado (minutos)					
	2	4	6	8	10	12
Camote Blanco	X	X	X	*	*	*
Camote Morado	X	X	X	*	*	*
Camote Amarillo	X	X	X	*	*	*

X (No se inactivo la PPO) * (Inactivacion de la PPO)

El ácido cítrico tuvo un efecto en la inactivación de la peroxidasa ya que disminuyó 2 minutos el tiempo de escaldado respecto a las muestras que no habían sido tratadas con ácido cítrico. La variación que existe en la inactivación en el tiempo de escaldado de 8 minutos (con las variables con y sin ácido cítrico) puede deberse a la interacción entre el inhibidor enzimático acidulante (ácido cítrico), que mantiene el pH por debajo del punto óptimo de la actividad catalítica de la enzima; y el efecto que induce el escaldado. (Amiot, 1997), por lo tanto se utilizaron 8, 10 y 12 min como tiempo de escaldado para ambos lotes (lotes con y sin ácido cítrico).

Espectroscopia Infrarroja

En el análisis de espectroscopia de infrarrojo, se observó la huella dactilar correspondiente al almidón que se encuentra en la región de 400 a 1250 cm^{-1} (Goheen et al., 1991) (**Figura 1-4**). En todos los espectros de los almidones de camote de variedad blanco, amarillo y morado se observaron tres picos en la región de la huella dactilar, a los que se atribuyen el estiramiento del enlace C-O. Las señales en 1419, 1338 y 2929 cm^{-1} representan la vibración de alargamiento del hidrógeno en relación al enlace carbono y flexión de metileno (Fang et al., 2002).

Además se observaron vibraciones de tensión de los enlaces de los grupos hidroxilo del almidón en la región de 3000-3600 cm^{-1} (García, et al., 2013; Liu, et al., 2014)

En los espectros de IR obtenidos para la variedad blanca y amarilla sin tratamiento con ácido cítrico (**Figura 1 y 4**) se encontró un acortamiento en el pico ubicado en el rango 500-700 cm^{-1} , que corresponden a las muestras de 12 minutos de escaldado, en comparación al pico de la muestra sin tratamiento, posiblemente asociado al tratamiento térmico realizado.

El espectro de IR del almidón de camote de variedad morada con tratamiento de ácido cítrico presentó diferencias en la región de la huella dactilar, ya que la muestra de 12 minutos mostró el alargamiento del pico en 680 cm^{-1} en comparación con la muestra sin tratamiento (**Figura 3**). Asociado con la disminución del pH y el tiempo de exposición al tratamiento térmico prolongado provocando posiblemente la ruptura del complejo entre el grupo acilo de las antocianicas y la amilosa que provee termoestabilidad (Kim et al., 2012; Acevedo, 2004).

En los espectros de IR del almidón de camote de variedad blanca y amarilla con tratamiento de ácido cítrico no presentaron diferencias en la tendencia de los picos respecto a los obtenidos en las muestra sin tratamiento.

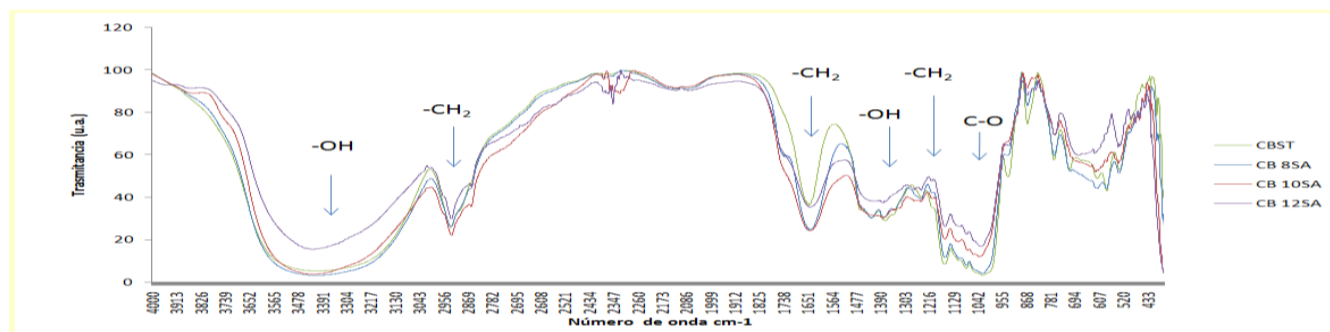


Figura 1. IR de almidón de camote blanco sin tratamiento con ácido cítrico. Almidón de camote blanco sin tratamiento (CB ST), almidón de camote blanco con 8 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CB 8SA), almidón de camote blanco con 10 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CB 10SA) y almidón de camote blanco con 12 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CB 12SA).

