



ATN-RF-18757-RG Edición Genética para el Mejoramiento en Especies Vegetales y Animales

Producto 3: Documento de trabajo técnico presentado a una revista científica que reporte sobre plantas editadas y caracterizadas para endulzamiento inducido por frío

Gabriela Alejandra Massa, Cecilia Andrea Décima Oneto, Anabela Poulsen Hornum, Ailín Arizmendi, Matías Nicolás González, Sofía Sucar, Silvina Beatriz Divito, Sergio Enrique Feingold

2025



FONTAGRO



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Gabriela Alejandra Massa, Cecilia Andrea Décima Oneto, Anabela Poulsen Hornum, Ailín Arizmendi, Matías Nicolás González, Sofía Sucar, Silvina Beatriz Divito, Sergio Enrique Feingold

Copyright © 2025 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Resumen Ejecutivo	4
Abstract	5
Introducción.....	6
Justificación de la Investigación.....	7
Objetivos de la Investigación	8
Resultados	9
Conclusiones.....	10
Anexo.....	11



RESUMEN EJECUTIVO

El artículo científico presentado es un [estudio](#) que presenta el desarrollo de nuevas variedades de papa editadas genéticamente mediante la tecnología CRISPR/Cas9, con el fin de mejorar su capacidad de almacenamiento en frío y resistencia al pardeamiento enzimático. Los investigadores del INTA-CONICET (Argentina) lograron eliminar la actividad de dos genes clave: vacuolar invertase (InvVac), responsable del endulzamiento por frío, y polyphenol oxidase 2 (PPO2), involucrado en el oscurecimiento de los tubérculos dañados.

Las líneas resultantes mostraron una notable mejora en la calidad de fritura y en la estabilidad de color, incluso después de 120 días de almacenamiento a 4 °C. En particular, la línea 6A (cv. Atlantic), rebautizada como PIRU INTA, mantuvo niveles bajos de azúcares reductores y una coloración clara en las papas fritas, convirtiéndose en una candidata para registro varietal. Asimismo, las líneas derivadas de Spunta (E03-3 y E04-5B) mostraron reducciones de hasta un 80 % en el pardeamiento enzimático.

Este trabajo demuestra el potencial de las herramientas de edición génica no transgénicas para mejorar cultivos de importancia alimentaria sin introducir ADN foráneo, lo que constituye un avance estratégico para el sector agroalimentario latinoamericano.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*; edición genómica, invertasa vacuolar, endulzamiento inducido por frío, pardeamiento enzimático, polifenol oxidasa, múltiples objetivos, ribonucleoproteína



ABSTRACT

The scientific article presented is a study that reports the development of new genetically edited potato varieties using CRISPR/Cas9 technology, aimed at improving their cold storage capacity and resistance to enzymatic browning. Researchers from INTA-CONICET (Argentina) successfully eliminated the activity of two key genes: vacuolar invertase (InvVac), responsible for cold-induced sweetening, and polyphenol oxidase 2 (PPO2), involved in the darkening of damaged tubers.

The resulting lines showed a remarkable improvement in frying quality and color stability, even after 120 days of storage at 4 °C. In particular, line 6A (cv. Atlantic), renamed PIRU INTA, maintained low levels of reducing sugars and a light color in fried chips, becoming a candidate for varietal registration. Likewise, the Spunta-derived lines (E03-3 and E04-5B) showed reductions of up to 80% in enzymatic browning.

This work demonstrates the potential of non-transgenic gene-editing tools to improve food crops without introducing foreign DNA, representing a strategic advance for the Latin American agri-food sector.

Keywords: *Solanum tuberosum*; genome editing; vacuolar invertase; cold-induced sweetening; enzymatic browning; polyphenol oxidase; multi-target; ribonucleoprotein



INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo más producido a nivel mundial y el tercero en importancia alimentaria. Sin embargo, su calidad poscosecha se ve afectada por dos problemas críticos: el endulzamiento inducido por frío (CIS) y el pardeamiento enzimático.

