



LECTINAS EN FRUTAS Y PLANTAS COMESTIBLES: NUEVAS POSIBILIDADES DE INTERACCIÓN ENTRE LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y LA BIOMEDICINA

Fruit and edible plants lectins: A new possibilities of interaction of food science and biomedicine

Alma Vázquez-Luna^{1*},
Eduardo Rivadeneyra-
Domínguez², Rafael Díaz-Sobac¹.

¹Universidad Veracruzana.
Instituto de Ciencias Básicas.
Laboratorio de Biología y Química
Molecular de Frutas.

²Universidad Veracruzana.
Facultad de Química Farmacéutica
Biológica. Circuito Gonzalo Aguirre
Beltrán s/n. Zona Universitaria.
Xalapa, Veracruz, México.
C.P. 91000.

***Autora para correspondencia:**
Universidad Veracruzana. Instituto
de Ciencias Básicas. Laboratorio
de Química y Biología Molecular
de Frutas. Dr. Luis Castelazo Ayala
s/n. Col. Industrial Ánimas, Xalapa,
Veracruz, México. C. P. 91190.
almvazquez@uv.mx

RESUMEN

El consumo de frutas frescas y plantas comestibles ha sido ampliamente recomendado principalmente debido al aporte nutricional y de biomoléculas con actividad antioxidante como los compuestos fenólicos y flavonoides. Sin embargo, las lectinas, también son un importante grupo de proteínas de origen no inmune, presentes en este grupo de alimentos y que desarrollan actividad biológico-funcional con potencial beneficio a la salud por su actividad antiviral, antibacteriana y antifúngica, así como de defensa contra insectos en las plantas. En experimentos *in vitro* se ha evidenciado la actividad citotóxica y bloqueadora de la propagación de células cancerígenas, así como actividad inmunomoduladora. En el presente trabajo se conjunta la información de diferentes investigaciones que dan cuenta de la importancia funcional de las lectinas vegetales, que le permiten ser consideradas como un factor más de importancia en el consumo de vegetales y frutas frescas en la dieta diaria.

PALABRAS CLAVE: Frutas, lectinas, funcionalidad, biomoléculas, biomedicina.

ABSTRACT

The consumption of fresh fruits and vegetables has

been widely recommended mainly due to nutritional intake and biomolecules with antioxidant activity. However, lectins are an important group of non-immune origin proteins present in this food group, that have a significant biological and functional activity, based on the ability to bind specifically and reversibly to carbohydrates present in the cell membrane. In plants, some types of lectins have shown activity acting as part of defense mechanisms against insects. *In vitro*, there are reports of cytotoxic activity and blocking the spread of cancer cells and immune-modulating activity and antiviral. In the present work together information from different studies that account for the functional significance of lectins and another factor of importance that the consumption of fresh fruits and vegetables may have in the daily diet.

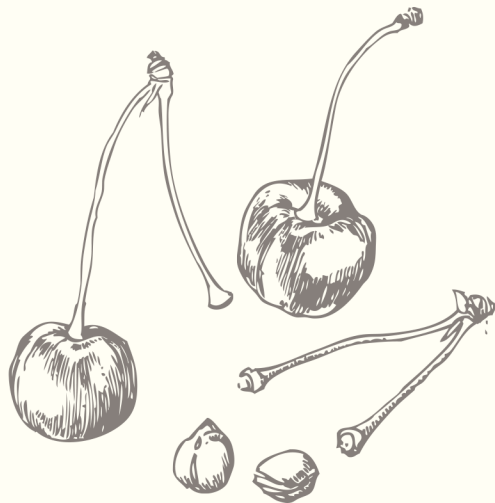
KEY WORDS: Fruits, lectins, functionality, biomolecules, biomedicina.

INTRODUCCIÓN

Las lectinas son proteínas con capacidad para unirse a carbohidratos o glicoproteínas de origen no inmune, las cuales aglutinan o precipi-



Fecha de recepción: 10 de junio de 2012.
Fecha de aceptación: 28 de junio de 2012.



tan glico-conjugados. Se asume que las lectinas son multivalentes y que su especificidad es ampliamente dependiente de un mono-sacárido terminal. Algunas lectinas presentes en plantas y frutas pueden aglutinar eritrocitos de diferentes grupos sanguíneos, por lo que también se les conoce como fito-hemaglutininas. Las lectinas se encuentran en diversas plantas comestibles, particularmente en semillas y tubérculos, así como en cereales, y en hojas, cáscara y pulpas de frutas. La aplicación biológica de las lectinas se limitó por mucho tiempo solo a las aplicaciones histológicas y de identificación de grupos sanguíneos (Naik y Rao, 2012), y como herramientas valiosas para la detección, aislamiento y caracterización de glico-conjugados mediante técnicas histoquímicas, para examinar y determinar los cambios que se producen en la superficie celular durante los procesos de diferenciación de células cancerígenas; no obstante hoy día se consideran bio-funcionalmente importantes por su participación en mecanismos de mediación inmunológica, antibacteriana y anticancerígena donde la presencia de lectinas ha permitido la explicación de mecanismos de acción a nivel molecular (Singh y Sarathi, 2012).

