

Influencia de la aplicación de productos cúpricos comerciales sobre la calidad e incidencia al rajado de tomate cultivado en invernadero



Irene Domínguez^{1*}, Almudena Puchades², Raúl Sampedro², Roxana Tudor¹, María Medrán¹, Paco Romero²

¹ Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica (IFAPA). Centro IFAPA-La Mojonera, Camino de San Nicolás 1, La Mojonera 04475 Almería, España.

² Postharvest Physiology and Biotechnology for Food Sustainability (PP4FS) Lab. Dept. Biotecnología de Alimentos, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). Av. Catedrático Agustín Escardino, 7. 46980 Paterna (Valencia, España).

*Autor de correspondencia: E-mail: irene.dominguez.perez@juntadeandalucia.es

Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica, Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural

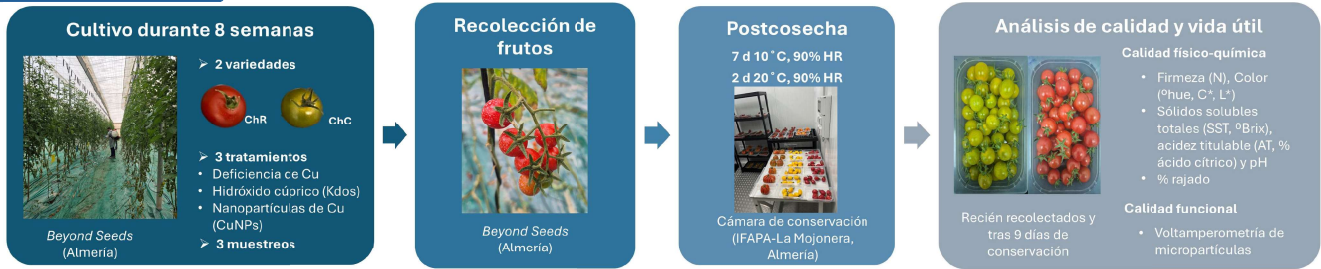
iata EXCELENCIA SEVERO OCHOA
Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos

CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

ANTECEDENTES Y OBJETIVO

El rajado del fruto es una fisiopatía que provoca importantes pérdidas económicas y contribuye al desperdicio alimentario. Aunque su origen es multifactorial y fuertemente dependiente del genotipo, estudios recientes demuestran que la deficiencia de cobre (Cu) durante el cultivo incrementa hasta cinco veces la susceptibilidad al rajado en tomate. El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la aplicación foliar de dos formulaciones cúpricas comerciales, hidróxido cúprico (Kdos) y nanopartículas de Cu (CuNPs), sobre la calidad físico química, la actividad redox y la incidencia de rajado en dos variedades precomerciales de tomate Cherry con diferente susceptibilidad al rajado (ChC; variedad sensible / ChR; variedad resistente) crecidas en fincas experimentales de Almería.

DISEÑO EXPERIMENTAL



RESULTADOS

En relación con la firmeza, a día 0 la variedad ChR presentó valores superiores a ChC (Tabla 1.A). Durante la conservación, se observó un incremento general de los SST de día 0 a 9 en ambas variedades, aunque con distinta magnitud según el tratamiento (Tabla 1.B). El análisis de varianza (Tabla 2) confirmó un efecto significativo del tiempo de conservación sobre varios parámetros de calidad, destacando especialmente su influencia en firmeza y SST.

Tabla 1. (A) Parámetros de calidad de las dos variedades de tomate de muestras recién traídas de campo (Día 0). (B) Sólidos solubles totales de ambas variedades de tomate a 0 y 9 días tras su conservación.

	Firmeza (N)			pH			AT (%)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Deficiencia	6,91 ± 0,59	5,29 ± 0,22	5,71 ± 1,13	4,53 ± 0,02	4,50 ± 0,30	4,75 ± 0,02	0,98 ± 0,04	0,91 ± 0,04	0,91 ± 0,11
Kdos	6,21 ± 0,68	5,78 ± 1,16	6,42 ± 1,22	4,57 ± 0,10	4,54 ± 0,24	4,77 ± 0,02	0,74 ± 0,10	0,61 ± 0,02	0,57 ± 0,02
NanoCu	6,29 ± 0,42	6,39 ± 1,29	6,42 ± 0,78	4,45 ± 0,02	4,58 ± 0,02	4,77 ± 0,14	0,95 ± 0,05	0,95 ± 0,11	0,62 ± 0,05
	***	***	ns	***	***	***	***	***	***

La deficiencia de Cu incrementó la incidencia de rajado en ambas variedades, especialmente en la variedad susceptible (ChC), donde se observaron los mayores valores de rajado acumulado (Fig.1). La aplicación de Kdos redujo significativamente este fenómeno, mientras que CuNPs mostró valores intermedios. Esta tendencia se reflejó en la velocidad de aparición del rajado (pendiente b), mayor en deficiencia (10,3) que en Kdos (4,6) y CuNPs (8,4). En la variedad menos susceptible (ChR), aunque sin diferencias significativas, se observó una tendencia similar, con menor rajado acumulado y velocidad en los tratamientos con aporte de Cu, especialmente en CuNPs (3,2) frente a la deficiencia (6,3).

