



**MAÍZIFICANDO
CONCIENCIA**
XII CONGRESO NACIONAL DE MAÍZ

Eje

Comercialización. Usos y maíces especiales

8, 9 y 10 de Noviembre
Pergamino, BA
UNNOBA



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Ministerio de Economía
Argentina

2022





MAÍZ DE ALTA LISINA= ALTERNATIVA PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Corcuera VR¹⁻²⁻³; Giménez S³; Morlio S³; García MD²⁻⁴

¹Com. Investig. Científicas Pcia. Buenos Aires, Calle 526 e/1º y 11, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina; ²IIPAAS (FCA UNLZ-CIC), RP 4 Km 2, (1836) Llavallol, Buenos Aires, Argentina; ³Cátedra Ind. Cadena de Cereales y Oleaginosas, FCA UNLZ, Av. Juan XXIII y RP4, (1836) Llavallol, Argentina; ⁴Cátedra Fisiología Vegetal, FCA UNLZ, Av. Juan XXIII y RP4, (1836) Llavallol, Argentina. Correo electrónico= vrcorcuera@gmail.com; mariadinagarcia@gmail.com.

HIGH LYSINE CORN= ALTERNATIVE FOR THE FOOD INDUSTRY

Abstract

Lysine content in endosperm flours of three experimental hybrids with different doses of the recessive gene opaque-2 was determined using spectrophotometry and a modification of ninhydrin technique proposed by Beckwith et al. (1975). Another experimental hybrid with no nucle alleles of opaque-2 that produces flint kernels was used as tester. Kernels of all these genotypes were treated and milled to produce nixtamal. The accessions with two or three doses of the null allele yielded 3.32-5.53 µg Lysine/mg endosperm flour being these values three times greater than that of the tester. Finally, the three quality protein hybrids produced soft texture and semi-elastic doughs as a result of nixtamalization.

Palabras claves

Maíz; Lisina; Nixtamalización; Harinas; Industria

Keywords

Corn; Lysine; Nixtamalization; Flours; Industry



Introducción

Los requerimientos de los consumidores imponen el ofrecimiento de una mayor diversidad de productos más saludables, nutritivos, con menor utilización de aditivos-fortificantes y a buen precio. Ello condiciona a las empresas de alimentos a exigir a los agricultores materia prima con calidad superior interpretando a ésta como el conjunto de propiedades que confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas. Un alimento procesado de calidad se origina en ingredientes de calidad y aquí encaja el concepto de valor mejorado que surgió en la industria del maíz. Los maíces productores de granos con calidad diferenciada se los llama VEC (Value Enhanced Corn) y entre otros incluyen a los genotipos con alta concentración de lisina en grano.

La Fundación Agropecuaria para el Desarrollo (FADA) ha señalado que el potencial del agro bonaerense está basado en tres ejes temáticos que son producción, generación de empleo e ingreso de divisas. Sin embargo, para incrementar el ingreso de divisas por exportaciones y en consecuencia el PBI es mandatorio transformar o industrializar las commodities. Los maíces de alta lisina pueden ser destinados para consumo directo o como suplemento dietario de aves y cerdos. Ambos clusters representan al segundo y tercer puesto en la producción primaria de carnes bonaerenses. El consumo de maíces de alta calidad proteica está recomendado para prevenir y corregir problemas de desnutrición en grupos de riesgo como lactantes y niños hasta 6 años, madres en gestación, ancianos, inmuno-suprimidos, etc. (Vivek et al., 2008). El desarrollo de estrategias para mejorar el aporte nutricional de las proteínas del endosperma del grano de maíz es un objetivo prioritario en muchas naciones (Kriz, 2009) pero no ha sido un aspecto suficientemente considerado en nuestro país.

En la campaña 2021/22 se cosecharon alrededor de 59 millones de toneladas (Fuente=www.magyp.gov.ar/sitio/areas/estimaciones/monitor/). Sin embargo, la Bolsa de Comercio de Rosario estimó una producción de 51 millones de toneladas para la misma campaña (Fuente=www.bcr.com.ar/es/mercados/gea/estimaciones-nacionales-de-produccion/estimaciones). El maíz es el principal grano producido en nuestro país en los últimos años postergando en segundo lugar a la soja. Alrededor del 70% de la producción nacional de maíz es exportada como grano y el resto se consume en el país

(Fuente= www.agrositio.com.ar/noticia/221816-aporte-del-maiz-a-la-economia-argentina).

