



Año
L
332

La Alimentación®



L A T I N O A M E R I C A N A

■ CYTAL 2017 ■ Simposio Argentino de Inocuidad Alimentaria ■ Ingredientes saludables ■
■ ¡Sí a la leche! ■ Validación de limpieza ■ Almidón de maíz ■ Colorantes en cerezas ■

ISSN 0325-3384

www.publitec.com.ar



LODRA

... una identidad

Aditivos para alimentos | Importación | Exportación

Corporación Lodra S.R.L.

Av. Pte. Juan D. Perón 387 (ex Camino Negro) Lomas de Zamora – Buenos Aires - Argentina
Tel: (54 11) 4282-8200 / 4282-7355 / 4282-7075 / 4282-6966 / 4282-7608 y líneas rotativas
lodra@lodra.com.ar – ventas@lodra.com.ar

www.lodra.com.ar

PROPIEDADES TÉRMICAS DEL ALMIDÓN DE MAÍZ COLORADO DURO: EFECTO DEL SECADO A 70 Y 90°C



INTRODUCCIÓN

Los granos de maíz colorado duro que se someten a tratamiento de secado artificial pueden experimentar cambios en las propiedades térmicas del almidón del endosperma del grano. Estas dependen principalmente de la composición del almidón (% de amilosa y amilopectina), el grado de ramificación de la amilopectina, el peso molecular de la amilosa y el tamaño del gránulo de almidón (Tester y Morrison, 1990; Jane *et al.*, 1999). Dichos cambios son causados por un secado demasiado rápido del grano a altas temperaturas y por un enfriado instantáneo luego del mismo; también por secar el grano de una sola pasada por la secadora desde altas humedades hasta la humedad de almacenamiento (Lasseran, 1973). Además, este proceso origina distintos niveles (gradientes) de humedad dentro del grano acompañando la provocación de fisuras (Thompson y Foster, 1963).

Las propiedades térmicas del almidón están determinadas por los parámetros involucrados durante la gelatinización y retrogradación del almidón. Las temperaturas de inicio y pico de gelatinización (ToG y TpG; °C), y la entalpía de gelatinización (ΔHG ; cal/g) determinarán la temperatura y energía calorífica, respectivamente, involucrada durante la cocción de los copos de maíz en la industria (Biliaderis, 1980). Mientras que el

Marcos Actis^{1,2*}; Matías Ordóñez^{1,3};
Abel Farroni⁴; Ricardo Bartosik⁵;
Cristina Gely¹; Ana Pagano¹

¹TECSE (Tecnología de Semillas y Alimentos) - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA). Olavarría, Buenos Aires, Argentina.

²Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

³CICPBA (Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires). Buenos Aires, Argentina.

⁴INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) - EEA-Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

⁵INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) - EEA-Balcarce. Buenos Aires, Argentina

*actis.marcos@inta.gob.ar

rango de gelatinización (RG; °C) determinará el tiempo de cocción durante este proceso en dicha industria (Hegenbart, 1996). El índice de altura de pico relaciona el calor involucrado durante la gelatinización respecto de la mitad del rango de gelatinización ($PHI = \Delta HG / (TpG - ToG)$) (Krueger *et al.*, 1987). Por otro lado, las temperaturas de inicio y pico de retrogradación (ToR y TpR; °C) y la entalpía de retrogradación (ΔHR ; cal/g) determinarán la temperatura de almacenamiento en la cual el almidón comienza a retrogradar, y la energía requerida para dicho proceso (Tziotis *et al.*, 2005). El rango de retrogradación (RR; °C) establecerá el tiempo de retrogradación durante el almacenamiento, y el porcentaje de retrogradación del almidón (%R), cuanto retrograda el mismo, es decir, que proporción recristaliza de una masa total de almidón.