HISTORIA

Una amplia descripción de la historia y evolución en el campo de identificación de las lectinas se presenta en el trabajo de Patnaik y col., (2012) y Singh y Sarathi (2012), donde describen con detalles desde las primeras evidencias de la presencia de lectinas y de su actividad biológica; fueron observadas por Wander and Waddell a mediados del siglo XIX, quienes identificaron que la toxicidad de los frutos de *Abrus precatorius*, se encontraba en una fracción precipitada en alcohol a partir de un extracto acuoso obtenido de los frutos. Varios años después, Dixon obtuvo un concentrado altamente tóxico del extracto de las semillas de *Ricinus communis*. Fue a finales del siglo XIX, que se obtuvieron las primeras evidencias de la presencia de proteínas en extractos de plantas con la habilidad de aglutinar eritrocitos a las que se llamó hemaglutininas o fito-hemaglutininas. En 1888, Peter Hermann Stillmark describió que los extractos del ricino y otros vegetales de la familia *Euphorbiaceae* eran capaces de aglutinar eritrocitos de animales, como ratones, caballos, perros y gatos. En ese mismo año, Hellín también demostró la presencia en los extractos de *Abrus precatorius* de la hemaglutinina tóxica Abrina. Las propiedades tanto de la Abrina como de la Ricina fueron estudiadas por Paul Ehrlich en 1890, y

probadas como antígenos en estudios inmunológicos, lo que dio paso a establecer los principios fundamentales de la inmunología. En 1919, James B. Summer cristalizó la Concavalina A, una proteína aislada de las semillas de la planta *Canavalia ensiformis*, a la cual llamó Concavalina A, trabajo por el cual recibió el premio Nobel, casi 30 años después de las primeras evidencias de hemaglutininas. Sin embargo, fue hasta 1936 cuando Summer y Howell reportaron que la Concavalina A aglutinaba células como eritrocitos, levaduras y también precipitaba soluciones de glicógeno, observando que la hemaglutinación era inhibida por la sacarosa y demostrando por primera vez la especificidad de las proteínas por el azúcar, introduciendo el término lectina, del latín legere "seleccionar", y definidas como: Proteínas o Glicoproteínas de origen no inmune, fijadoras de carbohidratos con capacidad para aglutinar y precipitar glicoconjugados.

LOCALIZACIÓN DE LECTINAS

Las lectinas se encuentran principalmente en hojas, tallos, corteza y frutos. Sin embargo, se considera que las lectinas se encuentran en

mayor cantidad en las hojas y corteza, y que la concentración de lectinas varía de acuerdo a las diferentes partes del vegetal y entre una especie y otra (Van Damme y col., 1998; Hernández y col., 2005). A nivel celular las lectinas son sintetizadas, procesadas y transportadas como proteínas que se sintetizan en el retículo endoplásmico rugoso y posteriormente se acumulan en vacuolas y organelos llamados vacuolas de almacenamiento de proteínas (Maree, 2005).

ESTRUCTURA QUÍMICA-MOLECULAR DE LAS LECTINAS

Se han identificado diferentes tipos de lectinas constituidas por cadenas polipeptídicas. Químicamente están formadas por residuos de aminoácidos, con un alto contenido de ácido glutámico/glutamina, ácido aspártico, asparagina, serina, glicina, y bajo contenido de lisina. De acuerdo a su forma y al número de cadenas polipeptídicas se clasifican en: diméricas, tetraméricas, octaméricas y decaméricas (figura 1), (Brinda y col., 2005). Cada unidad polipeptídica que compone a una lectina puede contener uno o varios sitios enlazantes a carbohidratos, por lo cual la lectina puede reconocer específicamente hasta dos de diez carbohidratos diferentes de manera específica, tales como D-Glucosa, D-Manosa, D-Fucosa, D-Xilosa, D-Galactosa, D-Glucosamina, D-Galactosamina, N-acetil D-glucosamina, N-acetil Galactosamina, y el N-ácido acetil ácido neuramínico. La estabilidad de la estructura nativa de la mayoría de las lectinas es debida a interacciones hidrofóbicas (Sharmistha y col., 2005).