El consumo nacional de maíz se reparte de la siguiente manera= 80% para alimentación animal (36% bovinos, 26% aves, 10% leche y 8% porcinos); 23% es industrializado (molienda seca y húmeda, producción de etanol y alcohol etílico) mientras que el otro 4% es utilizado para producir etanol y alcohol etílico) y el 1,2% representa la actividad de los criaderos de semilla (Fuente=www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/produccion-y). La cadena de agregado de valor del maíz o Complejo Maicero reconoce dos sectores= a. Producción de granos y todas las Industrias y Servicios complementarios; b. Industrialización bajo la modalidad de Primera y Segunda Transformación. Es generadora de empleo unos 676.000 puestos de empleo directos y contribuye con algo más de 20.000 millones de dólares al PBI

(Fuente=www.agrositio.com.ar/noticia/223941-el-pbi-del-maiz-crecio-145-en-los-ultimos-6-anos-supero-los-us-20000-millones-y-genera-230000-puestos-de-trabajo).

Las harinas de maíz se obtienen mediante molienda seca pero es conveniente acrecentar el contenido y calidad de los macro y micro nutrientes para mejorar sus propiedades nutritivas debido a que el



grano de maíz tiene un contenido insuficiente o desequilibrado de lisina, triptófano, vitaminas B y C así como de hierro y yodo. Esto puede lograrse mediante fortificación exógena agregando harina de soja, germen de maíz, pequeñas cantidades de proteínas y micronutrientes (Bressani & Marengo, 1963; Bressani & Elias, 1969; Barbieri & Casiraghi, 1983). Sin embargo, para obtener productos de alto valor nutritivo y aceptabilidad la fortificación endógena o biofortificación es el modo más conveniente de optimizar la calidad nutricional del grano de maíz (Nuss & Tanumihardjo, 2010). El contenido de lisina en el grano puede incrementarse mediante biofortificación al emplear alguna de las siguientes estrategias: mejora genética convencional, caracterización de mutantes espontáneos, mutagénesis inducida o producción de plantas transgénicas.

Disponer de nuevos híbridos de maíz con alta concentración de lisina en sus granos mejora las posibilidades de obtener productos con mayor valor agregado y justamente esto es tendencia en la industria alimentaria. Si tales creaciones fitogenéticas se obtienen mediante técnicas de mejora genética tradicional tanto ellas como sus productos derivados podrían ser exportados con la correspondiente certificación de no-OGM facilitando su exportación a países con exigencias en este sentido .

La nixtamalización es un método tradicional de procesamiento del grano de maíz que permite obtener masas enriquecidas en sus propiedades nutricionales. Se realiza utilizando granos de cualquier tipo de maíz con textura blanda, semiblanda o harinosa. Los mismos deben ser enteros, sanos y de textura homogénea con la finalidad de garantizar una cocción homogénea y alcanzar el sabor particular correspondiente a la variedad empleada. Las harinas nixtamalizadas de maíz son un alimento funcional porque su consumo en cantidades apropiadas previene enfermedades y mejora la salud de los consumidores, siendo una fuente importante de Zinc, Hierro, Calcio, proteínas, vitaminas B3 y B6, carbohidratos, grasas cardioprotectoras y fibra entre sus principales atributos (Escalante-Aburto et al., 2013; Rodríguez Méndez et al., 2013; Galindo-Olguín et al., 2021).

Objetivos

Determinar la concentración de lisina en harinas refinadas elaboradas con granos de híbridos experimentales de maíz con alelos nulos del gen *opaque2* y modificadores de textura. Evaluar la aptitud de esas harinas para el proceso de nixtamalización y elaborar un nutraceutico para diferentes formulaciones gastronómicas.