En la Región Pampeana Argentina (especialmente el SE bonaerense, con otoños húmedos), en las plantas de acopio es frecuente la utilización del secado artificial en granos de maíz colorado duro. Incrementos en la temperatura de secado provocan un incremento en los valores de ToG y TpG, y una disminución de ΔHG (Altay y Gunasekaran, 2006; Malumba *et al.*, 2010); además, se incrementan los valores de ΔHR y %R

(Bandeira da Cruz *et al.*, 2015), o por el contrario, pueden disminuir (Ismailoglu y Basman, 2015) como consecuencia de la disminución del grado de cristalinidad del almidón (Malumbaet *et al.*, 2014; Ji *et al.*, 2016). Dado que el tipo de híbrido determina el grado de alteración de las propiedades físicas determinantes de la dureza, el daño producido por el secado artificial a elevada temperatura sería menor en híbridos más duros (Kirleis y Strohshine, 1990). Sin embargo, el híbrido también determinaría las propiedades térmicas que definen la cocción y el almacenamiento, entonces el daño producido en el almidón de los granos, por el secado artificial a elevada temperatura, sería más acentuado en híbridos flint que en dentados (Haros *et al.*, 2003). Entonces, el valor comercial e industrial del grano puede verse reducido por el secado artificial, consecuentemente el costo de procesamiento post-cosecha se elevaría. Por ello, resulta valioso generar el conocimiento que permita incorporar, a la tecnología de secado de maíz, los ajustes necesarios para obtener granos con la calidad requerida por la industria.

El objetivo del presente trabajo fue comparar el efecto del secado natural (a temperatura ambiente) frente al artificial (a 70 y 90°C), que es el más frecuentemente utilizado en los tratamientos convencionales realizados en plantas de acopio, sobre el peso del grano, el contenido y la concentración de amilosa y almidón, y las propiedades térmicas del almidón, en dos híbridos de maíz 'flint' en comparación con un híbrido dentado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron granos de maíz colorado duro de dos híbridos diferentes: (i) Cóndor (Syngenta Agro S.A.), (ii) Mill 522 (Dow AgroSciences S.A.), siendo éste más duro que el primero; en comparación con un dentado (iii) Aw 190 (Monsanto Argentina S.A.). Los años de liberación de Cóndor y Mill 522 fueron 2000 y 2002, respectivamente; y para Aw 190, 2003 (INASE, 2012). Éstos fueron procedentes de un ambiente productivo de la región maicera pampeana (Balcarce) con fecha de siembra temprana.

Se determinó el contenido de humedad de los granos de manera preliminar con humidímetro (Tesma, Castelar, Arg.), y luego se corroboró mediante el método de estufa (103°C, 72 hr) previo y posterior al secado (ASAE, 2003).

Se realizó el secado natural en bandejas plásticas perforadas en un galpón con corriente de aire natural, y se trabajó con granos que fueron sometidos a secado artificial en un secador eléctrico de capa delga-



Dataloggers Wi-Fi testo Saveris 2

Supervisa y documenta todos los sitios de refrigeración automáticamente - para la más alta calidad de los alimentos.

- Mantenga sus datos siempre actualizados y disponibles desde cualquier sitio (PC - Tablet - Smartphone) gracias al almacenamiento de datos en línea.
- Alarmas por e-mail en valores límite.
- Temperatura - humedad y temperatura - sensores internos y/o externos.

www.testo.com.ar/saveris2

Testo Argentina S.A.
Yerbal 5266 - 4° piso (C1407EBN) - Buenos Aires
Tel.: (011) 4683-5050 - Fax: (011) 4683-2020
info@testo.com.ar - www.testo.com.ar

da con corriente de aire forzada a 70 y 90°C desde una humedad inicial del ~20% hasta una humedad final del ~14,5% (en base húmeda -bh-).

El peso del grano se determinó mediante el conteo y pesaje de 100 granos enteros y sanos que fue dividido por cien para obtener el peso promedio del grano de una muestra, expresado en miligramos (mg) (Kachru *et al.*, 1994; Vilche *et al.*, 2003).

