

EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DE OLIGOSACÁRIDOS EN LA CALIDAD DE TOMATE DE CÁSCARA

María Luisa García Sahagún^{1*}, Adriana Avendaño López¹, María del Carmen Padilla Sahagún², Humberto Izquierdo Oviedo³.

¹Universidad de Guadalajara, CUCBA, División de Ciencias Agronómicas, Departamento de Producción Agrícola, Km 15.5 carretera a Nogales, Las Agujas, Zapopan, Jalisco, México, Tel. 0133-3777-1169. ²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Av. Normalistas 800, Colinas de la Normal, Guadalajara, Jal. ³Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Carretera a Tapaste Km. 3 1/2 San José de las Lajas. La Habana. Cuba. C.P. 32700.
Correo-e:mgarcia@cucba.udg.mx

Introducción

El incremento en la superficie cultivada de tomate de cáscara en México durante los últimos 25 años, permitió que pasara de ser una hortaliza de importancia regional, a ser uno de los principales cultivos nacionales. En el 2005 se sembraron 48,626.67 ha y para el 2006 el área de producción aumentó a 64,533.62 ha, lo que equivale al 0.3% de la superficie total destinada para la agricultura en México, además el rendimiento se incrementó del año 2005 al 2006 de 11.64 ton/ha a 12.87 ton/ha (SIAP 2006).

En los últimos años se han realizado investigaciones que han permitido verificar el efecto que tiene la aplicación de oligosacáridos de pectina extraídos de cítricos, contenidos en el producto comercial Pectimorf®. Este producto favoreció la regeneración de plantas de tomate a partir de hipocotilos (Plana et al. 2003). También se han reportado efectos de oligosacáridos pécticos en la inducción de etileno (Simpson et al. 1998; Cambell y Labavitch 1991), en la inhibición de la acción de auxinas (LoSchiavo et al. 1991), en el crecimiento y desarrollo de anturio, aplicando 10 mg/L⁻¹ por aspersión foliar (Hernández et al. 2007) y en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) con aplicaciones de 1 y 10 mg/L⁻¹ (Costales et al. 2007); sin embargo poco se sabe del efecto que tienen los oligosacáridos extraídos de vegetales en la calidad postcosecha de frutos. Mariña et al. (2005) reportaron el efecto de los oligosacáridos contenidos en otro producto comercial (Enerplant®) indicando que aceleró el crecimiento, aumentó el rendimiento y mejoró la calidad de jugos de caña.

Debido a la escasa información acerca del efecto de los oligosacáridos extraídos de vegetales en la calidad de frutos y considerando la importancia de la acción que producen estos compuestos en las plantas, se planteo como **objetivo** evaluar el efecto de Enerplant® y Pectimorf® sobre las siguientes variables de calidad en frutos de tomate de cáscara: pH, Acidez titulable, Sólidos solubles totales (SST), peso, firmeza y color.

Materiales y Métodos

Descripción de la zona de estudio, del material vegetativo y el sustrato de crecimiento

El presente estudio se realizó en el invernadero de Fisiología y manejo Postcosecha de las instalaciones del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, de la Universidad de Guadalajara, en la primavera del 2007 en la

población de Zapopan, Jalisco en México. Se utilizaron semillas de tomate de cáscara verde, variedad San Juanito OPT de la compañía Optimus seeds, que se colocaron en charolas de germinación utilizando como sustrato el producto comercial Sunshine®. La germinación se realizó dentro de un invernadero tipo túnel. Una vez que se desarrollaron las plántulas, se transplantaron en macetas de 12 litros de capacidad con una mezcla de tezontle (70%) y polvo de coco (30%) como sustrato. El polvo de coco se lavó previamente para eliminar las sales.

Establecimiento del experimento

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones. Después del trasplante se esperaron 15 días para la aplicación de los tratamientos de oligosacáridos y así sucesivamente hasta completar 6 aplicaciones foliares de oligosacáridos. Se aplicaron 2 tratamientos de oligosacáridos y un testigo. Los productos que se utilizaron para este experimento fueron:

Tratamiento 1.- Enerplant con una dosis de 0.5 ml por 2 litros de agua.

Tratamiento 2.- Pectimorf con una dosis de 20 mg por 2 litros de agua.

Tratamiento 3.- Testigo (Sin aplicación de oligosacáridos)

Variables evaluadas

Las variables evaluadas en los frutos cosechados se describen a continuación:

1.- *pH y Acidez titulable*: Para la determinación de pH y Acidez titulable expresada en % de ácido cítrico, se utilizó un potenciómetro marca “Hanna” modelo pH 213 siguiendo las técnicas de la A.O.A.C. (1998).

