

CARACTERIZACION DE PECTINAS OBTENIDAS DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIALIZACION DEL TOMATE Y DE PECTINAS COMERCIALES

Matías M. Alancay¹, Manuel O. Lobo² & Laura B. Iturriaga¹

(1) CITSE-CONICET-Universidad Nacional de Santiago del Estero. Laboratorios Centrales-ala Norte- Ofic. 1 - Ruta Nac. 9 Km 1125 - Villa El Zanjón. Santiago del Estero, Argentina.

matiasalancay@yahoo.com

litur@unse.edu.ar

(2) Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de Jujuy. Av. Italia esq. Martiarena, San Salvador de Jujuy, Argentina.

mlobo@fi.unju.edu.ar

RESUMEN: El estudio de residuo de la industrialización de tomate (RIT), integrado por cáscaras y semillas, está basado en sus componentes. La pectina, es el componente de mayor contenido e importancia para la industria alimentaria. El objetivo del presente trabajo fue extraer y caracterizar la PERIT y comparar sus propiedades frente a pectinas comerciales de alto metoxilo (PAM) y bajo metoxilo amidada (PBMA). Se determinó: rendimiento de extracción por hidrólisis ácida y alcalina; composición química; grado de esterificación (%GE) por titulación con NaOH 0,25N; contenido de ácido galacturónico (%AGA) por espectrofotometría con *m*-hidroxidifenil. El método de extracción por hidrólisis ácida presentó el mayor rendimiento (30% bs). La composición de la PERIT reveló un contenido de carbohidratos del 68,1% y junto con %AGA, que mostró el siguiente orden: PAM>PERIT>PBMA, la fracción diferente a la PERIT fue menor al 4,5%. El GE fue 74,25, 58,3 y 55,9% para PAM, PERIT y PBMA, respectivamente. Los estudios realizados en la PERIT muestran al RIT como una fuente potencial no convencional de pectina, agregando valor a la cadena de la industrialización del tomate. Palabras claves: pectina, esterificación, pureza.

1. INTRODUCCIÓN

Las pectinas son polímeros de ácido galacturónico unidos por enlaces α -D-(1,4) que integran las zonas homogalacturónicas mientras que en las zonas heterogalacturónicas los enlaces están interrumpidos por unidades de ramnosa y/o xilosa ramificados con azúcares simples. A su vez, por el GE de la cadena homogalacturónica se clasifican en PAM, (GE>50%) y PBM (GE<50%), parcialmente esterificado con grupos metoxilos. Las PBMA no son de origen natural y se obtienen a partir de PAM sometidas a medios heterogéneos de alcohol con amonio (Koubala, 2008).

La pectina es empleada por la industria alimentaria por sus propiedades funcionales como capacidad gelificante, espesante y estabilizante. Por otro lado presenta propiedades fisiológicas como: efecto antidiarreico y regulador de la absorción de

azúcares, la respuesta insulínica y de la biodisponibilidad de lípidos (Voragen, 2009).

Actualmente, las pectinas comerciales provienen de fuentes convencionales como el albedo de las cáscaras de naranjas y el orujo de manzana de la elaboración de jugos cítricos y sidras, respectivamente. Otra fuente, es la pulpa de remolacha azucarera cuyo rendimiento es comparable a las convencionales pero de diferente DE (Xu y col., 2012). Entre las fuentes no convencionales y en estudio se encuentran las cáscaras de durian, bananas (Vasquez, 2008), cacao (Mollea, 2008), mango (Koubala, 2008) y de girasol (Iglesias, 2003) entre otras.

Los métodos de extracción empleados pueden ser por arrastre con agua o soluciones salinas; agentes secuestrantes de iones Ca^{2+} como EDTA, CDTA o hexametáfosfato o por hidrólisis ácida o alcalina que liberan las protopectinas (pectinas en la lamela media) y la solubilizan. La obtención de pectinas comercial a nivel industrial se realiza bajo condiciones

ácida controladas (Fig. 1), de esta manera se evita la pérdida de polimerización al ser sometida a condiciones alcalinas. Las condiciones empleadas son pH alrededor 2,0; altas temperaturas 60-100°C y relaciones materia prima:solvente alrededor de 1:20.