La concentración de amilosa en grano fue determinada por el método de Knutson (1986) con modificaciones en el procedimiento de disolución introducidas por Robutti *et al.* (2000). Debido a que el almidón de maíz flint no se disuelve completamente en dimetilsulfoxido (DMSO) bajo condiciones normales de calentamiento (50°C por 16 hr), se usó una temperatura de 70°C durante 48 hr para solubilizar las muestras. La absorbancia se midió a 600 nm de longitud de onda. La concentración de almidón en grano se analizó por el método de Dubois *et al.* (1956) midiendo la absorbancia a 490 nm. Las lecturas obtenidas de la amilosa y almidón se expresaron como concentración (% en base seca -bs-). El contenido total de amilosa y almidón en grano (mg/grano, -bs-) se calculó multiplicando los valores de concentración por el peso promedio del grano de cada muestra.

Las propiedades térmicas del almidón del grano de maíz se determinaron mediante un calorímetro diferencial de barrido DSC Perkin-Elmer equipado con el programa Pyris para Windows (v7.0 - 2004, Perkin-Elmer, Waltham, MA) usando procedimientos descritos por White *et al.* (1990) y modificados por Krieger *et al.* (1997)

y Ji *et al.* (2004). Para medir gelatinización se pesó 2-3 mg de almidón en cápsulas de aluminio (Perkin-Elmer) y se agregó 4-6 µl de agua destilada, quedando así una relación 2:1 almidón/agua. Luego se sellaron las cápsulas herméticamente y se las dejó estabilizar por 30 min a temperatura ambiente (sin superar las 12 hr). Se utilizó un gradiente de temperatura lineal desde 20 a 120°C a una velocidad de calentamiento de 10°C/min. En cambio, para determinar la retrogradación, el almidón gelatinizado en las cápsulas para DSC fue almacenado por 7 días a 4°C, y luego se dejó estabilizar a temperatura ambiente durante 1,5 hr antes de ser corrido nuevamente en el DSC desde 20 a 120°C a 10°C/min (White *et al.*, 1989).

Se trabajó sobre un diseño experimental factorial considerando tres niveles para cada una de las siguientes variables: secado (natural, 70 y 90°C) e híbrido (Aw 190, Cóndor y Mill 522), con tres repeticiones. Los datos fueron procesados usando el programa estadístico InfoStat v. 12 mediante análisis de varianza y comparación de medias con el test de Tukey al 5% (Di Rienzo *et al.*, 2012).

RESULTADOS

El peso del grano fue mayor en Mill 522 difiriendo de Aw 190 y Cóndor (370 vs. 342 y 336 mg, respectivamente), en el secado natural. En cambio, en el secado artificial (a 70 y 90°C) hubo diferencia significativa ($p < 0,0001$) en dicha variable entre los tres híbridos, en orden creciente conforme la dureza del grano (325, 333 y 374 mg a 70°C; 329, 336 y 376 mg a 90°C; respectivamente para ambas temperaturas).

En el secado natural, el contenido de amilosa y almidón del grano registraron valores significativamente diferentes entre los tres híbridos ($p < 0,003$) aumentando en forma paralela a la dureza del grano (70, 74 y 79 mg/grano de amilosa; 242, 250 y 264 mg/grano de almidón). En el secado artificial, dichos contenidos obtuvieron el mayor valor en Mill 522 respecto de Cóndor y Aw 190, (83 vs. 72 y 69 mg/grano de amilosa; 272 vs. 240 y 240 mg/grano de almidón a 70°C; 81 vs. 71 y 70 mg/grano de amilosa; 269 vs. 245 y 242 mg/grano de almidón a 90°C).

La concentración de amilosa registró el menor valor, en el secado natural, en Aw 190 respecto de ambos flint -Mill 522 y Cóndor- (21 vs. 21,4 y 22%). En el secado a 70°C, Aw 190 y Mill 522 obtuvieron el menor y el mayor valor (21 y 22%, respectivamente); pero Cóndor presentó un valor intermedio sin diferir



de ambos (21,6%). En cambio, en el secado a 90°C, los tres híbridos no presentaron diferencias significativas entre sí (21,3% para Aw 190 y Cóndor, y 21,5% para Mill 522).