MECANISMO DE RECONOCIMIENTO ESPECÍFICO A CARBOHIDRATOS

La actividad biológica de las lectinas es una consecuencia directa de capacidad de reconocimiento y unión a carbohidratos específicos en la superficie de la membrana. Las lectinas se enlazan a los monosacáridos de la membrana celular y actúan enviando señales y entregando mensajes a las células, causando cambios bioquímicos en la célula que se expresan como aglutinación, mitosis-multiplicación, división celular o desarrollar actividad antigénica. El proceso de reconocimiento de las lectinas y sus receptores es instantáneo y está asociado al mecanismo de inmunidad innata (Patnaik y col., 2012). La principal unidad externa de reconocimiento de la célula es

un carbohidrato, responsable de la unión con la *lectina*, mientras que otras unidades de carbohidratos que se extienden sobre la membrana son responsables de la transmisión del mensaje y de la activación de un segundo mensajero (Oguri y col., 2008). En la figura 2, se muestra el mecanismo de reconocimiento propuesto por Van Damme y col., (1998) entre lectinas y un receptor tipo carbohidrato.

RELACIÓN ESTRUCTURA-ACTIVIDAD FUNCIONAL

La mayor parte de las lectinas de origen vegetal tienen una configuración compacta de hojas β en barril desprovista de α -hélices y dominadas por dos hojas antiparalelas. La mayoría de las lectinas de leguminosas contienen un N-glicano, pero algunas, como la concavalina A no contiene ningún carbohidrato asociado covalentemente (Sharmistha y col., 2005). El sitio de unión del carbohidrato en la mayoría de las lectinas de leguminosas involucra una combinación de puentes de hidrógeno, interacciones hidrofóbicas y fuerzas de Van der Waals (Linda y col., 2004). La estructura cuaternaria de las lectinas también puede contribuir al reconocimiento del glicano. La habilidad de cada subunidad de ligar azúcares individualmente puede llevar a la única unión cruzada de la estructura.

Esta habilidad de formar estructuras tipo red, permite a las lectinas a formar interacciones complejas con las superficies de las células y glicoconjugados de la matriz que contienen sitios de unión múltiples que determinan la actividad biológica de las lectinas en las plantas. Debido a que las lectinas presentan una baja afinidad hacia las estructuras oligosacáridicas, y alta afinidad a monosacáridos; se les utiliza en la cromatografía de afinidad para purificar receptores celulares, donde un exceso de monosacárido que inhibe su actividad hemaglutinante, permite la liberación del receptor (McSweeney y Dreyfus, 2005).

ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN VEGETALES

A pesar de que la primera evidencia de la presencia de lectinas se obtuvo en las plantas, el papel biológico de éstas en los vegetales, aún no está completamente caracterizado y existen controversias acerca de su funcionalidad. Se les asocia con: la germinación, los mecanismos de defensa, el almacenamiento de carbohidratos y glicoproteínas, la unión de bacterias fijadoras de nitrógeno en las

raíces de las leguminosas, el transporte y movilización de sustancias de reserva, la elongación de la pared celular, la regulación del crecimiento (en la división celular), el almacenamiento de nitrógeno y la regulación de mecanismos enzimáticos (Albersheim y Anderson, 2007).

Actualmente, se ha confirmado que las lectinas presentes en frutas y plantas están relacionadas con la capacidad de adhesión por reconocimiento en la membrana celular, lo cual les confiere funciones biológicas en mecanismos como:

1. Mitosis. La lectina, galectina-3 regula el crecimiento celular, favoreciendo la supervivencia de células, inhibiendo la apoptosis y el crecimiento (Yang y col., 2006). Hernández y col., (2005) reportaron la regulación que ejercen los oligosacáridos sobre el crecimiento celular, donde las modificaciones en las estructuras oligosacáridicas de las proteínas de membrana se han asociado con la capacidad de las células para invadir y colonizar otros tejidos.

2. Elongación polipeptídica. Las lectinas, por su naturaleza proteica, se han considerado como factores determinantes en la elongación

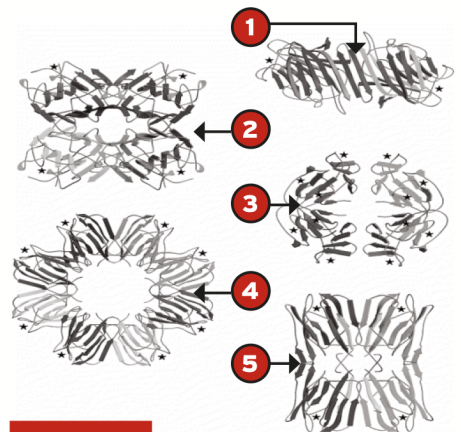


FIGURA 1

Fuente: González y Prisecaru, 2005.