Materiales y Métodos

Material Vegetal

Se emplearon granos de maíz (*Zea mays ssp. mays*) de tres híbridos experimentales de uso especial o valor mejorado (VEC) desarrollados mediante técnicas de mejora genética tradicional que permitieron introducir el gen mutante simple *opaque-2* y modificadores de la textura. También se utilizó un híbrido de grano vítreo como testigo. Todos los materiales son no-OGM.



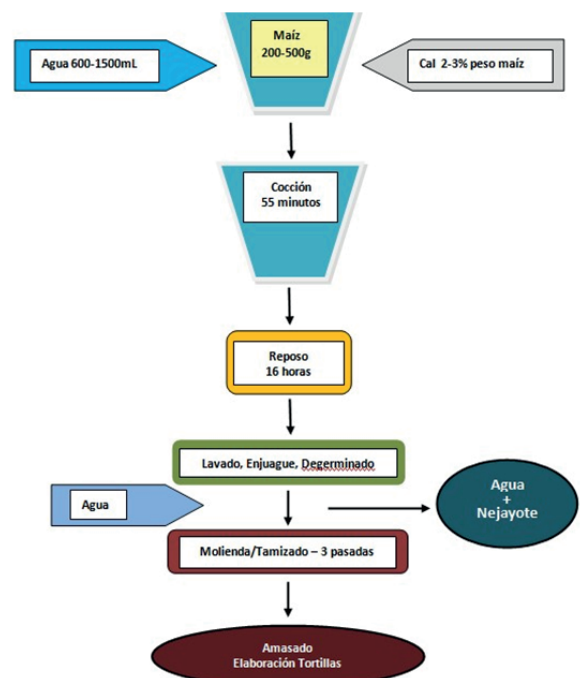
Determinación del contenido de lisina mediante espectrofotometría

La concentración de lisina fue estimada aplicando la técnica desarrollada por Beckwith et al. (1975) con las modificaciones indicadas más abajo. Se tomaron 30 granos de cada híbrido y remojaron durante doce horas. Luego, con ayuda de una trincheta se quitó manualmente germen y pericarpio. Los endospermas se secaron a temperatura ambiente y molieron en un molinillo con cuchillas de acero hasta una granulometría de 80 mesh. Las harinas de endosperma fueron tratadas con el reactivo de ninhidrina con las siguientes modificaciones=15 minutos de centrifugado; 35 minutos en baño termostático y se realizó una curva patrón de L-lisina para calibrar las lecturas del espectrofotómetro en el modo de absorbancia (D.O.) a 580 nm. Se utilizó un espectrofotómetro Shimadzu UV-160 A.



Ensayo de Nixtamalización

La nixtamalización es un proceso químico mediante el que se trata el grano seco con una solución alcalina en caliente con la finalidad de obtener una masa útil para elaborar tortillas y arepas entre otras preparaciones. Los granos de maíz son cocidos en una solución caliente de agua con cal y luego se dejan reposar en ese caldo llamado nejayote. Posteriormente, los granos son escurridos y molidos a través de discos. El trabajo mecánico de la molienda libera calor y completa la gelificación del almidón. Al final se obtiene una masa fina llamada nixtamal que tiene propiedades plásticas.