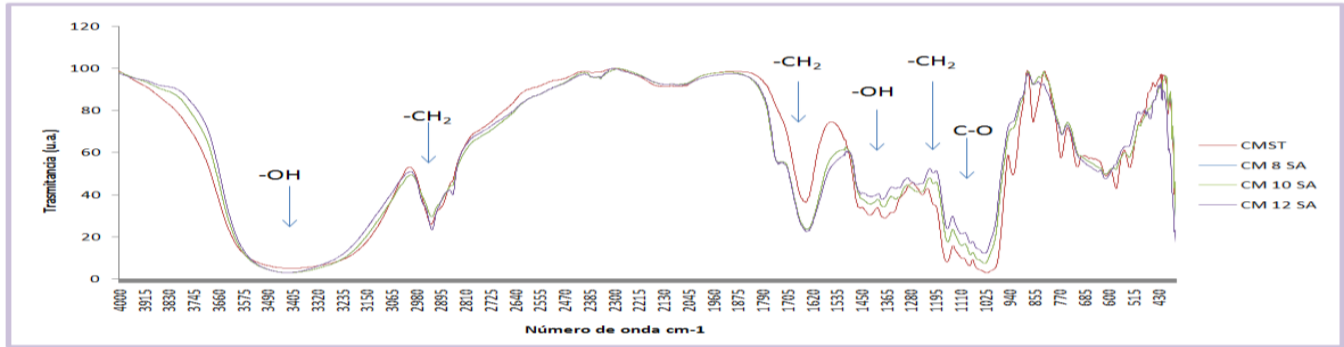


Figura 2. IR de almidón de camote morado sin tratamiento con ácido cítrico. Almidón de Camote morado sin tratamiento (CM ST), almidón de camote morado con 8 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CM 8SA), almidón de camote morado con 10 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CM 10SA) y camote morado con 12 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CM 12SA).

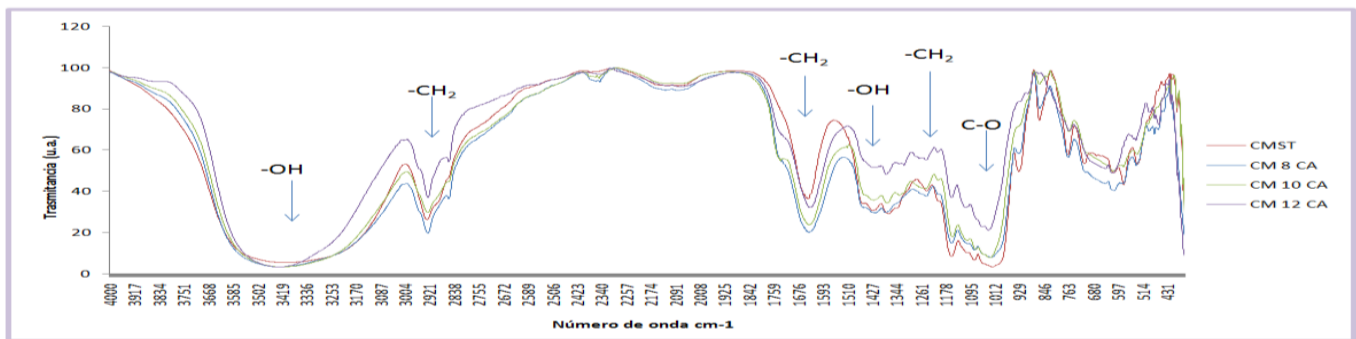


Figura 3. IR de almidón de camote morado con tratamiento de ácido cítrico. Almidón de camote morado sin tratamiento (CM ST), almidón de camote morado con 8 minutos de escaldado con tratamiento de ácido cítrico (CM 8CA), almidón de camote morado con 10 minutos de escaldado con tratamiento de ácido cítrico (CM 10CA) y almidón de camote morado con 12 minutos de escaldado con tratamiento de ácido cítrico (CM 12CA).