Organización oligomérica de diferentes lectinas, mostrando los posibles sitios de unión a carbohidratos (estrellas) dependiendo de la estructura: 1. Diméricas, 2 y 3. Tetraméricas, 4. Octoméricas y 5. Decaméricas.

Figure 1. Organization of different oligomeric lectins. Sites marked with * are potential carbohydrate binding sites in the structure: 1. Dimeric, 2 and 3. tetrameric, 4. Octoméricas and 5. Decaméricas.

polipeptídica de vegetales. Se ha encontrado que las lectinas laricina y abrina contienen un fragmento proteico activo que induce la modificación química en ribosomas y que promueve los procesos moleculares de elongación a nivel celular. Así también las lectinas crotin I y crotin II aisladas del piñón de la india, semilla de alto consumo humano en el mundo, se ha demostrado que induce las reacciones moleculares que promueven la elongación polipeptídica, de manera similar a los efectos conocidos de laricina y la abrina (Bradley y col., 2011).

3. Reconocimiento y almacenamiento de carbohidratos.

Hernández y col., (2005) investigaron el uso de lectinas vegetales para estudiar las interacciones proteína-carbohidrato, lo que ha puesto en evidencia muchos mecanismos de interacción molecular, como es el caso del reconocimiento de receptores glicosilados en la superficie celular. Estudios realizados en semillas de diferentes leguminosas como soya, frijol y cacahuate, han demostrado que un número amplio de glicoproteínas se encuentran en las semillas de las leguminosas y su capacidad de reconocimiento específico de carbohidratos sobre la pared celular de eritrocitos y microorganismos generando diversas funciones biológicas (Garred y col., 2003).

4. Intermediarios de mecanismos de defensa de las plantas

Las lectinas presentes en la corteza y hojas de las plantas, así como en la cáscara de los frutos ejercen funciones de defensa contra insectos. Durante el ataque de patógenos, la interacción manosa-lectina se considera fundamental para el mecanismo de defensa de las plantas (Hwang y Hwang, 2011). Se ha encontrado que lectinas presentes en hojas y cáscara de mango pueden ser responsables de una acción tóxica para algunos insectos como la mosca (*Drosophila melanogaster*) y la pulga de alfalfa (*Acyrtosiphon pisum*), observándose también que esta actividad es mayor que la que presentan lectinas aisladas de leguminosas (Trigueros y col., 2003). También, se ha demostrado que lectinas presentes en el cáliz de las flores, como la proteína Crp 32 (32 kDa), actúa como factor anti nutricional contra insectos (Annabel y col., 2005). La proteína confiere protección, sugiriendo que una capa de

Crp 32 puede prevenir reacciones de encapsulación celular por activación local del sistema de defensa (Tanuja y col., 2006). Singh y col., (2006), reportaron los resultados de la actividad insecticida de lectinas, aisladas de *Glechoma hederacea* como un potente insecticida. Para corroborar la base molecular de la actividad insecticida y la función fisiológica es necesario identificar los sitios específicos de reconocimiento e interacción a nivel celular. Kaur y col., (2009), purificaron y caracterizaron una lectina de la planta *Arisaema jaquemonti*, y demostraron que tiene efectos insecticidas contra la mosca de la fruta (*Bactrocera cucubila*) y confirmaron la importancia de la afinidad de las lectinas por los carbohidratos multivalentes de alta densidad en las interacciones de las lectinas y el ligando en los procesos biológicos. Lectinas aisladas de la semilla de Moringa oleifera han mostrado ser una excelente opción como bioinsecticidas (Ramalho de Oliveira y col., 2011).

Las lectinas, como biomoléculas presentes en frutas y plantas comestibles, pueden tener diferentes aplicaciones funcionales y de beneficio a la salud, principalmente como:

1. Agentes antivirales. Las lectinas, tienen pro-

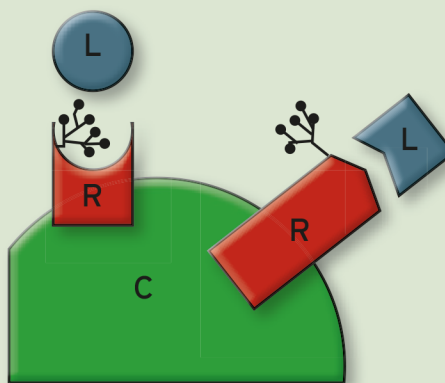


FIGURA 2

Fuente: Van Damme y col. (1998).

