

III Reunión Nacional de Carotenoides y I Reunión Hispano-Portuguesa de Carotenoides

ESTRATEGIAS Y HERRAMIENTAS QUE OFRECEN NUEVAS OPORTUNIDADES PARA LA BIOFORTIFICACIÓN DE CAROTENOIDES EN ESPECIES TRITICEAE

Requena-Ramírez, M.D.¹, Rodríguez Suárez, C.¹, Hornero-Méndez, D.² and Atienza, S.G.¹

¹ Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Avda, Menéndez Pidal s/n, E-14004, Córdoba, España

² Departamento de Fitoquímica, Instituto de la Grasa, CSIC. Campus Universidad Pablo de Olavide, Edificio 46. Ctra. de Utrera, Km 1, E-41013, Sevilla, España

Resumen

Los carotenoides son los responsables del contenido de pigmento amarillo (YPC) en grano de los cereales, siendo éste un importante rasgo de calidad en los programas de mejora de trigo duro y trigo harinero. El tritórdeo, el anfiploide derivado del cruce entre *Hordeum chilense* y trigo duro, presenta un alto contenido en carotenoides que proporciona un característico color dorado a sus productos derivados. La importancia de YPC ha fomentado el desarrollo de numerosos estudios destinados a identificar su base genética. Estos estudios identificaron al principal QTL (“*Quantitative Trait Locus*”) para YPC en el grupo homeólogo 7 en las Triticíneas. Trabajos posteriores permitieron determinar que este QTL se corresponde con el gen *Fitoeno sintasa 1*.

La luteína es el carotenoide más abundante en el endospermo de las Triticíneas y puede encontrarse en su forma libre o esterificada con ácidos grasos formando monoésteres o diésteres. La esterificación con ácidos grasos es un mecanismo común de secuestro y acumulación de carotenoides en las plantas. Los carotenoides esterificados son más estables que los no esterificados, preservando así su actividad antioxidante. La pérdida catabólica de carotenoides en los cereales se debe principalmente a su procesamiento y almacenamiento industrial. Por esta razón, la esterificación de carotenoides podría incorporarse como carácter de selección en los programas de mejora con la finalidad de aumentar el contenido de carotenoides de los granos de cereales y mejorar la retención de carotenoides a lo largo de la cadena alimentaria. Hasta hace poco, los mecanismos genéticos y bioquímicos que controlan y gobiernan la esterificación de carotenoides con ácidos grasos en las plantas eran poco conocidos. Nuestro trabajo está contribuyendo a una comprensión más detallada de este proceso, en particular en los cereales.

En este trabajo resumimos los avances recientes en nuestra línea de investigación sobre esterificación de carotenoides en cereales, incluyendo: (1) La identificación de las primeras accesiones de trigo duro con capacidad de esterificación de carotenoides; (2) Los avances en la determinación de las bases genéticas de la esterificación de carotenoides con la identificación de los genes *XAT-7A1* y *XAT-7Hch* de trigo duro y *H. chilense*, respectivamente, y su potencial para su uso en programas de mejora de trigo duro; (3) La identificación de MTAs (“*Marker-Trait Associations*”) para carotenoides específicos y contenido total de carotenoides en grano mediante GWAS (“*Genome Wide Association Scan*”); (4) El desarrollo de líneas de trigo harinero enriquecidas en el contenido de carotenoides en grano mediante mejora interespecífica. Estos resultados ofrecen nuevas oportunidades para la biofortificación en carotenoides del trigo y especies relacionadas.

Palabras clave: Carotenoides, ésteres, luteína, tritórdeo, trigo.

Agradecimientos: Esta investigación fue financiada por el proyecto PID2021-122152NBI00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por “FEDER Una forma de hacer Europa”. M.D.R.-R. fue financiada por PRE2018-084037 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y el FSE “ESF invirtiendo en tu futuro”. All authors are members of WheatNet (Conexión CSIC, Trigo). D.H.-M. is member of the Spanish Carotenoid Network (CaRed), grant RED2022-134577-T. S.G.A. and C.R.-S. are members of the Spanish Research Network CeReS, grant RED2022-134922-T. Both networks are funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033. We thank Qualifica Project [QUAL21_023 IAS] funded by Junta de Andalucía for support of IAS-CSIC.