La concentración de almidón obtuvo el mayor valor, en el secado natural, en Cóndor respecto de Aw 190 y Mill 522 (74 vs. 71 y 71%, respectivamente). En el secado a 70°C, los tres híbridos no difirieron significativamente entre sí (74, 72 y 73%, de menor a mayor dureza, respectivamente). En cambio, en el secado a 90°C, Aw 190 alcanzó el mayor valor (74%), Mill 522 el menor valor (72%) y Cóndor el valor intermedio (73%) sin diferir de ambos híbridos mencionados.

Las ToG y TpG se incrementaron conforme el aumento de temperatura de secado, presentando diferencias significativas entre los tratamientos de secado ($p < 0,0001$; 64,5, 65,1 y 66,2 °C, respectivamente para ToG; 70,0, 70,8 y 71,7 °C, respectivamente para TpG).

La ToG con el mayor valor la presentó Mill 522, y con menores valores Cóndor y Aw 190 sin diferencia significativa entre ellos (65,9 vs. 65,2 y 64,8 °C, respectivamente).

La TpG fue mayor para Aw 190, siguiéndole Mill 522 y por último Cóndor (71,6, 70,9 y 69,9 °C, respectivamente).

El RG registró el valor más bajo en Cóndor (9,4°C), continuando en orden creciente Mill 522 (10,2°C) y con el valor más alto Aw 190 (13,7 °C).

La ΔHG menor la obtuvo el híbrido Cóndor, la mayor Mill 522, y el valor intermedio Aw 190 sin diferir de los ambos mencionados (3,03, 3,20 y 3,10 cal/g, respectivamente).

El PHI menor lo presentó Aw 190, y valores mayores en ambos flint (Mill 522 y Cóndor) sin diferir entre ambos (1,93 vs. 2,65 y 2,71 cal/g °C, respectivamente).

La ToR en el secado natural fue mayor en Cóndor, menor en Aw 190, e intermedia en Mill 522 sin diferir éste significativamente de los antes mencionados (46,5, 44,1 y 45,2 °C, respectivamente). En el secado a 70°C, no hubo diferencias significativas, en los valores de esta variable, entre los tres híbridos (43,3, 44,9 y 45,0°C, respectivamente). En el secado a 90°C, Aw 190 y Mill 522 presentaron los valores más bajos sin diferir entre ambos, mientras que Cóndor obtuvo el mayor valor (43,5 y 43,7 vs. 45,5°C, respectivamente). La TpR fue menor en Aw 190 y mayor en los flint (Mill 522 y Cóndor) sin diferir significativamente entre ambos, para el secado natural (54,1 vs. 55,0 y 55,8°C, respectivamente). En el secado artificial (a 70 y 90°C),

ALQUILER Y VENTA DE EQUIPOS INDUSTRIALES

INGENIERÍA EN FLUIDOS

**Filtrado y tratamiento de
aguas brutas y efluentes:**

- Podemos filtrar agua desde 5 micrones en adelante sin límites de caudal.
- Filtros de malla y de anillas, automáticos y auto limpiantes:
 - Ocupan espacio reducido
 - Baja pérdida de presión en el circuito
 - Bajo caudal de limpieza
 - Programables según variables del usuario
 - Muy bajo costo de mantenimiento





También disponible en DLP
Also available in DLP



**Filtros manuales para
caudales desde 5 a 50 m³/h**

Juan J. Paso 7410 (2000) Rosario - Tel.: (54 341) 525-3653 / (0341) 155068062 - contacto@ecoflowsrl.com.ar - www.ecoflowsrl.com.ar

Aw 190 con el valor intermedio (54,8 y 55,4°C) no difirió significativamente de Cóndor y Mill 522. En el secado a 70°C, Mill 522 obtuvo el valor más alto (55,3°C), y Cóndor el valor más bajo (54,3°C); en cambio, en el secado a 90°C, los resultados fueron inversos para tales híbridos (54,9 y 56,1 °C, respectivamente).

El RR no difirió significativamente entre los tres híbridos (Aw190, Cóndor y Mill522) en el secado natural (20,1, 18,7 y 19,6°C, respectivamente) y a 70°C (19,6, 21,8 y 20,7°C, respectivamente). En cambio, en el secado a 90°C, Aw 190 obtuvo el mayor valor y Cóndor el menor, mientras que Mill522 registro el valor intermedio sin diferir significativamente de dichos híbridos (23,9, 21,1 y 22,3 °C, respectivamente).