Representación gráfica de las cadenas glicosídicas en la superficie de la membrana proteica de la célula y las formas posibles de interacción con las lectinas.

Figure 2. Proposed binding mechanism for glycosidic chains on the surface of the protein from the cell membrane, and possible ways of interaction with lectins.

pedades antivirales frente a virus que atacan tanto a animales, como a vegetales. La actividad antiviral frente al Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) fue observada en fracciones proteicas hema-aglutinantes reconocidas como lectinas aisladas de chícharos (*Pisum sativum*) (Lam y Ng, 2011). También, lectinas presentes en plátano *Mussa acuminata* mostraron tener actividad inhibitoria frente a virus de VIH-1 (Allen y col., 2009). Recientemente se propuso que las lectinas presentes en suero y fluidos pulmonares, pueden contribuir a reconocer y destruir el virus de la influenza como un mecanismo de inmuno-modulación innata (Ng y col., 2012).

2. Actividad antibacteriana. La actividad antimicrobiana y antifúngica basada en el reconocimiento de carbohidratos de forma específica, es quizá la actividad biológica característica de las lectinas más estudiada (Islam y Khan, 2012), pues se ha encontrado que en la superficie celular de estos microorganismos se encuentran diferentes carbohidratos que pueden ser reconocidos, pero a la vez hay estructuras denominadas ácidos teicoicos, que en uno de los extremos contiene *N*-acetilglucosamina, y dependiendo del tipo de bacteria puede cambiar ese extremo por *N*-acetilgalactosamina, por lo que lectinas que no tengan especificidad por los carbohidratos presentes en la superficie celular, pero sí por los encontrados en estas estructuras, tendrán la capacidad para aglutinar o inhibir el crecimiento de los mismos por acción sobre sus carbohidratos de la membrana bacteriana o fúngica (Yoshiyuki y col., 2004). Annabel y col., (2005) caracterizaron la bacteriocina como una nueva proteína, producida por *Pseudomona* sp, la cual tiene actividad antibacteriana muy peculiar debido a la homología con lectinas de monocotiledóneas que se unen a manosa. Alessandra y col., (2005) realizaron un estudio de inhibición de *E. coli*, en el cual se comprobó que la bacteria puede ser inhibida por esta bacteriocina producida por *Pseudomonas*. Así también, Parret y col., (2005) reportaron que las bacteriosinas de *Pseudomonas fluorescens*, podrían ser utilizadas como agentes de biocontrol microbiológico. Ortega y col., (2005) estudiaron la influencia de lectinas exógenas en el crecimiento de *Gardia lamblia* *in vitro* y *G. muris* *in vivo*. En esta investigación se trabajó con la aglutinina del germen del trigo, que normalmente la consume el humano y por

consiguiente participa en la inhibición reversible del crecimiento del trofozoito de *G. lamblia* y reduce la infección de la *G. muris* en el ratón adulto utilizado como modelo de giardiasis (Eduardo y col., 2005). El efecto inhibitorio fue relacionado con la dosis y no se asoció con la citotoxicidad. El análisis de ciclo de célula reveló que los parásitos que crecieron en presencia de la aglutinina del germen de trigo (WGA) se detienen en la fase G2 y M, proporcionando una explicación por la inducción de la lectina en la inhibición de la proliferación celular.

3. Actividad antiparasitaria. Garred y col., (2003) observaron que la unión lectina a manosa (MBL) puede funcionar como opsonizador para el género *Plasmodium*; y demostraron que la unión MBL está involucrada regulando el grado de parasitemia causado por *Plasmodium falciparum*.

4. Actividad anticancerígena. En el campo de la quimioterapia contra el cáncer, el estudio de las lectinas ha jugado un papel importante. Diferentes estudios *in vivo* e *in vitro* con numerosas lectinas de plantas han demostrado que poseen actividad antitumoral (efecto inhibitorio en el crecimiento del tumor) y actividad anticarcinogénica (efecto inhibitorio en la inducción del cáncer por carcinógenos). Los trabajos reportados utilizando diferentes lectinas de plantas en casos de cáncer, permiten entender que los mecanismos de acción de estas proteínas son muy variados dependiendo de diferentes factores como pueden ser el origen celular, clase de tumor y concentración de lectina (Castillo y Abdullaev, 2005). Dentro de los estudios de membrana se ha reportado el uso de lectinas para estudiar cambios estructurales en los glicoconjugados presentes en la superficie celular y de esta forma detectar cambios morfológicos ocurridos, para analizar la distribución subcelular de epítopes y terminales glicoproteicos; además para detectar alteraciones en la expresión de moléculas presentes en la superficie celular. También se han realizado investigaciones para utilizar las lectinas y polímeros sintetizados enlazados a ellas como agentes anticancerígenos *in vivo* e *in vitro*, ya que se ha observado que disminuyen el crecimiento de las células tumorales.



