

LA APLICACIÓN EXÓGENA DE PROLINA ENCAPSULADA AUMENTA LA TOLERANCIA DE ARABIDOPSIS A LAS ALTAS TEMPERATURAS

Vanessa A. Avendaño ^{1,2}, Jimmy Sampedro-Guerrero ^{1,2}, Andrea Dalmau-Balaguer ¹, Carolina Clausell-Terol ², Aurelio Gómez-Cadenas ^{1,*}.

1: Departamento de Biología, Bioquímica y Ciencias Naturales, Universitat Jaume I, 12071 Castellón de la Plana, Spain

*autor de correspondencia: aurelio.gomez@uji.es

2: Departamento de Ingeniería Química, Instituto Universitario de Tecnología Cerámica, Universitat Jaume I, 12071 Castellón de la Plana, Spain

palabras clave: adaptación vegetal, fitohormonas, osmolitos, quitosano, sílice

Introducción y objetivo

Las plantas se encuentran permanentemente sujetas a estreses abióticos y bióticos, por lo que han desarrollado mecanismos adaptativos complejos. Los estreses abióticos, tales como, la sequía, la salinidad y las temperaturas extremas, son las causas principales de la disminución de la producción agrícola a nivel mundial, y se prevé que su incidencia aumente debido al cambio climático. En concreto, el estrés por calor perturba el equilibrio celular, obstaculiza el crecimiento y desarrollo vegetal, y conduce a la esterilidad y disminución del rendimiento.

En condiciones de estrés por calor, las plantas exhiben numerosos mecanismos de defensa, destacando el aumento de la síntesis de proteínas de choque térmico y la síntesis de fitohormonas, así como la producción de varios metabolitos que actúan como osmoprotectores. Cuando las plantas se someten a estrés térmico, se produce la síntesis de prolina por inducción de la pirrolina-5-carboxilato sintasa (P5CS), lo que conduce a la acumulación subsiguiente de este aminoácido, mejorando la tolerancia de las plantas y mitigando el daño oxidativo.

Los efectos beneficiosos de la prolina se pueden potenciar mediante técnicas de liberación retardada. En estudios realizados por el Grupo de Ecofisiología y Biotecnología de la Universitat Jaume I, se demostró que es posible potenciar el efecto protector de varios fitoreguladores mediante su encapsulación y liberación controlada [1]. El objetivo principal de este trabajo consiste en desarrollar nuevas formulaciones de prolina encapsulada con diferentes materiales de recubrimiento para aumentar la tolerancia de las plantas de Arabidopsis al estrés por calor.

OPTIMIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE ENCAPSULACIÓN DEL ÁCIDO SALICÍLICO PARA UN ESCALADO INDUSTRIAL SOSTENIBLE

Jimmy Sampedro-Guerrero^{1,2}, Vanessa A. Avendaño^{1,2}, Andrea Dalmau-Balaguer¹, Aurelio Gómez-Cadenas¹, Carolina Clausell-Terol^{2,*}.

1: Departamento de Biología, Bioquímica y Ciencias Naturales, Universitat Jaume I, 12071 Castellón de la Plana, Spain

2: Departamento de Ingeniería Química, Instituto Universitario de Tecnología Cerámica, Universitat Jaume I, 12071 Castellón de la Plana, Spain

*autor de correspondencia: cclausel@uji.es

palabras clave: diseño factorial, fitohormonas, quitosano, secado por pulverización, sílice amorfa

Introducción y objetivo

El cambio climático conduce a alteraciones extremas en el clima, incluyendo períodos de frío intenso, sequías, olas de calor, lluvias extremas e inundaciones. Estos eventos desfavorables pueden afectar a las plantas, alterando su tasa de crecimiento y desarrollo. La percepción de estímulos externos está regulada por fitohormonas, entre ellas el ácido salicílico (SA), que regulan respuestas de crecimiento y defensa. Las fitohormonas encapsuladas han ganado atención como un novedoso tratamiento paliativo para las plantas sometidas a estrés ambiental. Existen varios métodos para encapsular biomoléculas, y entre ellos, la atomización de suspensiones ha surgido como un proceso especialmente atractivo.