La Δ HR, en el secado natural, alcanzó el menor valor (1,46 cal/g) difiriendo significativamente del secado artificial ($p < 0,0002$; a 70 y 90°C; 1,59 y 1,64 cal/g, respectivamente). Éste presentó valores más altos de esta variable, en orden creciente con el aumento de la temperatura de secado. Por otra parte, Cóndor presentó el menor valor de dicha variable (1,44 cal/g), difiriendo de Aw190 (1,59 cal/g) y el otro flint (Mill522; 1,65 cal/g) que presentaron valores más altos sin diferir entre ellos, respectivamente.

El %R en el secado natural, el dentado (Aw190) registró el mayor valor (50,8%), Cóndor el menor (43,3%), y Mill522 obtuvo el valor intermedio (47,2%) sin diferir significativamente de ambos mencionados. En el secado a 70°C, los tres híbridos (Aw190, Cóndor y Mill522) no difirieron significativamente en el %R (49,8, 50,6 y 53,2%). En el secado a 90°C, Mill522 registró el mayor valor (55,3%), Cóndor el menor (48,8%), y Aw190 obtuvo el valor intermedio (53,0%) sin diferir significativamente de ambos flint.

CONCLUSIONES

En conclusión, en la gelatinización sólo las ToG y TpG fueron influenciadas sólo por efecto del secado. Éstas aumentaron conforme lo hizo la temperatura de secado; consecuentemente, el secado natural produce los menores valores en estas variables. En cambio, en la retrogradación todos los variables fueron afectadas únicamente por efecto del secado. La ToR disminuyó con el aumento de la temperatura de secado. Por el contrario, la TpR, el RR, la Δ HR y el %R aumentaron con el incremento de la temperatura de secado. Es decir, que en éstas últimas variables mencionadas se obtuvo el menor valor con el secado natural, excepto en la ToR donde fue mayor.

En general, el híbrido Cóndor (flint de menor dureza) presentó valores medios de peso del grano, y contenido y concentración de amilosa y almidón, ya que presenta una dureza intermedia respecto de los otros

híbridos evaluados en este trabajo (Aw190 -dentado- y Mill522 -flint de mayor dureza-). En relación a esto, diversos trabajos han demostrado que hay una fuerte correlación positiva entre el peso del grano, el contenido de amilosa y almidón, con la dureza del grano (Dombrink-Kurtzman and Knutson, 1997; Hourquescos *et al.*, 1999; Robutti *et al.*, 2000). Además, registró los menores valores en los parámetros de gelatinización (excepto en el PHI) y retrogradación (excepto en las ToR y TpR), en correspondencia con las exigencias de calidad industrial y de conservación, respectivamente.

En consecuencia, un secado natural y el híbrido Cóndor serían favorables para obtener los menores valores posibles de parámetros de propiedades térmicas del almidón del endosperma de granos de maíz. Ésto contribuiría a disminuir la energía calorífica y consecuentemente abaratar costos enérgicos, durante la gelatinización, en el proceso de cocción de copos de maíz en la industria; además de evitar la alteración de su textura, durante la retrogradación, en el almacenamiento (o conservación) de los mismos, aunque en éstos este último fenómeno se vería muy limitado debido a su bajísimo porcentaje de humedad (Fast, 1990). Para confirmar estos resultados se prevén futuros estudios sobre el efecto del secado en las propiedades térmicas del almidón en granos de maíz colorado duro incluyendo más tratamientos de secado e híbridos.

Las condiciones climáticas determinarán el tiempo que demora el secado natural; de fundamental conveniencia para estimar costos relacionados al secado, además de solucionar aspectos logísticos. Actualmente, hay tecnologías para hacer más eficiente el secado en silo con aire natural / baja temperatura, como el silo secador con controlador inteligente desarrollado por el INTA (De la Torre *et al.*, 2011). Dicho sistema contribuye a una disminución del costo de procesamiento post-cosecha, con el consecuente aumento del valor comercial e industrial del grano.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Mabel Percibaldi y a la Auxiliar de Laboratorio Silvina Yanigro del INTA-Pergamino por la realización de los análisis de amilosa y almidón, y propiedades térmicas del almidón, respectivamente.