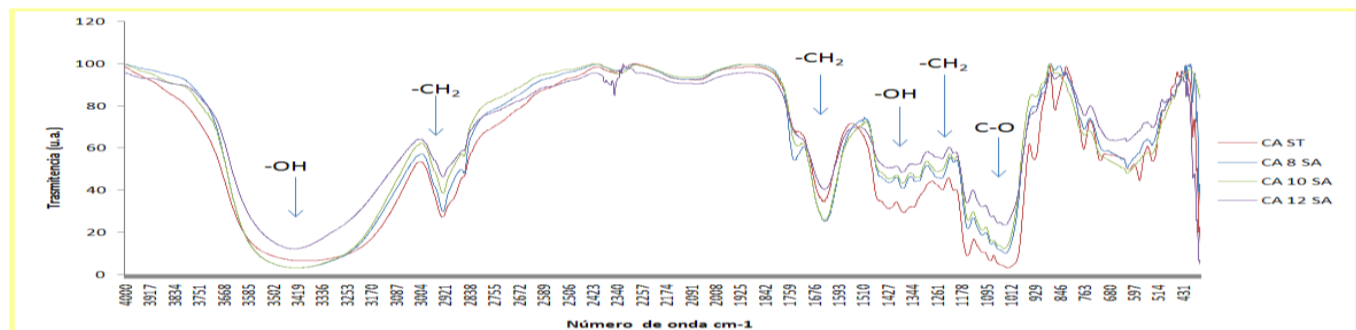


Figura 4. IR de almidón de camote amarillo sin tratamiento con ácido cítrico. Almidón de camote amarillo sin tratamiento (CA ST), almidón de camote amarillo con 8 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CA 8SA), almidón de camote amarillo con 10 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CA 10 SA) y almidón de camote amarillo con 12 minutos de escaldado sin tratamiento con ácido cítrico (CA 12SA).

CONCLUSIÓN

El tiempo de escaldado efectivo para la inactivación completa de la enzima polifenoloxidasas en todas las muestras de camote de las distintas variedades fue de 10 minutos; las muestras que se sometieron a inmersión en ácido cítrico antes del escaldado presentaron la inactivación efectiva de la enzima polifenoloxidasas a los 8 minutos de escaldado.

A partir de la presencia de los grupos funcionales carbonilo e hidróxilo en los espectros de infrarrojo con transformada de Fourier se verificó que en el almidón de camote blanco y amarillo sin tratamiento con ácido presentaron cambios respecto al almidón sin tratamiento en cada variedad. El almidón de camote morado sin tratamiento con ácido no presentó cambios notables causados por el tratamiento térmico debido a que posiblemente existe una interacción entre el grupo acilo de las antocianinas y la amilosa.