El tomate es la hortaliza que mayor superficie ocupa en el territorio argentino, 12.567 Ha (Nakama, 2006), su industrialización emplea entre 35-40% de la producción total y a la vez genera residuos importantes, aproximadamente 4% de la materia prima. Estos residuos se componen principalmente de piel y semilla (Foro Federal Hortícola, 2000; Montaña, 2008) y su único fin es la alimentación de animales de campo, principalmente cerdos, ignorando de esta manera el valor de su composición.

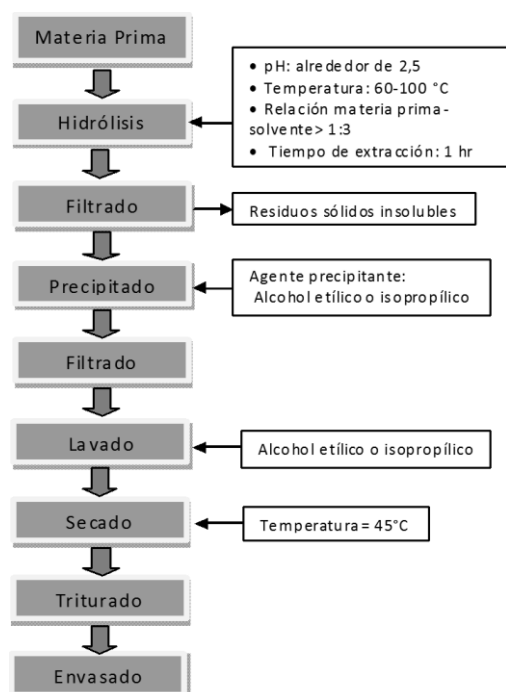


Figura 1. Diagrama de flujo del método de extracción de pectinas.

La composición química del tomate entero revela un contenido importante de hidratos de carbono (HC; 4,1%) y, en este, su contenido de HC no digeribles (HCnD; 1,46%) los cuales se caracterizan por su gran capacidad de absorción de agua y por otorgar características estructurales al fruto. Finalmente integrando una fracción de los HCnD denominada HCnD solubles se encuentran las pectinas, entre otros polisacáridos (Sila, 2009).

Por la importancia que tiene la producción y la posibilidad de un desarrollo agroindustrial que

representa la utilización del RIT, el objetivo del trabajo fue extraer y caracterizar PERIT y evaluarla frente a PAM y PBMA comerciales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

El RIT, con °Brix de 5,7 a 20,8°C, fue provisto por la empresa OTITO S.A.I.C en San Pedro de Jujuy-Provincia de Jujuy. Se almacenó a -18 °C en bolsas de polietileno de alta densidad al vacío, hasta el inicio de los análisis correspondientes. La empresa procesadora trabaja con tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad perita.

Las pectinas comerciales empleadas fueron de origen cítrico, PAM 105 RS y PBMA LM-104 AS provistas por CP KELCO y comercializadas por GELFIX Argentina S.A.

2.2 Ajuste de los parámetros de extracción de PERIT

El método usado fue el propuesto por Vazquez (2008), se empleó 15 g de RIT a la que se le agregó agua destilada necesaria para alcanzar las relaciones materia prima-agua 1:10, 1:20 y 1:40. Se llevó a pH 2 con HCl concentrado y la extracción se realizó a 85°C durante 60 min. Luego de filtrar las mezclas, se enfrió el sobrenadante hasta alcanzar temperatura ambiente y las pectinas fueron precipitadas agregando alcohol etílico al 96%. El precipitado se filtró y se lavó con 2 volúmenes de alcohol etílico al 50%. Finalmente se secó a 45°C hasta peso constante.

