



## EL PAPEL DE LAS FITOALEXINAS EN LOS MECANISMOS DE DEFENSA DE LAS PLANTAS

Una respuesta muy común de las plantas frente a ataques no víricos es la que se conoce como respuesta hipersensitiva.

La respuesta hipersensitiva engloba diversos procesos que inician una o más reacciones de defensa, éstas incluyen la síntesis de fitoalexinas, procesos de lignificación, la producción de enzimas hidrolíticas como chitinasas y glucanasas así como la síntesis de glicoproteínas ricas en hidroxiprolina.

Cuando una célula está a punto de morir, se produce una despolarización de la membrana, se pierde el potencial de membrana y la célula muere. Todos estos síntomas son debidos a una disfunción de la membrana.

Hay 2 tipos de elicitores de la respuesta defensiva de las plantas: los bióticos y los abióticos.

### 1) Elicidores abióticos

Muchos agentes físicos y químicos son elicitores muy efectivos. Se puede destacar por ejemplo las sales de metales pesados, la irradiación con rayos ultravioleta, una congelación parcial, radicales libres, .....

Para el caso de las fitoalexinas, se estudiaron su proceso de elicitación en los cotiledones de la semilla de soja a través de la aplicación de nitrato de plata, que provoca la liberación de radicales libres.

El radical hidroxilo desencadena una reacción en cadena de peroxidación de lípidos que puede seguir el esquema siguiente:





Donde R y R<sub>1</sub> son ácidos grasos de las membranas, lo que provoca un daño en la membrana considerable.

## 2) Elicitores bióticos

Se han descrito muchos elicitores en el material vivo que son clasificados de acuerdo a su composición química:

### - *Polisacáridos*

Varias preparaciones de polisacáridos de las paredes celulares de los hongos son elicitores bióticos. El más efectivo para la elicitación de las fitoalexinas es el heptabetaglucósido. Otro muy efectivo es la quitina que es un efectivo elicitor de los procesos de lignificación en el trigo.

### - *Glicoproteínas*

Se describieron una glicoproteína procedente de *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* que provoca la respuesta hipersensitiva de la lignificación en el trigo.

### - *Péptidos y enzimas*

Muchas de las proteínas que tienen actividad elicitora son enzimáticas. Hay que detectar que tanto el elicitor como la actividad de la enzima pueden ser inactivadas por tratamiento térmico.

### - *Ácidos grasos*

Se ha demostrado que una fracción lipídica de las citoesporas de *Phytophthora infestans*, el ácido aracidónico era un efectivo elicitor de terpenoides relacionados con una de las fitoalexina de la patata.



## LAS FITOALEXINAS

### - Introducción

Una definición de fitoalexina es “compuesto de bajo peso molecular con efecto antimicrobiano que se sintetiza y acumula en las plantas tras una exposición a microorganismos”.

Esta definición es muy práctica, pero deja de lado la razón de ser del estudio de estos compuestos; su papel en la defensa de las plantas tras un ataque de microorganismos patógenos.

La primera mención de su existencia data de 1940 con los experimentos de Müller y Börger en patata con *Phytophthora infestans*.

### - Química

Las fitoalexinas pueden ser de muy distinta composición química.

### -Toxicidad

Las fitoalexinas son biocidas y afectan a las bacterias, hongos, nemátodos, animales superiores y plantas. Además, se ha demostrado que algunas fitoalexinas de tipo flavonoide procedentes de legumbres tienen poder estrógeno.

A pesar de su amplia actividad, los organismos varían ampliamente en su sensibilidad a éstas. Así por ejemplo, las bacterias Gram-positivas son más sensibles que las Gram-negativas, las cepas más virulentas de los parásitos que atacan las plantas normalmente toleran mayores concentraciones de fitoalexinas que las menos virulentas.

Estas diferencias se han atribuido a la mayor habilidad de las cepas más virulentas de degradar las fitoalexinas. Las fitoalexinas son sustancias no específicas, que pueden atacar en diversos puntos. Cuando un hongo es tratado con una fitoalexina, su citoplasma rápidamente se granula y todo el contenido celular se pierde.