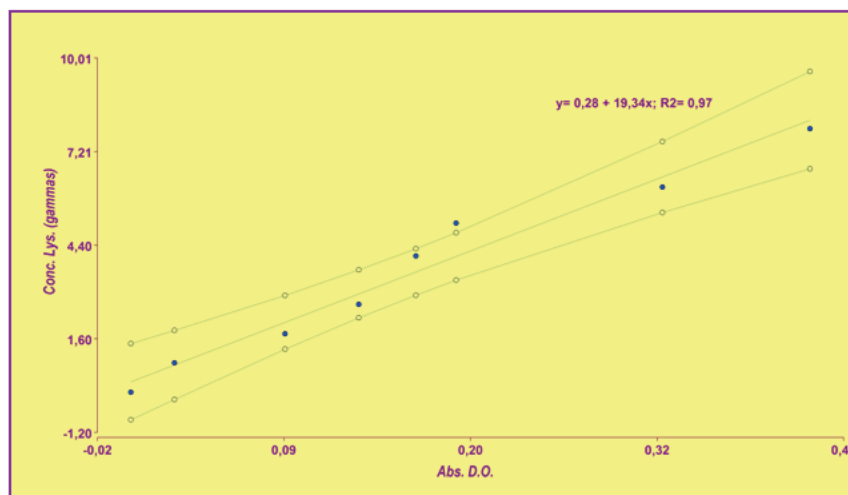




Resultados y discusión

Los datos obtenidos en el ensayo de calibración del método rápido de ninhidrina fueron sometidos a un análisis de regresión. Se realizó un ajuste paramétrico lineal para estimar los coeficientes de la recta de regresión mediante el método de los mínimos cuadrados. Los resultados se presentan en la Figura 1 que muestra la recta de regresión, los intervalos de confianza (99%) y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,97$. Se observa una fuerte relación lineal estocástica entre la variable independiente (conc. lisina) y la variable regresora (absorbancia).

Figura 1. Curva de regresión absorbancia D.O. a 580 nm vs. conc. de L-lisina



En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis de contenido de lisina. Los cálculos se expresan en contenido absoluto así como en porcentaje por unidad de peso de harina refinada y como proporción de lisina a proteína bruta de la muestra (Índice de Calidad porcentual % IC).

Tabla 1. Concentración de lisina y calidad de la proteína en híbridos HC

| HÍBRIDO | Tipo | Genotipo Endosperma | Textura Endosperma | Densidad g/cm ³ * | % PB** | DO 580nm | IC lisina (%) | µg Lisina/mg harina endosperma | % Lisina en harina refinada |
|---------|--------|---------------------|--------------------|------------------------------|--------|----------|---------------|--------------------------------|-----------------------------|
| HC143 | DR | O2o2o2 | semiduro | 1,238 | 11,4 | 0,240 | 2,92 | 3,32 | 0,33 |
| HC158 | DR | O2o2o2 | semiduro | 1,340 | 11,5 | 0,239 | 3,19 | 3,35 | 0,33 |
| HC322 | CP | o2o2o2 | suave | 1,199 | 8,6 | 0,409 | 6,43 | 5,53 | 0,55 |
| HC140-T | Vítreo | O2O2O2 | duro | 1,307 | 11,8 | 0,109 | 1,38 | 1,65 | 0,16 |

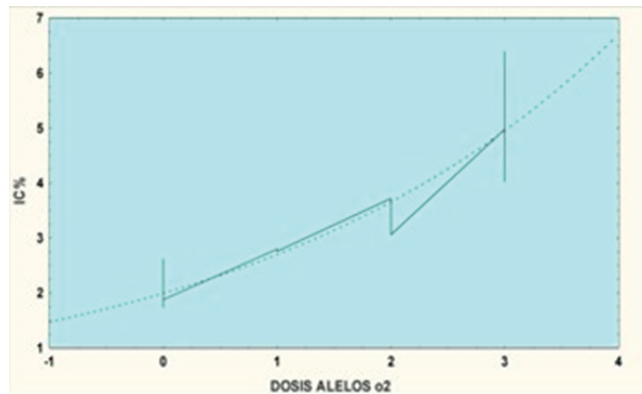
Nota: * *Ensayo de flotación*; ** *Kjeldahl*

El híbrido experimental HC140 que produce granos vítreos (flint) y por ello utilizado como testigo del ensayo tiene la mayor densidad y contenido proteico pero la menor concentración de lisina e Índice de Calidad. La media general del ensayo fue de $4,18 \pm 2,92$ mg lisina/100 mg proteína (rango=1,38-6,43 mg lisina/100 mg proteína) excluyendo al testigo. El nivel de lisina detectado en los híbridos HC143, HC158, y HC322 (2,92-6,43 mg lisina/100 mg proteína) superó de modo significativo el rango de valores publicados en la bibliografía especializada que indica que la concentración de este aminoácido varía desde 1,5% a 2,7% en los maíces convencionales o entre 2,8% a 5,3% en materiales de alta calidad proteica (Dale, 1997; Azevedo et al., 2003; Mendoza-Elos et al., 2006; Rojas-Molina et al., 2008; Corcuera, 2013). Los resultados evidencian que la concentración de lisina en las harinas de maíces con alelos nulos del gen opaco-2 duplica o incluso triplica a la elaborada a partir del híbrido vítreo HC140 utilizado como testigo.