Una vez determinada la relación óptima materia prima-agua, se mantuvo fija y se ajustó el pH de extracción utilizando valores de 3,0; 2,0 y 1,5 a 85°C durante 60 min. Para determinar la temperatura de extracción se mantuvieron fijas las condiciones ya optimizadas y se trabajó a temperaturas de 65, 75 y 85 °C durante 60 min. Los resultados obtenidos para cada ajuste se expresaron en porcentaje respecto al RIT mediante la ecuación 1.

$$\% PERIT = \frac{m_{PERIT\ seca}}{m_{RIT\ seca}} \times 100 \quad (1)$$

Donde $m_{PERIT\ seca}$ es masa de la PERIT (gr) y $m_{RIT\ seca}$ es la masa de la RIT (gr).

2.3 Propiedades Físicoquímicas

2.3.1 Composición química

Se determinó el contenido de humedad, proteína (N x 6,25), cenizas y lípidos según métodos AOAC (1995) de la diferentes pectinas.

2.3.2 Curva potenciométrica

Se determinó el perfil potenciométrico de cada muestra mediante un pHmetro digital (marca LaMott) por el método propuesto por Osamu (2012) con algunas modificaciones. Las soluciones de pectinas fueron disueltas a 25°C en agua descarbonatada para su titulación potenciométrica a igual temperatura con NaOH 0,25 N.

2.3.3 Grado de esterificación (%DE)

Se determinó por el método propuesto por Shigthong (2004) con algunas modificaciones. Teniendo en cuenta el punto de equilibrio (pEq) de las muestras proporcionado por su perfil potenciométrico. El método consistió en una doble titulación con NaOH 0,25N, antes y después de su saponificación y neutralización respectivamente, hasta alcanzar el pEq de las muestras en cada titulación. El DE fue calculado mediante la ecuación 2.

$$\% DE = \frac{V_2}{(V_1 + V_2)} \times 100 \quad (2)$$

Donde V_1 y V_2 son el volumen inicial (mL) y final de titulación antes y después la saponificación (mL), respectivamente.

2.3.4 Contenido de ácido galacturónico (%AGA)

El % AGA fue determinado de acuerdo al método espectrofotométrico propuesto por Ibarz (2006). Se hidrolizó las pectinas con ácido sulfúrico concentrado y se cuantificó el ácido galacturónico por reacción con m-hidroxidifenil con el que forma un complejo coloreado que absorbe a 520 nm, mediante la ecuación 3.

$$\% AGA = \frac{C_{PRIT} \times V_{PRIT} \times d_{PRIT}}{1000 \times m_{PRIT}} \times 100 \quad (3)$$

Donde C_{PRIT} (mg/ml), V_{PRIT} (ml), d_{PRIT} y m_{PRIT} (g) son la concentración, volumen de dilución, el factor de dilución y la masa de la PERIT.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Ajuste de parámetros en la extracción de PERIT

La tabla 1 muestra que el rendimiento de extracción fue mayor con el incremento del contenido de agua disponible para la solubilización de la PERIT. Al emplear relaciones mayores a 1:20 no se observó cambio en el rendimiento de extracción. El bajo rendimiento para una relación 1:10 podría ser debido a la insuficiencia del solvente para la solubilización de las pectinas. Estudios realizados por Monsoor (2001) y Untiveros Bermúdez (2003) en diferentes fuentes de origen vegetal encontraron la mejor relación en 1:20 para la extracción de pectinas en cáscaras de soja y manzana entera, respectivamente.

Tabla 1: Efectos de la relación RIT:agua en el rendimiento de extracción de la PERIT.

	Relación RIT:agua (g/ml)		
	1:10	1:20	1:40
% PERIT	28,00±0,25	29,99±1,29	28,98±0,93

Condiciones de extracción: pH: 2,0; t: 85°C.

Los datos son promedios±desviación estándar de tres determinaciones.