En un estudio previo realizado en el Grupo de Ecofisiología y Biotecnología de la Universitat Jaume I, se formularon muestras encapsuladas de SA con sílice/quitosano en diferentes proporciones, y se analizaron sus características físico-químicas, dando como resultado un prometedor producto antifúngico [1]. Sin embargo, se desconoce si la temperatura de pulverización afecta a la estructura y propiedades del SA. Por tanto, este estudio tiene como primer objetivo, formular muestras encapsuladas de SA utilizando un solvente orgánico para reducir la temperatura de trabajo durante la etapa de atomización.

El segundo objetivo se centra en optimizar las dos operaciones unitarias implicadas en el proceso de encapsulación: molienda vía húmeda y secado por atomización. Para ello, se emplea un diseño experimental con un análisis factorial fraccionado de dos niveles para analizar el impacto de las variables clave del proceso: i) contenido en sólidos, ii) velocidad de molienda, iii) tiempo de molienda, iv) temperatura de secado, v) velocidad de alimentación de la suspensión y vi) flujo de aire de secado. El objetivo general es discernir las variables que afectan en mayor medida al proceso y determinar sus valores óptimos para el proceso de encapsulación. Esta optimización tiene un doble propósito: reducir el consumo energético y minimizar la huella ambiental del proceso a escala industrial.