Durante el almacenamiento a bajas temperaturas, la enzima vacuolar invertase descompone la sacarosa en glucosa y fructosa, provocando el oscurecimiento del producto al freírse y la formación del compuesto potencialmente tóxico acrilamida. A su vez, el daño mecánico durante la cosecha activa la enzima polifenol oxidasa (PPO2), que oxida compuestos fenólicos y genera manchas oscuras en el tubérculo.

El mejoramiento convencional de papa enfrenta grandes limitaciones debido a su naturaleza tetraploide y clonada, lo que dificulta el cruce y selección de rasgos deseables. Por ello, la aplicación de técnicas de edición génica como CRISPR/Cas9 ofrece una alternativa precisa y rápida para modificar genes específicos sin introducir ADN extraño, generando productos no considerados OGM en muchas legislaciones.

Este estudio se planteó como parte de la estrategia de INTA para generar variedades adaptadas al almacenamiento prolongado y a las exigencias de la industria procesadora, garantizando a la vez un enfoque sostenible en la cadena alimentaria.



JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio surge de la necesidad de reducir pérdidas postcosecha y mejorar la calidad industrial de la papa, uno de los alimentos más consumidos del mundo. Las pérdidas por deterioro, oscurecimiento o acumulación de azúcares durante el almacenamiento representan un problema económico y ambiental significativo.

El almacenamiento en frío es una práctica esencial para evitar brotación y enfermedades, pero tiene como efecto secundario el aumento de los azúcares reductores, deteriorando la calidad del producto frito. Asimismo, el pardeamiento enzimático afecta la apariencia y valor comercial, generando desperdicio.

El uso de CRISPR/Cas9 permite eliminar la función de genes específicos relacionados con estos procesos sin incorporar ADN externo, lo que ofrece ventajas regulatorias y una mayor aceptación pública frente a los organismos genéticamente modificados.

Desde una perspectiva regional, la investigación busca fortalecer la autonomía tecnológica latinoamericana en la generación de variedades mejoradas mediante biotecnología avanzada, impulsando la competitividad agrícola y la seguridad alimentaria.



OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Desarrollar líneas de papa editadas en los genes *vacuolar invertase* (InvVac) y *polyphenol oxidase 2* (PPO2) mediante la tecnología CRISPR/Cas9.
2. Evaluar la resistencia al endulzamiento por frío (CIS) y al pardeamiento enzimático en las variedades *Atlantic* y *Spunta*.
3. Analizar la calidad de fritura, el contenido de azúcares y la estabilidad del color de las líneas editadas durante el almacenamiento prolongado a 4 °C.
4. Realizar pruebas de campo con las líneas más prometedoras para validar su desempeño agronómico y su potencial de registro varietal.
5. Demostrar la aplicabilidad de la edición génica no transgénica en la mejora de cultivos básicos en la región, con enfoque en sostenibilidad y reducción de desperdicios.



RESULTADOS

La edición génica se aplicó exitosamente en ambas variedades, obteniéndose líneas con mutaciones en los genes objetivos confirmadas mediante análisis de secuenciación (NGS).

- En la variedad Atlantic, la línea 6A (PIRU INTA) mostró una eliminación completa del gen *InvVac*, manteniendo la calidad de fritura y bajos niveles de azúcares durante 120 días a 4 °C.
- En la variedad Spunta, las líneas E03-3 y E04-5B presentaron ediciones simultáneas en *InvVac* y *PPO2*, reduciendo el pardeamiento enzimático en 40 % y 80 %, respectivamente.
- La línea PIRU INTA mantuvo coloraciones claras de chip (puntaje 8.5/9) después de 90 días, mientras que la variedad no editada mostró un oscurecimiento severo a los 15 días.
- Aunque el rendimiento de campo fue un 56 % menor en PIRU INTA, se comprobó que esta línea conserva su calidad durante almacenamiento prolongado, lo que puede compensar económicamente la menor productividad al reducir mermas y costos logísticos.

Estos resultados confirman que la edición génica dirigida puede generar papas de almacenamiento prolongado, menor desperdicio y mayor valor industrial sin alterar su composición genética global.