La Tabla 2, muestra que el rendimiento de extracción fue mayor con la disminución del pH, sin embargo, no se observó un mayor incremento al emplear pH más bajos. La constancia en el rendimiento de extracción se debe a que a bajos pH la pectina se hidroliza durante su procesamiento térmico, dicho mecanismo de degradación se potencia cuando la pectina presenta un bajo DE (Sila, 2009). Estudios realizados por Mollea (2008) y Kulkarni (2010) en cáscaras de cacao y maracuyá encontraron máximos rendimientos de extracción al trabajar a pH 2,0. Por este motivo se decidió extraer la PERIT a pH 2,0.

Tabla 2: Efectos del pH en el rendimiento de extracción de la PERIT.

	pH de extracción		
	1,50	2,00	3,00
% PERIT	30,48±0,40	29,99±1,29	27,02± 0,75

Condiciones de extracción: RIT/agua 1:20; t: 85°C

Los datos son promedios±desviación estándar de tres determinaciones.

La Tabla 3 muestra el rendimiento de extracción de la PERIT, el cual, aumentó desde 25,91% al incrementar la temperatura alcanzando un máximo de 29,99% a 85°C. La disminución del rendimiento de extracción es debido al procesamiento térmico y al pH empleado conlleva cambios preponderantes en el grado de

polimerización debido a degradaciones por reacciones de β -eliminación (Sila, 2009). Estudios realizados por Qiu (2010), determinaron un máximo en el rendimiento de extracción de pectinas de cáscara de banana empleando temperaturas alrededor de 85°C. Por su parte, los trabajos realizados por Monsalves (2009) y Kulkarni (2010) encontraron una gran disminución en el DE de las pectinas extraídas tanto en uvas enteras al emplear temperaturas de 90°C como en cáscaras de maracuyá con altos pesos moleculares y DE empleando temperaturas entre 80-90°C, respectivamente. Establecidos los parámetros de extracción (pH, temperatura y relación RIT - agua) se procedió a obtener la PERIT siguiendo las operaciones descriptas por la figura 1.

Tabla 3: Efectos de la temperatura en el rendimiento de extracción de la PERIT.

	Temperatura de extracción		
	65 °C	75 °C	85 °C
% PERIT	25,91±0,55	26,89±1,19	29,99±1,29

Condiciones de extracción: pH 2,0; RIT/agua 1:20
Los datos son promedios±desviación estándar de tres determinaciones.

3.2 Propiedades Físicoquímicas

3.2.1 Composición química

La Tabla 4 muestra la composición química de las muestras estudiadas. La PERIT presentó un contenido de cenizas superior (5,62%) a las demás muestras, las cuales no superan el 2%. Por otra parte, el % proteína de la PBMA y la PERIT fueron prácticamente iguales y superiores a la PAM. Sin embargo, se deberá tener en cuenta que el contenido de nitrógeno para las PBMA proviene tanto de proteínas como de las amidas y por lo tanto el valor de proteínas informado es excesivo.

La diferencia en la composición química entre la PERIT y las pectinas comerciales podría ser debido a la naturaleza de las materias primas de origen. El tomate es una hortaliza que se caracteriza por tener mayor contenido en cenizas y proteínas respecto a frutas, como los cítricos (Universidad Nacional de Lujan, 2011).

Tabla 4: Composición química de las pectinas.

	PERIT	PAM	PBMA
Humedad	12,95±0,35	7,25±0,17	6,36±0,17
Proteínas	11,98±0,11	3,24±0,09	12,11±0,03
Cenizas	5,62±0,075	1,54±0,15	1,92±0,04
Lípidos	1,39±0,20	1,73±0,03	0,61±0,12

Los datos son promedios±desviación estándar de tres determinaciones.

Un segundo factor podría ser un mejor proceso de purificación de las pectinas comerciales

mediante centrifugación, diálisis, lavados con alcohol (50-75%), entre otros.