Los datos de la Tabla 1 también revelan que la concentración de lisina en proteína así como el contenido de aminoácido en el endosperma y sus harinas refinadas aumenta con el número de alelos nulos o recesivos no funcionales del gen opaco-2. Este efecto de dosaje se refleja claramente en la Figura 2 y fue anteriormente reportado por otros autores (Bates, 1966; Hallauer, 2001; Lou et al., 2005; Pali & Batiru, 2016).



Figura 2. Efecto de dosaje del gen opaco2 sobre la concentración de lisina en proteínas híbridos HC



Los maíces incluidos en este estudio y que sobresalen por la calidad de las proteínas de reserva de sus granos pueden ser empleados como materia prima para desarrollar una amplia gama de productos con alto valor agregado en la industria alimentaria. Los granos de alta lisina pueden destinarse a la elaboración de sémolas de granulometría media para consumo humano. También pueden elaborarse harinas de granulometría fina o muy fina para elaborar panes y otros panificables. Las harinas finas de maíz biofortificado podrían ser cocidas en agua hirviendo para preparar un cereal de desayuno y como tienen un acentuado sabor a nuez y son ligeramente dulces el alimento preparado con ellas es más grato al sentido del gusto. Las mazorcas de estos maíces VEC podrían consumirse en forma directa hirviéndolas en agua y sus granos ser utilizados en sopas nutritivas. Estas modalidades de consumo garantizarían un buen estado nutricional sin alteración de los hábitos de consumo de la población.

En relación al ensayo de nixtamalización, al utilizar una cantidad de cal equivalente al 2% de los granos enteros de maíz y reducir el tiempo de reposo a 14 horas los híbridos con alelos nulos opaco-2 rindieron masas de textura suave, lisa y consistencia semi-elástica (Figura 3). El híbrido de granos vítreos HC140 sólo produjo un nixtamal de calidad similar cuando además se lo remojó durante 16 horas antes de iniciar el ensayo.

Figura 3. Tortillas elaboradas con el nixtamal obtenido por molienda de harina de maíz de alta lisina





Conclusiones

Los híbridos HC143, HC158 y HC322 tienen alta concentración de lisina en su endosperma. Por ende, constituyen una excelente materia prima para elaborar harinas proteicas destinadas a la alimentación humana. Los ensayos realizados permiten concluir que estos materiales cuando son nixtamalizados producen masas de calidad que pueden ser empleadas para elaborar tortillas y otras preparaciones similares. Pero al considerar el Índice de Calidad de la proteína del endosperma también son aptos para su uso en raciones para aves de corral y porcinos. Por último, el empleo directo de estos maíces de alta lisina permitiría reducir con bajo costo el “hambre oculta” o malnutrición de importantes sectores de nuestra sociedad y garantizar la seguridad alimentaria.