Los autores agradecen al INTA y a la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA) por proveer apoyo financiero para este estudio incluido en los Proyectos PNCER-024022 (INTA-Pergamino), AEAI-274420 (INTA-Balcarce), 03/E157 y 03/E171 (FIO-UNCPBA); respectivamente; y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CICPBA).

BIBLIOGRAFÍA

Altay, F., and Gunasekaran, S. 2006. Influence of drying temperature, water content, and heating rate on gelatinization of corn starches. *J. Agric. and Food Chem.* 5: 4235-4245.

ASAE Standard. 2003. S352.2. Moisture measurement - Unground grain and seeds. St. Joseph, MI: ASAE.

Bandeira da Cruz, D., Vieira da Silva, W.S., Petrarca dos Santos, I., da Rosa Zavareze, E., Cardoso Elias, M. 2015. Structural and technological characteristics of starch isolated from sorghum as a function of drying temperature and storage time. *Carbohydrate Polymers* 133: 46-51.

Biliaderis, C.G., Maurice, T.J., and Vose, J.R. 1980. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *Food Sci.* 45: 1669.

De la Torre, D., Bartosik, R. y Rodríguez, J. 2011. Drying popcorn with a natural air/low temperature in-bin drying system. XXXIV CIOSTA and CIGR V Conference, 29 y 30 de junio de 2011, Viena, Austria.

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., y Robledo, C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Dombrink-Kurtzman, M.A., and Knutson, C.A. 1997. A study of maize endosperm hardness in relation to amylose content and susceptibility to damage. *Cereal Chem.* 74: 776-780.

Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28: 350-356.

Fast, R.B. 1990. Manufacturing technology of ready-to-eat cereals. En: Fast, R.B.; Caldwell, E.F. (Eds.) *Breakfast Cereals, and how They are Made*. 2 ed. AACC, St. Paul, MN, pp. 17-24.

Haros, M., Tolaba, M.P., and Suárez, C. 2003. Influence of corn drying on its quality for the wet-milling process. *J. of Food Eng.* 60: 177-184.

Hegenbart, S. 1996. Understanding starch functionality. *Food Prod Design*. January: 23-34.

Hourquescos, M.J., Eyherabide, G.H., Robutti, J.L., Percibaldi, N.M. and Borrás, F.S. 1999. Características de interés industrial en híbridos simples de maíz. EEA-Pergamino. Informe Técnico N° 320. 12 p.

Jane, J.L., Chen, Y.Y., Lee, L.F., Mc Pherson, A.E., Wong, K.S., Radosavjevic, M., and Kasemsuwan, T. 1999. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chem.* 76: 629-637.

Ji, Y., Seetharaman, K., and White, P.J. 2004. Optimizing of small-scale corn-starch extraction method for use in the laboratory. *Cereal Chem.* 81: 55-58.

Ji, Y., Yu, J., Xu, Y., Zhang, Y. 2016. Impact of dry heating on physicochemical properties of corn starch and lysine mixture. *Inter. J. of Biol. Macromolec.* 91: 872-876.

Kachru, R.R., Gupta, R.K. and Alam, A. 1994. Physico-chemical constituents and engineering-properties of food crops. 1st Ed., Editorial Scientific Publishers, Jodhpur, India. pp. 48, 69, 97.

Kirleis, A.W., and Strohshne, R.L. 1990. Effects of hardness and drying air temperature on breakage susceptibility and dry-milling characteristics of yellow dent corn. *Cereal Chem.* 67: 523-528.

Knutson, C.A. 1986. A simplified colorimetric procedure for determination of amylose in maize starches. *Cereal Chem.* 63:89-92.

Krieger, K.M., Duvick, S.A., Pollak, L.M., and White, P.J. 1997. Thermal properties of corn starch extracted with different blending methods: Microblender and homogenizer. *Cereal Chem.* 75: 553-555.