BIBLIOGRAFÍA

- Anastácio, A., & Carvalho, I. S. (2013). Spotlight on PGI sweet potato from Europe: Study of plant part, time and solvent effects on antioxidant activity. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 628–637.
- Amiot M.J., *Phytochemistry of fruits and vegetables* (1997). Phenolic compounds and oxidative mechanisms in fruit and vegetables, Oxford: Clarendon Press. 51-85.
- Acevedo E., Ottenhof M., Farhat MI, López O., Ortíz J. y Bello. L.(2004).Efecto de la nixtamalización sobre las características moleculares del almidón de variedades pigmentadas de maíz. *Interciencia*. 643.
- Barret, D.M y Theerakulrait, C.(1995). Quality indicators in blanched, frozen, stored vegetables. *Food Tech*. 49 (1): 62-65.
- Burnette, F.S(1977). Peroxidase and its relationship to food flavour and quality: areview. *J. Food Sc*. 44: 1-6.
- Fang J. M., Fowler P. A., Tomkinson J. y Hill C. A. (2002). The preparation and characterization of a series of chemically modified potato starches. *Carbohydrate Polymers*. 47: 245-252.
- Flores M. A., Jiménez E. M. y Mora E.. R. (2012). Determination of the structural changes By FT-IR, Raman and CP/MAS 13 C NMR spectroscopy on retrograded starch of maize tortillas. *Carbohydrate Polymers*. 87(1), 61- 68.
- Folquer, F. (1978). La batata (Camote). 1st ed. Buenos Aires: Editorial Hemisferio Sur, pp.5-8
- García Y., López C., Pérez J., Rendón R., Jiménez A., Flores E., Solorza J., Bastida C. (2013). Physicochemical and mechanical properties of extruded laminates from native and oxidized banana starch during storage". *LWT Food Science and Technology*. 54. pp. 447-455.
- Goheen, S.M. y Wool. R.P. (1991). Degradation of polyethylene starch blends in soil. *J. Appl. Polym. Sci*. 42:2691-2701.
- Guerrero, C.(2009). Inhibición de la actividad enzimática de la polifenoloxidasas extraída del banano (Caven-dishvalery) mediante sistemas bifásicos acuoso con iospintanol y ácido ascórbico. Universidad Nacional de Combia. Colombia:195
- Halpin B.E y Lee, C.Y. (1987). Effect of blanching on enzyme activity and quality changes in greans peas. *J. Food Sc*. 52: 1002-1005.
- Holdsworth, S.D. (1993). Congelación y refrigeración. Manual de industrias de los alimentos. Raken, M.D. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 475-498.
- Kim, H. W., Kim, J. B., Cho, S. M., Chung, M. N., Lee, Y. M., Chu, S. M., Lee, D. J. (2012).Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affect-ed by steaming and baking. *Food Chemistry*, 130, 966–972.
- Linares, E., Ramírez D. and Pereda-Miranda, R. (2008). El camote. *CONABIO*, [online] 81, pp.11-15
- Liu J., Wang B., Lin L., Zhang J., Liu W., Xie J., Ding Y. (2014) Functional, Physicochemical properties and structure of crosslinked oxidized maize starch. *Food Hydrocolloids*. 36. pp. 42-52.

Luh, B.S. y Lorenzo, M.C. (1988). Freezing of vegetables. Commercial vegetable processing. Van Nostrand Reinhold, New York. pp. 342-386.

Moyano P., Troncoso E. y Pedreschi F. (2007). Modeling texture kinetics during thermal processing of potato products. *J. Food Sci*: 7- 102.

Ordoñez, J. (1996). Determinación y evaluación del coeficiente convectivo de transferencia de calor en procesos continuos de escaldado e hidrogenfriado. Tesis Lic. en Ing. en Alimentos. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 154 p.

Silva,E. (1984). Estudo da Actividade da Polifenol oxidase e da Peroxidase em algumas frutas e hortaliças. Piracicaba, 76 (1): 43-51.

Somogyi, L.P y Luh, B.S. (1988). Vegetable dehydration. In: Commercial vegetable processing. Luh, B.S. and Woodroof, J.G. Van Nostrand Reinhold, New York. pp. 397-473.

Truong V. y Avula R. (2010). Sweet potato purees and dehydrated powders for functional food ingredients.

Whistler RL y Daniel JR. (1998). Molecular structure of starch. Whistler RL, Bemiller JN y Paschall EF editors. Starch: Chemistry and Technology. New York, U.S.A: Academic Press. 154-180

Whitaker, J. (1972). Principles of enzymology for the Food Sciences. Editorial Marcel Dekker. New York. Vol 2: 592-615.

Woodroof, J.G. (1988). Preparing vegetables for processing. In: Commercial vegetables processing. AVI Book, Van Nostrand Reinhold. New York. pp: 175- 192.

Zhang S., Zhang Y., Wang X., Wang Y. (2009). High carbonyl content oxidized starch prepared by hydrogen peroxide and its thermoplastic application. *Starch 61*. pp. 646-655.

Zhu, F., & Wang, S. (2014). Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweet potato starch. *Trends in Food Science & Technology*, 36, 68–78.