2.- *Porcentaje de sólidos solubles*: Para determinar el porcentaje de sólidos solubles o los grados Brix, se empleó un refractómetro Marca “Atago” Modelo N-1E. Se realizaron correcciones en los valores obtenidos, considerando la temperatura ambiente.

3.- *Peso*: La determinación del peso se realizó utilizando una balanza “Adventurer” modelo Ohaus y el peso se expresó en gramos.

4.- *Firmeza*: La firmeza se determinó con el analizador de textura TA-XT2 de Stable Micro Systems, por medio de una prueba de penetración a una velocidad de 2 mm/segundo, con un porcentaje de penetración de 10 mm, mediante una punta cónica TA-15. Las unidades de firmeza fueron libras fuerza (Lb.f)

6.- *Color*: Se utilizó un colorímetro Minolta, modelo CR-200b. Se tomaron 2 muestras por fruto en sentido opuesto, en la región ecuatorial. Para esto se utilizaron los términos L^* , a^* y b^* de la Comisión Internacional en Iluminación (CIE) según la cual el L^* mide el brillo de la superficie, el a^* representa la intensidad del color verde a rojo y el b^* la intensidad del color azul a amarillo. Los valores de a^* y b^* fueron utilizados para calcular el tono (Cr^*) y el ángulo Hue* o ángulo del color.

Diseño experimental

El experimento se distribuyó bajo un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones, se realizó un análisis de varianza y como prueba de comparación de medias se empleó Tukey ($P \leq 0.05$, 0.01).

Resultados y discusión

En el cuadro 1 pueden observarse los valores de F para el efecto de los tratamientos aplicados, en las variables de calidad de frutos de tomate de cáscara. Las variables que tuvieron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) fueron el pH y el color (L^*).

Diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) se presentaron en Acidez titulable, Sólidos solubles totales, peso, firmeza y color (croma).

Cuadro 1. Valores de F para el efecto de tratamientos en las variables de calidad de frutos de tomate de cáscara variedad San Juanito OPT de la compañía Optimus seeds tratadas con oligosacáridos.

Fuente de variación	F Calculada	F tabla (0.05)	F tabla (0.01)	Significancia
pH	4.50	3.26	5.25	*
AT Ácido cítrico (%)	0.58	3.14	4.95	**
SST (%)	30.62	3.63	6.23	**
Peso	11.69	2.49	3.32	**
Firmeza	6.13	3.16	5.09	**
Color:				
L	4.76	3.59	6.11	*
Ángulo Hue*	0.015	3.63	6.23	Ns
Croma	14.65	3.63	6.23	**

* Significativo ($p \leq 0.05$)

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$)

Ns no significativo

AT = Acidez titulable

SST= Sólidos solubles totales

En el cuadro 2 se presenta el efecto de los tratamientos sobre los parámetros de calidad evaluados en los frutos de tomate de cáscara. Enerplant generó frutos con valores de pH (4.73) menos ácidos que Pectimorf (4.59) y el Testigo (4.48). La acidez titulable expresada en % de ácido cítrico fue mayor en los frutos a los que se aplicó Pectimorf (0.80) a diferencia de Enerplant (0.531) y el Testigo.

Para explicar el efecto de los tratamientos sobre la acidez titulable consideremos que el ácido cítrico se produce a partir de la oxidación de azúcares durante la respiración de frutos y la respiración es activada por el etileno (Lelièvre et al. 1997). Simpson et al. (1998) reportaron que oligosacáridos de pectina indujeron la síntesis de etileno, al aplicarlos a plantas de tomate. Cutillas Iturralde et al. (1998) reportaron incrementos de la síntesis de etileno en frutos de pèrsimo por aplicación de oligosacáridos de xiloglucano, activando el proceso de maduración. La producción de etileno en frutos climatéricos (Andrews 1995) se considera que controla la iniciación de la síntesis de ácido cítrico (Bartz y Brech 2003).

Cuadro 2. Calidad promedio de frutos en plantas de tomate de cáscara variedad San Juanito OPT de la compañía Optimus seeds tratadas con oligosacáridos en función del tratamiento aplicado.

Tratamiento	pH	Acidez titulable Ácido cítrico (%)	SST (%) ° Brix	Peso fruto (g)	Firmeza Libras fuerza (Lb.f)	Color	
						Brillo (L*)	Tono (Cr *)
Enerplant	4.73 a	0.531 b	6.18 b	12.97 b	165.87 a	6.26 a	6.84 b
Pectimorf	4.59 b	0.80 a	7.49 a	24.28 a	219.89 a	5.54 b	7.15 b
Testigo	4.48 b	0.588 b	4.65 c	11.65 b	154.02 b	6.72 a	7.99 a

Tukey	0.134	0.227	1.378	5.57	66.02	1.11	1.11
--------------	-------	-------	-------	------	-------	------	------

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey,0.01).