Por otra parte, la PBMA presentó un mayor porcentaje de proteínas y cenizas que la PAM. Estas características podría deberse en el primer caso, como ya se explicó, al proceso obtención de las PBMA mediante la modificación química de PAM en sistemas heterogéneos de agua y alcohol-acetato de amonio (amidación) para finalmente ser precipitadas mediante iones calcio. En el segundo caso el porcentaje de cenizas y proteínas podría ser debido a los lavados con alcohol diluido en agua que se realizan a las pectinas precipitadas en la etapa de lavado.

La composición química es una variable importante en la evaluación de las propiedades funcionales de las pectinas. Algunos autores consideran importante la presencia de proteínas ya que tendrían un efecto sinérgico con pectinas en la estabilidad de emulsiones o/w con pectinas; así como la presencia de iones podría modificar las propiedades funcionales (Funami, 2011). Por ello, la pureza determinada en la PERIT se tendrá en cuenta en la evaluación de sus propiedades funcionales.

3.2.2 Perfil potenciométrico

La titulación potenciométrica dio información del cambio de potencial de las soluciones de pectina después de agregar una solución alcalina.

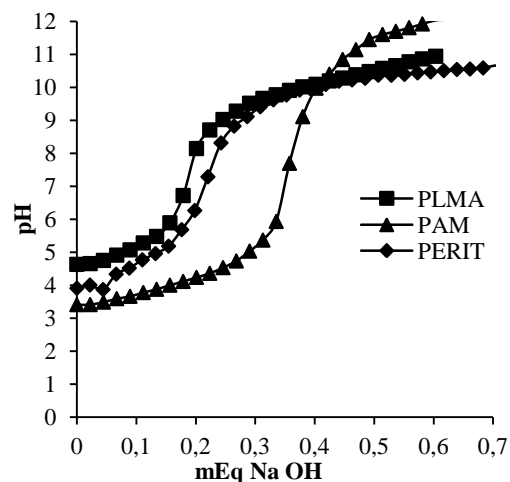


Figura 2. Curvas de titulación de PLMA, PAM y PERIT.

La Fig. 2 mostró puntos de equilibrio (pEq) a 7,7; 8,14 y 8,31, para la PAM, PBMA y PERIT, respectivamente. La diferencia presente entre la PBMA y PAM se debe a la presencia de grupos amidas que aumenta la basicidad de la PBMA.

Para esta última, las amidas se hidrolizaron en medio básico aumentando los grupos carboxilos debido al consumo los grupos OH⁻ y con ello la producción bases débiles como el NH₃, de esta manera para alcanzar el Peq se empleó un mayor número de mEq de NaOH (Griffin, 1981).

En cuanto a la PERIT, su alto pEq se debe a los grupos carboxilos libres y posiblemente a la presencia de un alto contenido en proteínas.

3.2.3 Caracterización del %AGA y %DE

La Tabla 5 muestra el %AGA de la PERIT (63,93%) entre los valores que presentan las pectinas comerciales (PAM y PLMA).

Tabla 5: Contenido de Acido Galacturónico (%AGA) y Grado de esterificación (%GE)

	AGA (mg/gr)	GE (%)
PERIT	63,93±0,70	58,31±1,64
PAM	80,93±2,31	76,84±0,5
PBMA	59,51±1,10	55,90±5,81

Los datos son promedios±desviación estándar de tres determinaciones.

Por otra parte, teniendo en cuenta el contenido de humedad, proteínas y cenizas en PERIT, PAM y PBMA (tabla 4) tan solo un 4,13; 5,13 y 19,16% correspondería a otros compuestos distintos a PERIT, PBMA y PAM, respectivamente. Los azúcares simples podrían integrar aquellos compuestos distintos a la pectina, debido a que las PBMA y PAM se encuentran estandarizadas con sacarosa (CPKelco, 2013), mientras que en la PERIT podrían encontrarse: azúcares simples, oligosacáridos y/u otros polisacáridos.