Krueger, B.R., Knutson, C.A., Inglett, G.E., and Walker, C.E. 1987. A differential scanning calorimetry study on the effect of annealing on gelatinization behavior of corn starch. *J. Food Sci.* 52: 715-718.

Ismailoglu, S.O., and Basman, A. 2015. Effects of infrared heat-moisture treatment on physicochemical properties of corn starch. *Starch/Stärke*, 67: 528-539.

Lasseran, J.C. 1973. Incidence of drying and storing conditions of corn (maize) on its quality for starch industry. *Starch/Stärke* 25: 257-262.

Malumba, P., Janas, S., Roiseux, O., Sinnave, G., Masimango, T., Sindic, M., Deroanne, C., and Béra, F. 2010. Comparative study of the effect of drying temperatures and heat-moisture treatment on the physicochemical and functional properties of corn starch. *Carbohydr. Polym.* 79: 633-641.

Malumba, P., Odjo, S., Boudry, C., Danthine, S., Bindelle, J., Beckers, Y., and Béra, F. 2014. Physicochemical characterization and in vitro assessment of the nutritive value of starch yield from corn dried at different temperatures. *Starch/Stärke*, 66: 738-748.

Robutti, J., Borrás, F., Ferrer, M., Percibaldi, M., and Knutson, C.A. 2000. Evaluation of quality factors in Argentine maize races. *Cereal Chem.* 77: 24-26.

Tester, R.F., and Morrison, W.R. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin, amylose, and lipid. *Cereal Chem.* 67: 551-557.

Thompson, R.A., and Foster, G.H. 1963. Stress cracks and breakage in artificially-dried corn. *Mark. Res. Rep.* 631. U.S. Dep. Agric., Washington, DC.

Tziotis, A., Seetharaman, K., Klucinecc, J.D., Keeling, P., and White, P.J. 2005. Functional properties of starch from normal and mutant corn genotypes. *Carbohydr. Polym.* 61: 238-247.

Vilche, C., Gely, M.C. and Santalla, E. 2003. Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering*, 86: 59-65.

White, P., Abbas, I., and Johnson, L. 1989. Freeze-thaw stability and refrigerated-storage retrogradation of starches. *Starch* 41: 176-180.

White, P., Abbas, I., Pollak, L., and Johnson, L. 1990. Intra- and interpopulation variability of thermal properties of maize starch. *Cereal Chem.* 67: 70-73.

MAGNESIO



	OXIMAG AL	HIDROMAG AL	CARBOMAG AL
Análisis Físico/químico	Valor típico	Valor típico	Valor típico
Óxido de Magnesio (MgO)	98,00%	97,00%	43,50%
Pérdida de calcinación	4,00%	31,50%	53,00%
Insolubles en HCl	0,08%	-----	0,05%
Óxido de Calcio (CaO)	0,90%	0,60%	0,55%
Libre de álcalis y sales solubles	test ok	test ok	test ok
Arsénico (As)	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
Plomo (Pb)	<1 ppm	<1 ppm	<1 ppm
Metales pesados	<10 ppm	<10 ppm	<10 ppm
Aspecto	polvo blanco, fino amorfo	polvo blanco, fino amorfo	polvo blanco, fino amorfo
Densidad aparente	0,16 g/m ³	0,30 g/m ³	0,24 g/m ³
Retenido en malla 325	99,60%	94,00%	99,60%
Análisis de <i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente

Normas y especificaciones que engloban la fabricación del producto a través de sistemas implantados

INAL
Libre
Circulación

NBR - ISO 9001
Edición 2000

G.M.P.
Buenas Prácticas
de Fabricación

SA-8000
Responsabilidad
Social

F.C.C.
Food Chemical
Codex

BP
British
Pharmacopea

USP 23
USA
Pharmacopea

PROINTAL S.A.

Tel.: (+54 11) 4706-3984 - Cel.: (+54 911) 4975-1218
prointalsa@fibertel.com.ar / prointal@yahoo.com