Fuente: www.ingimage.com

Se utilizan también para la inmunización contra virus productores de inmunodeficiencia, algunos tumores y como medicamentos para prevenir metástasis (Fokunang y Rastall, 2003). Las lectinas de las legumbres inhiben la adherencia de la célula, proliferación y formación de colonias. Las lectinas presentes en muchos alimentos, son biológicamente activas ya que resisten a la digestión y pueden entrar al torrente sanguíneo intactas. González y Prisecauro, (2005) de sus investigaciones sobre terapia del cáncer reportaron que las lectinas de las leguminosas, inhiben la adherencia de la célula, proliferación y formación de la colonia. Causan hemoaglutinación y tienen efectos citotóxicos en las células tumorales. Adicionalmente actúan como marcadores en la

superficie de la célula para reconocer la célula anticancerígena, la adherencia de la célula, transducción de las señales a través de la célula, la citotoxicidad mitogénica y la posterior apoptosis. Las lectinas funcionan como marcadores de superficie para el reconocimiento de célula cancerígena, se adhieren a la célula, transducen la señal por la membrana, causan la citotoxicidad celular para posteriormente llevar a cabo la apoptosis (Singh y Sarathi, 2012). Lectinas aisladas de *Momocardia charantia* mostraron tener actividad antitumoral para el tratamiento de carcinoma nasofaríngeo (Fang y col., 2012). Lectinas del fruto de *Lactarius flavidulus* también fueron eficientes contra el desarrollo de leucemia (células L1210) y Hepatoma (HepG2) respectivamente (Wu y col., 2011).

APLICACIONES BIOLÓGICAS Y FUNCIONALES DE LAS LECTINAS: NUEVAS OPORTUNIDADES DE INTERACCIÓN ENTRE LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y LA BIOMEDICINA

Las lectinas presentes en frutas y plantas comestibles, si bien hasta el momento no son de interés nutricional, para la ciencia de los alimentos si deben ser de gran importancia por su amplio potencial como agentes terapéuticos de origen biológico para la prevención y retardo en la manifestación de enfermedades. Su funcionalidad está basada en la propiedad que tienen de combinarse con varios tipos de glicoconjugados presentes en las superficies celulares y fluidos corporales. Los campos de aplicación biológica-funcional ubica a las lectinas en campos de investigación como:

1. La evaluación de la producción de citoquinas (interferón e interleuquinas) y la expresión de sus receptores en cultivos de linfocitos provenientes de pacientes con enfermedades de alto impacto social como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), la tuberculosis y la leishmaniosis.
2. La caracterización de algunos aspectos relacionados con la respuesta inmune y fenómenos asociados con ellas como la inmunosupresión.
3. La actividad antiviral de lectinas frente al VIH y el virus de la hepatitis B, así como la susceptibilidad y resistencia que éstos puedan desarrollar frente a lectinas.
4. Evaluación de la efectividad de terapias anti-retrovirales de acuerdo con la respuesta de los



Fuente: www.ingimage.com

linfocitos a la estimulación con las lectinas antes y después de la terapia, como por ejemplo en terapias contra el VIH.

5. El análisis de las funciones linfoproliferativas y citotóxicas en células mononucleares causadas por algunas drogas.
6. La influencia nutricional en la proliferación de linfocitos y su cinética de proliferación.
7. Inducción de la expresión de genes.
8. La detección de anomalías cromosómicas.
9. En el campo de la glico-terapia y de la glico-biotecnología.

CONCLUSIONES

Si bien las lectinas no están caracterizadas den-

tro de la composición química y nutricional de frutas y plantas comestibles existen las suficientes evidencias que por sus diferentes aplicaciones terapéuticas pueden contribuir a ampliar la actividad biofuncional de este grupo de alimentos, ya que son biomoléculas que coadyuban de forma importante al buen estado de salud de los consumidores, que hoy en día consumen frutas y vegetales en cantidades importantes. La identificación y estudio de lectinas en frutas y plantas comestibles abre un interesante campo de investigación que permite evidenciar las interacciones entre la biomedicina, la glicoterapia y la glico-biotecnología y la importancia del consumo de frutas y vegetales, no solo por el aporte de vitaminas y compuestos antioxidantes de tipo flavonoide, también por el aporte de este importante grupo de proteínas glicosiladas.¶

*El presente artículo de revisión forma parte de los productos de trabajo del Cuerpo Académico Biología, Química y Funcionalidad Molecular de metabolitos vegetales (UV-GC-235).