El %AGA en PERIT fue muy próximo a otra fuente convencional como: manzana entera donde Untiveros Bermúdez (2003) determinó un contenido de AGA de 76,30% a pH 1,6. Con respecto a fuentes no convencionales estos fueron próximos o superiores según los estudios realizados por Moonsor (2001) donde informaron que la extracción de pectina de cáscaras de soja a pH 2 contenía 68 % AGA; Vasquez (2008) determinaron 12,72 %AGA en pectinas de cáscaras de banana y Mollea (2008) determinaron un contenido de 8% AGA en pectinas de cáscaras de cacao.

El %GE de la PERIT fue apenas superior al 50%, ubicándola en el límite de división entre las pectinas de PAM y PBM. Por otro lado, teniendo en cuenta los valores de %GE y %AGA, la PERIT poseen un %AGA sin esterificar similar a la PBMA por ello sus pEqs están muy próximos entre sí, siendo apenas superior para la PERIT. La PAM tiene un contenido de AGA del 81% y está esterificado

en un 77% por lo que el contenido de grupos carboxilos a neutralizar es menor así como el consumo de mEq NaOH.

Los °Brix o porcentaje de sólidos disueltos del RIT es también un indicador de los efectos realizados por las enzimas presentes, poligalacturonidasas y pectinmetilesterasas, de esta manera a mayores °Brix las enzimas han tenido un efecto importante en la despolimerización y desesterificación de la pectina. En este sentido, el valor de °Brix de la PERIT (°5,7), la acción de la pectinmetilesterasa sería la responsable de su DE (Van Buren, 1991). Estudios realizados por Sharman (1998) muestran la disminución de la capacidad gelificante así como el rendimiento de extracción, de pectinas provenientes de tomates enteros, para °Brix próximas a 4,1.

El %DE determinado en la PBMA fue superior al 50%. Esto se debe a la deseamidación de las pectinas durante su saponificación, lo que llevó a un aumento de grupos carboxilos que fueron cuantificados durante la segunda titulación (Pasto, 2003).

4. CONCLUSION

Los estudios realizados presentaron un máximo rendimiento de extracción de la PERIT al emplear pH 2,0, relaciones RIT:agua 1:20 (g/ml) y temperatura de extracción de 85°C. La composición química de la PERIT reveló, principalmente, altos contenidos de proteínas y cenizas respecto a las PAM y PBMA. Estos valores podrían ser reducidos mediante la implementación de métodos de purificación en las pectinas dispersas en agua (solvente) o precipitadas. El %AGA en la PERIT fue menor a las PAM, sin embargo muy similar e incluso superior a otras fuentes convencionales y no convencionales. Finalmente, el DE de la PERIT (apenas superior a la zona límite) la clasificó como una de pectina de AM y, junto con %AGA, las soluciones de dicha pectinas fueron más ácidas que las PBMA. Actualmente, se están llevando a cabo, en la PERIT, PAM y PBMA, la determinación de propiedades viscosantes, moleculares y reológicas que permitan definir el comportamiento, PAM o PBM, que manifiesta la PERIT.

5. REFERENCIAS

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), *Official methods of analysis of the AOAC 16th*, Association of Analytical Communities, Arlington, USA, 1995.