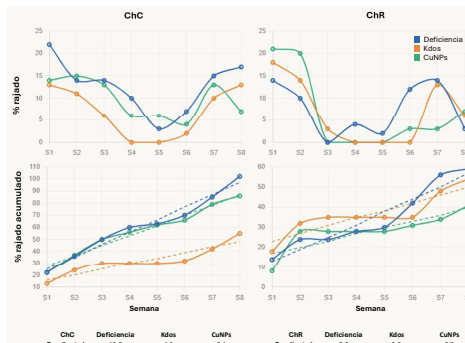


Figura 1. Evolución del % de rajado y rajado acumulado en frutos. Se aplicaron 3 tratamientos: deficiencia de cobre (Deficiencia), fertilización convencional de Cu (Kdos) y aplicación de nanopartículas de Cu (CuNPs), a lo largo de 8 semanas de seguimiento (S1-S8). El % de rajado semanal representa los frutos rajados en cada punto temporal, mientras que el rajado acumulado corresponde a la suma progresiva de dichos valores a lo largo del tiempo. La dinámica temporal del rajado se describe mediante un ajuste lineal (rajado acumulado = a + b·semana), donde la pendiente (b) se interpreta como la velocidad de aparición del rajado. Valores más altos de b indican una mayor rapidez en la acumulación de frutos rajados.

Tabla 2. Análisis de la varianza de los parámetros de calidad.

Parámetro	Deficiencia	Kdos	CuNPs	Tiempo	T x Tratamiento	T x Deficiencia	T x Kdos	T x CuNPs
Firmeza (N)	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
pH	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
AT (% ácido cítrico)	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
SST (°Brix)	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
%Cu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
L*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Los asteriscos (*, **, ***) indican diferencias significativas (p < 0,05; 0,01; 0,001, respectivamente) ns = no significativo; cv = variedad (ChC/ChR); M = muestra (1, 2 y 3); T = Tratamiento (Deficiencia / Kdos / CuNPs); t = Tiempo de conservación (Día 0 / Día 9).

Los voltamperogramas (Fig. 3) mostraron variaciones en los picos redox (A₁-A₄) y la presencia de un pico característico de Cu en los tratamientos con aporte de este elemento (Kdos y CuNPs). En el análisis comparativo (Fig. 2), en ChC se observó que el efecto del tratamiento dependió del momento de muestreo, destacando un comportamiento diferencial de CuNPs en fases tardías. En ChR, el patrón fue más estable, con una separación clara de Kdos respecto a deficiencia y CuNPs.

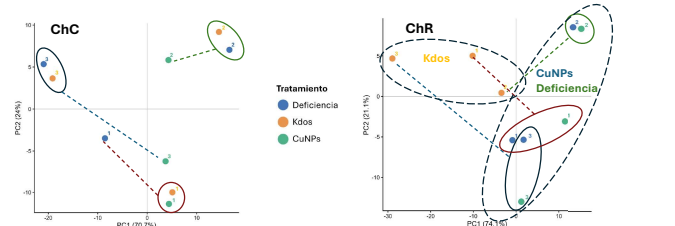


Figura 2. Análisis comparativo del perfil redox de dos variedades de tomate bajo 3 tratamientos. Análisis de componentes principales (APC) del análisis electroquímico de frutos de tomate de las variedades ChC y ChR sometidas a tres tratamientos: deficiencia de Cu (Deficiencia), fertilización convencional (Kdos) y aplicación de nanopartículas de Cu (CuNPs). Cada punto representa el promedio de 9 medidas, y los números asociados (1-3) indican los distintos tiempos de muestreo. Los ejes PC1 y PC2 muestran el porcentaje de varianza explicada indicado entre paréntesis.

CONCLUSIONES

- Las formulaciones cúpricas no comprometieron los principales parámetros de calidad ni la aptitud postcosecha de los frutos. La aplicación de CuNPs favoreció la acumulación de SST, especialmente en la variedad susceptible (ChC) durante la conservación.
- La deficiencia de Cu incrementó la incidencia y velocidad de acumulación del rajado de forma varietal-dependiente, siendo más pronunciada en la variedad susceptible (ChC).
- La formulación cúprica determinó el modo de acción sobre el rajado. Kdos mostró una mayor eficacia en la reducción del rajado en la variedad susceptible, mientras que CuNPs presentó una respuesta más gradual, consistente con diferencias en la disponibilidad del Cu según la formulación.
- El análisis electroquímico evidenció que el Cu, según su formulación, moduló el perfil redox fenólico de los frutos de forma varietal y temporalmente dependiente, apuntando a su papel en la regulación de la capacidad antioxidante.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto CRACKTOM Project PID2023-153249B-I00 (MCIU/AEI/FEDER). Se agradece también el apoyo técnico de la Fundación Cellbitech.