Hoos y Blaich (1990) investigaron el efecto del resveratrol, una de las fitoalexinas sintetizadas de la vid, en la germinación de los conidios y el crecimiento micelial de 2 hongos de la vid: *Botrytis cinerea* y *Phomopsis viticola*. Ellos probaron que cuando esporas de *B. cinerea* se esparcían sobre la superficie de un aplaca de Petri con agar donde previamente se había añadido la fitoalexina, los tubos del hongo sufrieron malformaciones y dejaron de crecer. A mayores concentraciones el crecimiento era aparentemente normal pero se formaron a los 14 días un gran número de esclerocios, indicadores del estrés.

El Pterostilbene es otra fitoalexina stilbénica de la vid, que fue sintetizada por miembros de Vitaceae. Este compuesto provoca la rápida destrucción de los ribosomas, retículo endoplasmático, membranas mitocondrial y nuclear de *Botrytis cinerea* y en tan sólo 3 horas la membrana plasmática fue totalmente desorganizada (Pezet y Pont, 1990).

- Detoxificación

Al existir distintos tipos químicos de fitoalexinas, el medio por el cual son detoxificadas es también diferente. Sin embargo, hay 2 vías comunes para su detoxificación: por oxidación y por hidratación.

**Oxidación**

La monoxidación es una de las vías por las que las fitoalexinas se vuelven menos tóxicas. Las monoxigenasas pueden atacar a las fitoalexinas en distintos átomos de carbono, estando uno de ellos en la posición 6a.

**Hidratación**

Uno de los requisitos para la actividad antimicrobiana es ser lipófilo, por lo que no es extraño en absoluto que muchas fitoalexinas tengan esa característica. Algunos patógenos, como el *Fusarium solani f. sp. phaseoli* pueden hidratar a 2 fitoalexinas de la judía: la phaseolina y el kievitone.



## EL PAPEL DE LAS FITOALEXINAS EN LA RESISTENCIA

Las principales funciones que se han descrito para considerar que las fitoalexinas juegan un papel importante en la defensa de las plantas son:

- 1) Son compuestos que se acumulan en respuesta a la infección.
- 2) Son compuestos que deben ser inhibidores del organismo invasor.
- 3) Son compuestos que se deben acumular a concentraciones inhibitorias en los alrededores del invasor cuando éste cesa su crecimiento.
- 4) Variaciones en la tasa de acumulación de la fitoalexina provoca la correspondiente variación en la resistencia de la planta.
- 5) Una variación en la sensibilidad del organismo invasor a la fitoalexina provoca la correspondiente variación en su virulencia.

Numerosos estudios demuestran la acumulación de fitoalexinas en respuesta a una infección y su poder inhibitorio para el organismo invasor. Resulta más difícil poder decir que concentración de fitoalexinas es necesaria para que se pueda tener este efecto inhibitorio.

Como conclusión, se podría decir que las fitoalexinas son compuestos antipatógenos de amplio espectro que pertenecen a un gran número de especies químicas y que provocan una inhibición del crecimiento del patógeno.

### Otros datos de interés sobre las fitoalexinas

- Los 3 tipos de grupos de patógenos (nemátodos, hongos y bacterias) han elicitado la acumulación de la misma fitoalexina en algunas plantas.
- Se han descrito más de 350 fitoalexinas de más de 30 familias de plantas distintas. La mayor parte, 130, se han caracterizado a partir de las leguminosas.
- Han sido aisladas de tallos, hojas, raíces y frutos, aunque no son producidas por todos los órganos de las plantas.
- Hay algunas que son más fáciles de encontrar en determinadas familias, como es el caso de las isoflavonoides en leguminosas y los sesquiterpenoides en solanáceas.
- Dentro de la misma familia, su nivel de especificidad es también evidente, así por ejemplo, una fitoalexina norsesquiterpenoide, la risitina, se encuentra en patata y



tabaco pero no en pimiento, mientras que la fitoalexina sesquiterpenoide capsidiol se encuentra en tabaco y pimiento pero no en patata.

- BIOSÍNTESIS: La mayor parte de las rutas de biosíntesis de las fitoalexinas son comunes a todas las plantas (shikimato, acetato-malonato, acetato-mevalonato), y cada una de las fitoalexinas puede derivar de una de las tres rutas o de una combinación de 2 o 3 de ellas.

Dependiendo del tipo de fitoalexina, el hongo y el ensayo realizado, se les puede considerar débiles como agentes antifúngicos.

Aunque no existe ninguna evidencia de que las fitoalexinas sean traslocadas dentro de las plantas, la velocidad con que se acumulan y se localizan en el lugar de la infección hacen que el patógeno encuentre concentraciones mucho más elevadas que al inicio de la infección.