Material y métodos

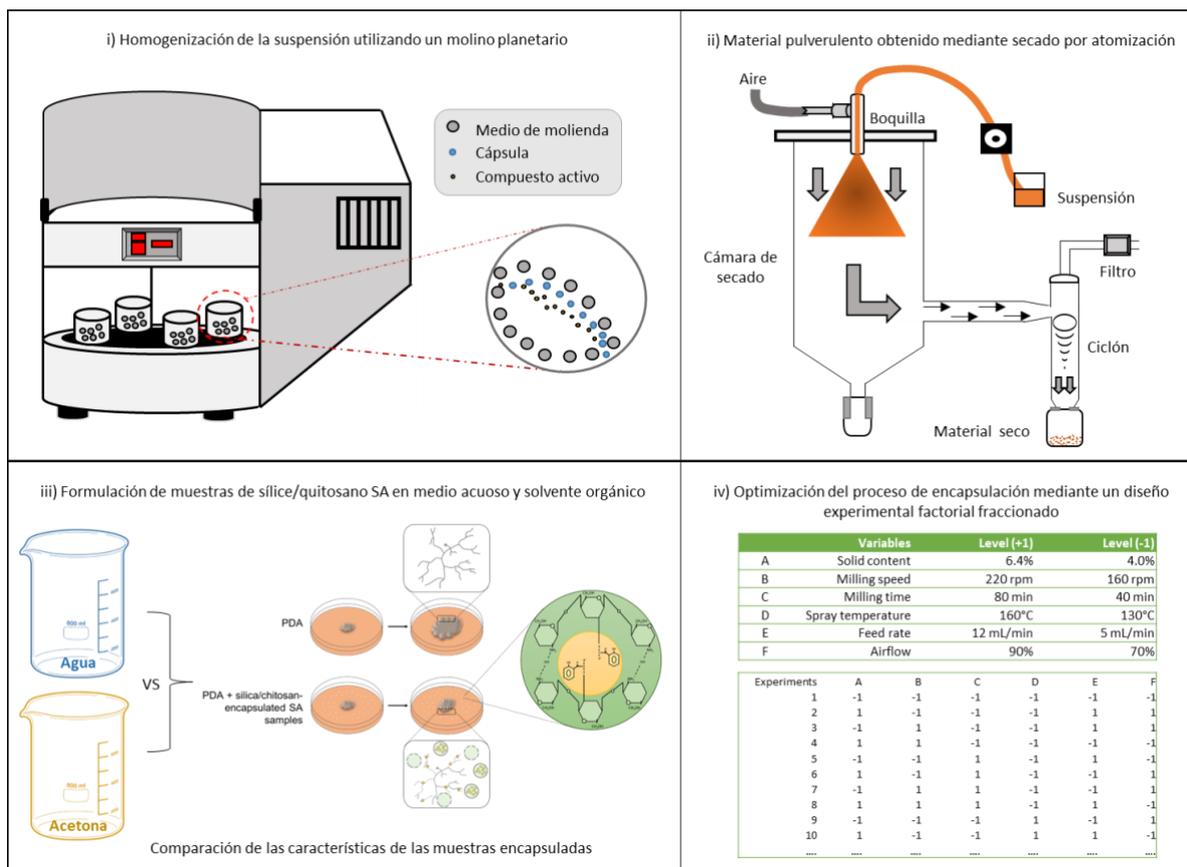


Figura 1. Metodología general empleada

Resultados y conclusión

Los resultados revelan que no es necesario usar un solvente orgánico para reducir la temperatura durante la atomización, puesto que el potencial antifúngico de las muestras de SA encapsulados no mejoró. Los encapsulados formulados con acetona inhibieron de manera efectiva el crecimiento micelial de *Alternaria alternata* y *Penicillium digitatum* en aproximadamente un 50%.

Por otro lado, la optimización del proceso de encapsulación reveló que las variables más influyentes son el contenido en sólidos y la velocidad y tiempo de molienda. Estas tres variables desempeñan un papel crucial en la homogeneización del material y condicionan el desgaste por molienda. Un contenido en sólidos bajo, junto a una mayor velocidad y tiempo de molienda, sobredimensiona el rendimiento y la eficiencia de encapsulación, afectando asimismo a la humedad y la superficie específica de los encapsulados.

De la misma forma, la velocidad de alimentación, el flujo de aire y la temperatura de pulverización son críticos para el secado adecuado de las suspensiones. Una velocidad de alimentación rápida, combinada con un bajo flujo de aire, no proporciona el tiempo necesario para un secado adecuado del material, lo que conduce a su adherencia a las paredes. Estas complicaciones durante el proceso de atomización se traducen en valores bajos en la eficiencia de encapsulación del SA y la disminución de su efecto antifúngico.

El diseño experimental factorial fraccionado permitió optimizar las variables del proceso, mejorando la encapsulación y las propiedades finales de los encapsulados. Estos resultados son un punto de partida valioso para formular otras moléculas derivadas de plantas que tiene un papel crucial en la tolerancia al estrés.

Referencias

- [1] J. Sampedro-Guerrero, V. Vives-Peris, A. Gomez-Cadenas, C. Clausell-Terol, Improvement of salicylic acid biological effect through its encapsulation with silica or chitosan, *Int. J. Biol. Macromol.* 199 (2022) 108–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.124>.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/010), parcialmente financiado por el MCIN con fondos NextGenerationEU de la Unión Europea (PRTR-C17.I1) y por la Generalitat Valenciana.