Las lectinas son bio-funcionalmente importantes por su participación en mecanismos de mediación inmunológica, antibacteriana y anticancerígena



Fuente: www.ingimage.com

REFERENCIAS

- Albersheim, P. y Anderson A. J. (2007). "Proteins from plants cell walls inhibit polygalacturonases secreted by plant pathogens". *PNAS*. 68 (8):1815-1819.
- Alessandra, C., Marjolein K. y Carl G. F. (2005). "How C-type lectins detect pathogens". *Cellular Microbiology*. 7(4): 481-488.
- Allen, H.K., Cheung, J.H. y Wong, T.B.Ng. (2009). "Musa acuminate (Del Monte banana) lectin is a fructose-binding lectin with cytokine-inducing activity". *Phytomedicine*. 16: 594-600.
- Annabel, H. A., Parret K. T. y Rene De Mot. (2005). "Novel Lectin-Like Bacteriocins of Biocontrol Strain Pf-5". *Pseudomonas fluorescens. American Society for Microbiology*. 73(12) 8188-8193.
- Bradley M.J., Li Wang, M. y Morse, S. (2011). *Ricinus. In: Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Chapter 15. Springer. Berlin. 251-260.
- Brinda, A. Surolia, M. y Vishveshwara, S. (2005). "Insights into the quaternary association of proteins through structure graphs: a case study of lectins". *Biochemistry Journals*. 391:1-15.
- Castillo-Villanueva, A. y Abdullaev, F. (2005). "Lectinas vegetales y sus efectos en el cáncer". *Revista de Investigación Clínica*. 57(1): 55-64.
- Eduardo, O. B, Honorine D. Ward, Gerald T. Keusch, y Miercio E. A. Pereira (2005). "Growth Inhibition of the Intestinal Parasite *Giardia lamblia* by a Dietary Lectin Is Associated with Arrest of the Cell Cycle". *American Society for Microbiology*. 71(9): 5197-5207.
- Fang, E.F., Zhang, C.Z.Y., Ng, T.B., Wong, J.H. Pan, W.L., Ye, X. J., Chan, Y.S. y Fong, W.P. (2012). "Momordica charantia lectin, a type II Ribosome inactivating protein, exhibits antitumor activity toward human nasopharyngeal carcinoma cells *In vitro* and *In vivo*". *Cancer Prev. Research*. 5:109-116.
- Fokunang, C.N. y Rastall R.A. (2003). "Phytohaemagglutinins in Membrane Signalling, Biomedical and Genetic Engineering Research". *Biotechnology*. 2(2): 162-177.
- Garred, P., Nielsen, M. A., Kurtzhals, J., Malhotra, R., Madsen, H. O., Goka, B. Q., Akanmori, B. D., Sim, R. y Hviid, L. (2003). "Mannose-Binding Lectin Is a Disease Modifier in Clinical Malaria and May Function as Opsonin for *Plasmodium falciparum* Infected Erythrocytes". *American Society for Microbiology*. 71(9): 5245-5253.
- González, E. y Prisecauro, V. I. (2005). "Lectins as Bioactive Plant Proteins: A Potential in Cancer Treatment". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45: 425-445.
- Hwang, I.S. y Hwang B.K. (2011). "The pepper mannose-binding lectins gene CaMLB1 is required to regulate cell death and defense responses to microbial pathogens". *Plant Physiology*. 155: 447-463.
- Hernández, C. P, Eduardo, P.C., Lucía, M. M., Blanca, O. y Gisela, M. (2005). "Las lectinas Vegetales como Modelo de Estudio de las Interacciones Proteína-Carbohidrato". *REB* 24. 1:21-27.
- Islam, B y Khan, A. (2012). *Lectins: To Combat Infections, Protein Purification, Rizwan Ahmad* (Ed.), ISBN: 978-953-307-831-1, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/protein-purification/lectins-to-combat-with-infections>
- Kaur, M., Singh K., Rup, P.J., Kamboj S.S. y Singh, J. (2009). "Anti-insect potential of lectins from *Arisaema* species towards *Bactrocera cucurbitae*". *Journal of Environmental Biology*. 30(6): 1019-1023.
- Lam, S.K. y Ng, T.B. (2011). *Lectin production and practical application. Applied Microbiology Biotechnology*. 89:45-55.
- Linda, J. R, Michael, B. L, y William, H. G (2004). "The Molecular Mechanics of P- and L-Selectin Lectin Domains Binding to PSGL-1". *Biophysical Journal*. 86 (1): 544-554.