Referencias bibliográficas

- Azevedo R.A.; Damerval C.; Landry J.; Lea P.J.; Bellato C.M.; Meinhardt L.W.; Le Guilloux M.; Delhaye S.; Toro A.A.; Gaziola S.A. y Berdejo B.D.A. 2003. Regulation of maize lysine metabolism and endosperm protein synthesis by opaque and floury mutations. *European Journal of Biochemistry*, 270:4898-4908.
- Barbieri R. y Casiraghi E.M. 1983. Production of a food-grade flour from defatted corn germ meal. *Journal of Food Technology*, Vol. 18:33-38.
- Bates L S. 1966. Amino acid analysis, In: Mertz, E.T., and Nelson, O. E. (eds) *Proceedings of the High Lysine Corn Conference*, Corn Industries Research Foundation Publication. Washington, DC, pp. 61-66.
- Beckwith A.C.; Paulis J.W. y Wall J.S. 1975. Direct stimation of lysine in corn (meals) by the ninhydrin color reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23:194-196.
- Bressani R. y Marengo E. 1963. The enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan and vitamin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 6:517-522.
- Bressani R. y Elías L.G 1969. Studies on the use of Opaque-2 corn in vegetable protein-rich foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 17:659-662.
- Corcuera V.R. 2013. *Mejora Genética del Maíz. Desarrollo de Híbridos de Uso Especial*. Editorial PUBLICIA, división de AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG Heinrich-Böcking-Str. 6-8, 66121, Saarbrücken, Alemania, 521 páginas. ISSN 978-3-639-55207-2
- Dale N.1997. Ingredient analysis table: 1997 edition. *Feedstuffs Reference Issue* vol. 69 (30): 24-31.
- Escalante-Aburto A.; Ramírez-Wong B.; Torres-Chávez P.I.; Barrón-Hoyos J.M.; Figueroa-Cárdenas J.de D. y López-Cervantes J. 2013. La Nixtamalización y su Efecto en el Contenido de Antocianinas de Maíces Pigmentados, Una Revisión. *Rev. Fitotec. Mex.*, Vol. 36(4):429-437.
- Galindo-Olguín C.N.; Cruz-Cansino N. del S.; Ramírez-Moreno E.; Ariza-Ortega J.A.; Camacho-Bernal G.I. y Cervantes-Alizarrarás A. 2021. El Maíz y la Nixtamalización: modificación de sus componentes, técnicas de proceso y enriquecimiento de tortilla. *Publicación Semestral, Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, Vol. 10(19):205-213.
- Hallauer AR. 2001. *Specialty Corns*. 2nd ed. Edit. CRC Press, Washington D.C., USA, 496 p.
- Kriz A.L. 2009. Enhancement of amino acid availability in corn grain. En: T. Nagata, H. Lörz & J.H. Widholm (Eds.), *Molecular genetic approaches to maize improvement*, Biotechnology in Agriculture and Forestry Series, vol. 63:79-89, Springer Berling Heidelberg, ISSN 0934- 943X.
- Lou X.Y.; Zhu J.; Zhang Q.D.;Zang R.C.; Chen Y. B.; YuZ.L.; Zhao Y.J. 2005. Genetic control of the opaque-2 gene and background polygenes over some kernel traits in maize (*Zea mays* L.). *Genetica* 124:291-300.
- Mendoza-Elos M.; Andrio Enríquez E.; Juárez Goiz J.M.; Mosqueda Villagomez C.; Latournerie Moreno L.; Castañón-Nájera G.; López Benítez A. y Moreno Martínez E. 2006. Contenido de lisina y triptofano en genotipos de maíz de alta calidad proteica y normal. *Universidad y Ciencia*, vol. 22(2): 1543-161, ISSN: 0186-2979.
- Nuss E.T. y Tanumihardjo S.A. 2010. Maize: A Paramount Staple Crop in the Context of Global Nutrition. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, Vol. 9:417-436.
- Palii A.; Batiru G. 2016. Amino-acid Content in Grain Protein of Tetraploid Opaque-2 Maize. *Food and Environment Safety Journal*, [S.l.], v. 13, n. 1, apr. 2016. ISSN 2559 - 6381.



Rodríguez-Méndez L.I.; Figueroa-Cárdenas J. de D.; Ramos-Gómez M. y Méndez-Lagunas L.L. 2013. Nutraceutical Properties of Flour and Tortillas Made with an Ecological Nixtamalization Process. *Journal of Food Science*, Vol. 78(10):C1530-C1534.

Rojas-Molina I.; Gutiérrez E.; Cortés-Acevedo M. E.; Falcón A.; Bressani R.; Rojas A.; Ibarra C.; Pons-Hernández J. L.; Guzmán-Maldonado S. H.; Cornejo-Villegas A. y Rodríguez M. E. (2008). Analysis of quality protein changes in nixtamalized QPM flours as a function of the steeping time. *Cereal Chemistry*, 85, 409–416.

Vivek B.S.; Krivanek A.F.; Palacios-Rojas N.; Twumasi-Afryie S. y Diallo A.O. 2008. Mejoramiento de maíz con calidad de proteína. *Protocolos para generar variedades QPM*. México D.F., CIMMYT, 66 págs. ISBN= 9789706481641.