Material y métodos

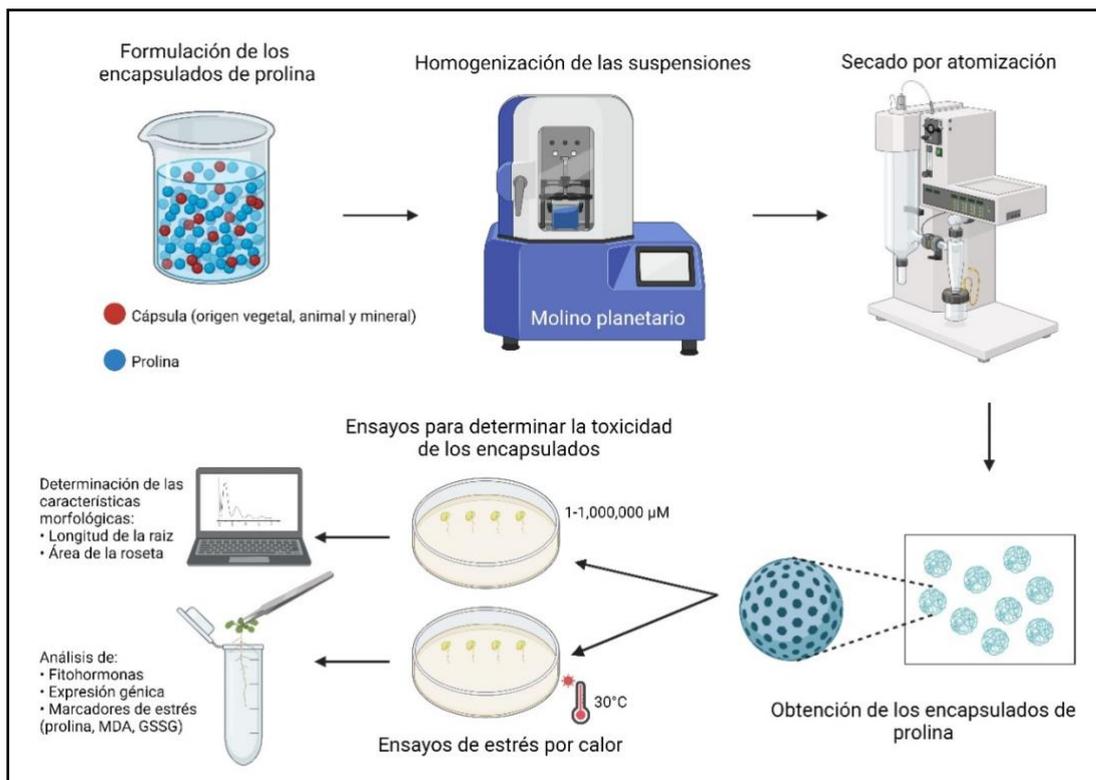


Figura 1. Metodología general empleada.

Resultados y conclusión

Nuestros resultados revelan que concentraciones de prolina libre superiores a 1mM tienen un efecto tóxico en las plantas tratadas. Sin embargo, las plantas tratadas con prolina encapsulada a estas concentraciones muestran síntomas de toxicidad mucho menores. La encapsulación permite una liberación controlada y prolongada en el tiempo, reduciendo la concentración de prolina disponible en el medio.

Una vez definida la concentración óptima para trabajar con los encapsulados, se procedió a someter plantas de *Arabidopsis* a estrés por calor. Se observó que aquellas que crecieron en medios con prolina encapsulada presentaron una mayor tolerancia al estrés. El análisis morfológico mostró que las plantas tratadas con el encapsulado tenían una mayor longitud de raíz y un mayor tamaño de roseta.

La ausencia de cambios morfológicos extremos observados está relacionada con un menor desequilibrio entre el ácido salicílico (SA) y el ácido indolacético (IAA). Además, las plantas tratadas con prolina encapsulada mostraron una expresión controlada de los principales genes implicados en la ruta de biosíntesis de la prolina (PCR y P5CS1) y una baja expresión de los genes transportadores de la misma (ProT1, ProT2 y ProT3), lo que sugiere un equilibrio entre la acumulación y el catabolismo de la prolina.

De igual manera, en la ruta de desintoxicación de la planta, se observa una sobreexpresión de dos genes implicados en el ciclo Ascorbato-Glutatión (MDHAR1 y DHAR2), en las plantas control y en las plantas tratadas con la prolina encapsulada, a diferencia de las plantas tratadas con prolina libre, donde se observa la supresión de la expresión de dichos genes, lo que sugiere que la planta no puede eliminar eficazmente el peróxido de hidrógeno.

Referencias

- [1] J. Sampedro-Guerrero, V. Vives-Peris, A. Gomez-Cadenas, C. Clausell-Terol, Improvement of salicylic acid biological effect through its encapsulation with silica or chitosan, *Int. J. Biol. Macromol.* 199 (2022) 108–120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.12.124>.

Agradecimientos

Este estudio forma parte del programa AGROALNEXT (AGROALNEXT/2022/010), parcialmente financiado por el MCIN con fondos NextGenerationEU de la Unión Europea (PRTR-C17.I1) y por la Generalitat Valenciana.