SST= Sólidos solubles totales

El porcentaje de sólidos solubles fue más alto en los frutos a los que se aplicó Pectimorf (7.49%) comparados con el producto Enerplant (6.18%) y el Testigo (4.65%). Si tomamos en cuenta que los frutos producidos transformaron durante la maduración los azúcares acumulados a través de los procesos de fosforilación (Farmer et al. 1991) e inducción de etileno (Priem y Gross 1992) posiblemente se generó mayor concentración de sólidos solubles totales.

También es conocido que los oligosacáridos de xiloglucano tienen efecto en la activación de las enzimas $\beta(1-4)$ glucanasa y xiloglucanasa en tomate. Estas enzimas degradan polisacáridos de pared celular durante la maduración, generando azúcares simples que posiblemente contribuyeron al incremento de sólidos solubles totales (Maclachlan y Brady 1992).

Frutos de mayor peso se cosecharon en las plantas a las que se aplicó Pectimorf (24.2 g); este tratamiento al igual que Enerplant influyeron en la obtención de frutos más firmes (219.8 Lb.f). Al respecto consideremos el efecto de los oligosacáridos sobre la producción de etileno (Campbell y Lavabitch 1991) que posiblemente indujeron la floración (Marfa et al. 1991) permitiendo la fructificación, un aumento en la producción de auxinas y como consecuencia un mayor peso de los frutos. Para explicar los incrementos de firmeza consideremos la propuesta de Darvill et al. (1992) quienes reportaron que los oligosacáridos de pectina con un grado de polimerización de 9, pueden formar el complejo denominado “caja de huevo” al unirse al calcio como puente de iones, estabilizando la estructura de la pared celular. El calcio es un elemento que se encuentra unido a polisacáridos llamados pectatos en las paredes celulares, proporcionando mayor firmeza a los tejidos vegetales (Salisbury y Ross 1992).

Finalmente el Pectimorf produjo frutos con valores de Luminosidad o brillo (L) menores que Enerplant y el Testigo. Los valores máximos de Luminosidad indican tonalidades más claras donde L=0 (Negro) hasta L=100 (blanco). En el caso del cromatismo (Cr) tanto Pectimorf como Enerplant produjeron frutos con valores menores que el testigo. Considerando los resultados de luminosidad Melotto et al. (1994) utilizaron al tomate como un modelo experimental y a los oligosacáridos de pectina como inductores de etileno. Recordemos que la producción de etileno influye en la maduración de frutos vía control transcripcional de genes, asociado con la síntesis de carotenoides, licopeno y cambios de color (Fraser et al. 1994).

Conclusiones

La aplicación de oligosacáridos mejoró la calidad de los frutos de tomate. El Pectimorf influyó en la obtención de frutos con mayor contenido de ácido cítrico, porcentaje de sólidos solubles totales y peso. El producto Enerplant produjo frutos con valores de pH menos ácidos y frutos más brillantes que Pectimorf. Pectimorf y Enerplant produjeron frutos más firmes que el testigo.

Agradecimientos

Agradecemos a los investigadores del Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de San José de las Lajas, en La Habana, Cuba por haber donado el producto Pectimorf®, al Sr. Alberto Soria representante de la empresa BIOTEC por habernos obsequiado el producto Enerplant® y a la institución PROMEP por el apoyo que nos fue otorgado para realizar esta investigación.