CONCLUSIONES

El trabajo demuestra que la edición génica CRISPR/Cas9 es una herramienta eficaz para mejorar rasgos de calidad poscosecha en papa, permitiendo la creación de líneas no transgénicas con resistencia a daños y almacenamiento prolongado.

La eliminación del gen *InvVac* redujo significativamente la acumulación de azúcares reductores, mientras que la edición de *PPO2* disminuyó el pardeamiento por oxidación. La línea PIRU INTA, en particular, se destaca como la primera papa editada desarrollada por un equipo latinoamericano con potencial de registro varietal.

A pesar de la ligera penalización en rendimiento, el impacto positivo en la calidad, almacenamiento y sustentabilidad del procesamiento resulta considerable. Esta innovación permitirá reducir la dependencia de importaciones de papa industrial y disminuir el desperdicio alimentario.

El estudio consolida el liderazgo de Argentina y América Latina en el uso responsable de biotecnología avanzada aplicada a cultivos básicos, alineándose con los objetivos globales de seguridad alimentaria y agricultura sostenible.

Este trabajo constituye un hito para la biotecnología agrícola latinoamericana, al ser desarrollado íntegramente por instituciones públicas de la región (INTA–CONICET). Demuestra que los países del sur global pueden producir innovación de frontera en edición génica aplicada a cultivos estratégicos.

La metodología no transgénica utilizada abre oportunidades regulatorias y comerciales, facilitando la aceptación del producto tanto en mercados locales como internacionales. Además, fortalece la capacidad científica regional para adaptar la tecnología CRISPR a otros cultivos como soja, maíz, caña de azúcar y yuca, ampliando su impacto.

Desde una perspectiva socioeconómica, el desarrollo de PIRU INTA y las líneas editadas de Spunta permite reducir pérdidas, prolongar la oferta de materia prima local y disminuir la huella de carbono del transporte de papas procesadas.

Finalmente, este avance impulsa la formación de redes de colaboración científica regional, promueve la independencia tecnológica y posiciona a Latinoamérica como referente en la aplicación ética y sostenible de la edición génica en agricultura.

***Nota:** En anexo los datos del de la publicación.

ANEXO

Massa, G.A.; Décima Oneto, C.A.; González, M.N.; Poulsen Hornum, A.; Arizmendi, A.; Sucar, S.; Divito, S.B.; Feingold, S.E. CRISPR/Cas9-Mediated Development of Potato Varieties with Long-Term Cold Storage and Bruising Resistance. *Biology* 2025, 14, 445. <https://doi.org/10.3390/biology14040445>

Link: <https://www.mdpi.com/2079-7737/14/4/445>

Correction published on 26 June 2025, see *Biology* 2025, 14(7), 768.

IK

Order Article Reprints



Open Access Article

CRISPR/Cas9-Mediated Development of Potato Varieties with Long-Term Cold Storage and Bruising Resistance

by Gabriela Alejandra Massa ^{1,2,*}, Cecilia Andrea Décima Oneto ^{1,2,†}, Matías Nicolás González ^{1,‡}, Anabela Poulsen Hornum ^{1,2}, Ailín Arizmendi ¹, Sofia Sucar ¹, Silvina Beatriz Divito ¹ and Sergio Enrique Feingold ^{1,*}

¹ Laboratorio de Agrobiotecnología, EEA Balcarce-IPADS (UEDD INTA–CONICET), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Balcarce B7620, Argentina

² Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce B7620, Argentina

* Authors to whom correspondence should be addressed.

† Current address: Plant Science Division, School of Life Sciences, University of Dundee, Dow Street, Dundee DD1 5EH, Scotland, UK.

‡ Current address: Department of Plant Breeding, Swedish University of Agricultural Sciences, SLU Alnarp, Box 190, 234 22 Lomma, Sweden.

Biology 2025, 14(4), 445; <https://doi.org/10.3390/biology14040445>

Submission received: 3 April 2025 / Revised: 18 April 2025 / Accepted: 18 April 2025 /

Published: 20 April 2025 / Corrected: 26 June 2025

(This article belongs to the Special Issue Mining Favorable Alleles for Crop Yield, Biotic and Abiotic Stress Tolerance)

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org