- Maree, D. (2005). "Lectins passive defence role in plants". *Biologist*. 52(2):74-79.
- McSweeney, L. A. y Dreyfus L. A. (2005). "Carbohydrate-Binding Specificity of the *Escherichia coli* Cytolethal Distending Toxin CdtA-II and CdtC-II". *American Society for Microbiology*. 73(4): 2051-2060.
- Naik, K.S. y Rao, M. (2012). "Lectin in detection and identification of human blood groups". *V Care For Life Sciences Journal*. 2(2): 46-51.
- Ng, W. Ch., Tate, M.D., Brooks, A.G. y Patrick C. Reading, P.C. (s/f) "Soluble Host Defense Lectins in Innate Immunity to Influenza Virus". *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, vol. 2012, Article ID 732191, 14 pages, 2012. doi:10.1155/2012/732191.
- Oguri, S., Amano, K., Nakashita, H., Nagata, Y. y Momonoki, Y. (2008). "Molecular structure and properties of lectins". *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 72(10): 2640-2650.
- Ortega, E., Ward, H.D., Keusch, G.T., y Pereira E. A. (2005). "Growth Inhibition of the Intestinal Parasite *Giardia lamblia* by a Dietary Lectin Is Associated with Arrest of the Cell Cycle". *American Society for Microbiology*, 71(9): 5197-5207.
- Parret, A.H., Temmerman, K., y De Mot, R. (2005). "Novel Lectin-Like Bacteriocins of Biocontrol Strain *Pseudomonas fluorescens* Pf-5". *American Society for Microbiology*, 73(12), 8188-8193.
- Patnaik, B.B., Saha, A.K., Bindroo, B.B. y Han, Y.S. (2012). "Lectins as possible candidates towards antimicrobial defense in silkworm, *Bombyx mori* L". *African Journal of Biotechnology*. 11(50): 11045-11052.
- Ramallo de Oliveira, C.F., Andrade Luz, L., Guedes Paiva, P.M., Barroso Coelho, L.C.B., Marangoni, S. y Rodrigues Macedo, M.L. (2011). "Evaluation of seed coagulant *Moringa oleifera* lectin (cMoL) as bioinsecticidal tool with potential for the control insects". *Process Biochemistry*. 46: 498-504.
- Sharmistha, S., Nivedita, M., Gyanendra, K., Kanika, B. y Avadhesha, S. (2005). "Unfolding Studies on Soybean Agglutinin and Concanavalin A tetramers: A Comparative Account". *Biophysical Journal*. 88:1300-1310.
- Singh, T., Wu, J., Peumans, W., Rouges, P., Van Damme, E., Alvarez, R.A., Blixt, O. y Wu, A. (2006). "Carbohydrate specificity of an insecticidal lectin isolated from the leaves of *Glechoma hederacea* (ground ivy) towards mammalian glycoconjugates". *Biochemistry Journal*. 393: 331-341.
- Singh, H. y Sarathi, S.P. (2012). "Inside of lectins-A Review. Int". *Journal of Scientific and Engineering Research*. 3(4):1-9.
- Tanuja, S, June, H. W, Willy, J. P, Pierre, R, E, , Van, J. M., Richard, A. A, Ola, B. y Albert, M. W. (2006). "Carbohydrate specificity of an insecticidal lectin isolated from the leaves of *Glechoma hederacea* (ground ivy) towards mammalian glycoconjugates". *Biochem. Journal*. 393: 331-341.
- Trigueros, V., Lougarre, A., Ali-Ahmed, D., Rahbé, Y., Guillot, J., Chavant, L., Fournier, D. y Pauereau L. (2003). *Xerocomus chrysenteron* lectin: identification of a new pesticidal protein. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1621: 292-298.
- Van Damme, E.J.M., Peumans, W.J., Pusztai, A. y Bardocz, S. (1998). *Handbook of Plant Lectins: Properties and Biomedical Applications*. USA. Wiley & Sons. 127-145.
- Wu, Y., Wang, H. y Ng, T.B. (2011). Purification and characterization of a lectin with antiproliferative activity toward cancer cells from the dried fruit bodies of *Lactarius flavidulus*. *Carbohydrate research*. 346: 2576-2581.
- Yang, R. Y., Hsu, D. K. y Liu, F. (2006). "Expression of galectin-3 modulates T-cell growth and apoptosis". *Immunology*. 93: 6737-6742.
- Yoshiyuki, A., Takashi, I., Akiyoshi, H., Hiroshi, T., Jun, A., Shigenori, T. y Naohito, O. (2004). "Characterization of β -Glucan Recognition site on C-Type Lectin, Dectin 1". *American Society for Microbiology*. 72(7): 4159-4171.