Bibliografía

- Andrews, J. 1995. The climateric respiration rise in attaches and detached tomato fruit. *Postharvest Biology Technology* 6:287-289.
- A. O. A. C. 1998. Association of Analytical Communities. Official Methods of Analysis 16 th.Edition. William S. (ed.) Published by Association of official Analytical Chemists. Washington, D.C. U.S.A. 1055 pp.
- Bartz, J.A. y J. K. Brecht. 2003 *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Marcel Dekker, Inc. U.S.A. pp:299-324.
- Campbell, A. y J. Labavitch (1991) Induction and regulation of ethylene biosynthesis and ripening by pectic oligomers in tomato pericarp discs. *Plant Physiology* 97:706-713.
- Costales, D., L. Martínez, M. Núñez. 2007. Efecto del tratamiento de semillas con una mezcla de oligogalacturónidos sobre el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). *Cultivos tropicales* 28 (1):85-91.
- Cutillas-Iturralde, A. , I. Zarra I., S. C. Fry y E.P. Lorences. 1994. Implication of persimmon fruit hemicellulose metabolism in the softening process. Importance of xyloglucan endotransglycosylase. *Physiol. Plant.*91:169-176.
- Darvill, A., C. Augur, C. Bergmann, R. W. Carlson, J. J. Cheong, S. Eberhard, M. G. Haahn, M. V. Lo, V. Marfa, B. Meyer, D. Mohnen, M.A. O´Neil, M. D. Spiro, H. V. Halbeck, W. S. Cork y P. Albersheim. 1992. Oligosaccharins-oligosaccharides that regulate growth, development and defense responses in plants. *Glycobiology* 2:181-198.
- Fraser, P., M. Truesdale, C. Bird, W. Schuch y P. Bramley .1994. Carotenoid biosynthesis during Tomato fruit development: Evidence for tissue-specific gene expression. *Plant Physiology* 105:405-413.
- Hernández, L., B. Benítez, F. Soto y M. E. Domini . 2007. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en el crecimiento y desarrollo de *Anthurium andreaeanum*. *Cultivos Tropicales* 28(4):83-86.
- Lelièvre, J.M., A. Latché , B. Jones, M. Bouzayen y J. C .Pech. 1997. Ethylene and Fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 101:727-739.
- Lorences, E.P. y S.C. Fry. 1993. Xyloglucan oligosaccharides with at least two α -D-xylose residues act as acceptor substrates for xyloglucan endotransglycosylase and promote the depolymerisation of xyloglucan. *Physiologia Plantarum* 88 : 105-112.
- LoSchiavo, F., F. Filippini, F. Cozziani, D. Vallone y M. Terzi . 1991. Modulation of auxin- binding protein in cell suspensions. I. Differential response in carrot embryo culture. *Plant Physiology* 97:60-64.
- Maclachlan, G. y C. Brady. 1992. Multiple forms of 1,4- β glucanase in ripening tomato fruits include xyloglucanase activatable by xyloglucan oligosaccharides. *Aust J. Plant Physiology.*19:137-146.
- Marfa, V., D. J. Gollin , S. Eberhard , D. Mohnen , A. Darvill y P. Albersheim. 1991. Oligogalacturonides are able to induce flowers to form on tobacco explants. *Plant Journal* 1: 217-225.
- Mariña de la Huerta, C., L. G. Fernández, M. S. Saborit, P. F. Castillo y M. M. Nieto. 2005. Comportamiento de la planta de caña de azúcar tratada con Enerplant cultivada en suelos vertisoles. *Revista electrónica Granma Ciencia* 9 (1):1-6.
- Melotto, E., L. C. Greve y J. M. Lavabitch. 1994. Cell wall metabolism in ripening fruit VII Biologically active pectin oligomers in ripening tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) fruits. *Plant Physiology* 81:156-160.

- Plana, D., M. Alvarez , M. Florido, R.M. Lara y J. C. Cabrera. 2003. Actividad biológica de Pectimor en la morfogénesis In Vitro del tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill) Var. Amalia. Cultivos Tropicales.Vol. 24 no. 1 p 29-33
- Priem, B. y K. Gross.1992. Mannosyl- and xylosyl-Containing Glycans Promote Tomato (*Lycopersicum esculentum*, Mill.) Fruit Ripening. Plant Physiology 98:399-401.
- Reina, G.C.E.1998. Manejo de Postcosecha y Evaluación de la Calidad de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) que se Comercializa en la Ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana. Facultad de Ingeniería.
- Rojas, G. y M. Rovalo. 1989. Fisiología Vegetal. Aplicada. Mc Graw Hill. 302 p.
- Salisbury, B. F. y W.C. Ross. 1998. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, México. (i.e., pp: 200-202.
- Siap (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2006. Análisis respecto al comportamiento de la producción y consumo del jitomate mexicano así como de su participación en el comercio internacional. En línea <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/InfOMer/analisis/antomate.html>. visitado el 05-06-06.
- Simpson, S. D., D. A. Ashford, D. J. Harvey y D.J. Bowles. 1998. Short chain oligogalacturonides induce ethylene production and expression of the gene encoding aminocyclopropane 1-carboxylic acid oxidase in tomato plants. Glycobiology 579-583.
- Somerville, C., S. Bauer , G. Brininstool , M. Facette, T. Hamann, J. Milne, E. Osborne, A. Paredez, S. Persson, T. Raab, S. Vorwerk y H. Youngs. 2004. Toward a systems approach to understanding plant cell walls. Science 306: 2206-2211.