- CPKelco, Product data sheet, www.cpkelco.com, 2013.
- Foro Federal Hortícola, Producción hortícola a campo estimada por provincia y especie por tonelada, <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0/programas/dma/hortalizas/produccion.php>, 2012.
- Funami, T., M Nakauma, S. Ishihara, R. Tanaka, T. Inoue & G. O. Phillips, Structural modifications of sugar beet pectin and the relationship of structure to functionality, *Food Hydrocolloids*, 25, 221-229, 2011.
- Griffin Jr., R. W., *Química Orgánica Moderna*, Ed Reverté s.a. Barcelona, España, 1981.
- Ibarz, A., A. Pagán, F. Tribaldo & J. Pagán, Improvement in the measurement of spectrophotometric data in the m-hydroxydiphenyl pectin determination methods, *Food Control*, 17, 890-893, 2006.
- Iglesias, M. T. & J. E. Lozano, Extraction and characterization of sunflower pectin, *Journal of Food Engineering*, 62, 215-223, 2003.
- Koubala, B. B., G. Kansci, L. I. Mbome, M.-J. Crépeau, J.-F. Thibault, y M.-C. Ralet, Effect of extraction conditions on some physicochemical characteristics of pectins from “Amélie” and “Mango” mango peels, *Food Hydrocolloids*, 22, 1345-1351, 2008.
- Kulkarni, S.G. & P. Vijayanand, Effect of extraction conditions on the quality characteristics of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*), *LWT (Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie) - Food Science and Technology*, 43, 1026-1031, 2010.
- Qiu L.-P., G.-L. Zhao, W. Hui, J. Lu., X. Li & J.-J. Liu. Investigation of combined effects of independent variables on extraction of pectin from banana peel using response surface methodology, *Carbohydrate Polymers*, 80, 326-331, 2010.
- Mollea C., F. Chiampo & R. Conti, Extraction and characterization of pectins from cocoa husks: A preliminary study, *Food Chemistry*, 107, 1353-1356, 2008.
- Monsalves F. C., L. N. López & M. J. C. Cruz, Extracción de pectinas de *Vitis Labrusca CV*. Concord para producir jaleas, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile, 2009.
- Monsoor, M. A. & A. Proctor, Preparation and functional properties of soy hull pectin, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 709-713, 2001.
- Montaña C. H., Productos, extractos y subproductos del tomate como nuevos ingredientes alimentarios, http://www.ucm.es/info/otri/complutecno/fichas/tec_mcamara1.htm, 2012.
- Nakama, M. & F. J. Lozano, La situación del mercado del tomate en la Argentina. www.infofrut.com.ar, 2006.
- Pasto D. J. & C. R. Jhonson, *Determinación de Estructuras Orgánicas*, Editorial Reverté, Barcelona, España, 2003.
- Piombino P., F. Sineso, E. Moneta, M. Cammareri, A. Genovese, M. T. Lisanti, M. R. Mogno, M. Pepario & P. Termolino, Investigating physicochemical, volatile and sensory parameters playing a positive or a negative role on tomato liking. *Food Research International*, 50, 409-419, 2013.
- Sharma S. K., A. Liptay & M. L. Maguer, Molecular characterization, physico-chemical and functional properties of tomato fruit pectin. *Food Science and Technology*, 30, 543-547, 1998.
- Singthong, J.; S. W. Cui, S. Ningsanond & D.H. Goff, Structural characterization, degree of esterification and some gelling properties of Krueo Ma Noy (*Cissampelos pareira*) pectin. *Carbohydrate Polymers*, 58, 391-400, 2004.
- Sila D. N., S Van Buggenhout, T. Duvetter, I. Fraeye, A. De Roeck, A. Van Loey & M. Hendrickx, Pectins in Processed Fruits and Vegetables: Part II-Structure-Function Relationships. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8, 86-104, 2009.
- Tabla de composición de los alimentos. <http://www.unlu.edu.ar/~argenfood/Tablas/Tabla.htm>, 2012.
- Untiveros Bermúdez G. S., Obtención y caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac. San Martín de Porres. *Revista Sociedad Química de Perú*, 69, 155-162, 2003.
- Van Buren J. P., *The chemistry and technology of Pectin*, Editorial Academic Press Limited, San Diego, California, 1991.
- Vasquez, R., L. Ruesga, R. D'addosio, G. Páez y M. Marín. Extracción de pectina a partir de la cascara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón, *Revista Científica y Humanísticas de la Universidad de Zulia*, 25, 318-333, 2008.
- Voragen A. G. J., G.-J. Coenen, R. P. Verhoef & H. A Schols, Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls, *Structure Chemical*, 20, 263-275, 2009.
- Xu, D., X. Wang, J. Jiang, F. Yuan & Y. Gao, Impact of whey protein - beet pectin conjugation on the physicochemical stability of β -carotene emulsions, *Food Hydrocolloids*, 26, 258-266, 2012.