III Reunión Nacional de Carotenoides y I Reunión Hispano-Portuguesa de Carotenoides

Participación preferida: oral_X _

STRATEGIES AND TOOLS OFFERING NEW OPPORTUNITIES FOR CAROTENOID BIOFORTIFICATION IN TRITICEAE SPECIES

Requena-Ramírez, M.D.¹, Rodríguez Suárez, C.¹, Hornero-Méndez, D.² and Atienza, S.G.¹

¹ Institute for Sustainable Agriculture, CSIC, Avda, Menéndez Pidal s/n, E-14004, Córdoba, Spain

² Department of Food Phytochemistry, Instituto de la Grasa, CSIC. Campus Universidad Pablo de Olavide, Edificio 46. Ctra. de Utrera, Km 1, E-41013, Sevilla, Spain

Abstract

Carotenoids are responsible for the yellow pigment content (YPC) in cereal grains, which is an important quality trait in both durum wheat and common wheat breeding programmes. Tritordeum, the amphiploid derived from the cross between the wild barley *Hordeum chilense* and durum wheat, has a remarkably high carotenoid content, giving its derivatives products a characteristic golden colour. The significance of YPC has promoted genetic studies which identified the main QTL (Quantitative trait loci) for YPC on the homoeologous group 7 in Triticeae species. Later studies showed that this QTL was associated with variations in the *Phytoene synthase 1* gene.

Lutein is the most abundant carotenoid in the endosperm of Triticeae species and it can be found in its free form or esterified with fatty acids forming monoesters or diesters. Esterification with fatty acids is a common mechanism for carotenoid sequestration and accumulation in plants. Esterified carotenoids are more stable than non-esterified carotenoids, thereby preserving their antioxidant activity. The catabolic loss of carotenoids in cereals is largely due to their inherent industrial processing and storage. Consequently, carotenoid esterification could be incorporated as a trait in breeding programmes with the objective of enhancing the carotenoid content of cereal grains and improving carotenoid retention throughout the food chain. Until recently, the genetic and biochemical mechanisms underlying the esterification of carotenoids with fatty acids in plants were poorly understood. Our work is contributing to a more detailed understanding of this process, particularly in cereals.

In this work, we summarise the recent advances in our research line on carotenoid content and esterification in cereals, including: (1) The first report of durum wheat accessions with carotenoid esterification ability; (2) The advances in determining the genetic basis of carotenoid esterification with the identification of the *XAT-7A1* and *XAT-7H^{eh}* genes from durum wheat and *H. chilense*, respectively, and their potential for durum wheat breeding programmes; (3) The identification of MTAs (marker-trait associations) for specific carotenoids and total grain carotenoid content by genome wide association scan (GWAS); (4) The development of enriched bread wheat lines for grain carotenoid content by inter-specific breeding. These results offer new opportunities for the biofortification of wheat and related species with carotenoids.

Keywords: Carotenoids, esters, lutein, tritordeum, wheat.

Acknowledgements: This research was financed by project PID2021-122152NBI00, funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ and by ERDF “ERDF A way of making Europe”. M.D.R.-R. was supported by PRE2018-084037 funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033 and ESF “ESF investing in your future”. All authors are members of WheatNet (Conexión CSIC, Trigo). D.H.-M. is member of the Spanish Carotenoid Network (CaRed), grant RED2022-134577-T. S.G.A. and C.R.-S. are members of the Spanish Research Network CeReS, grant RED2022-134922-T. Both networks are funded by MCIN/AEI/10.13039/501100011033. We thank Qualifica Project [QUAL21_023 IAS] funded by Junta de Andalucía for support of IAS-CSIC.

III Reunión Nacional de Carotenoides y I Reunión Hispano-Portuguesa de Carotenoides

Preferred participation: **oral X**