

## Adaptabilidad de granos de híbridos de maíz super dulce sh2 al procesamiento industrial. II Enlatado

*Ligia Ortiz de Bertorelli, Frank De Venanzi, Braunnier Alfonso y Candelario Camacho*

Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela

**RESUMEN.** Con el fin de evaluar la adaptabilidad al procesamiento industrial como granos enteros enlatados, los híbridos de maíz super dulce *sh2*: Krispy king, Víctor y 324 y el híbrido de maíz dulce *su* Bonanza fueron sembrados en una parcela agrícola de San Joaquín, estado Carabobo, cosechados y enlatados. A los 110 días de almacenamiento, el producto enlatado de los maíces super dulces fue comparado física, química y sensorialmente con el maíz dulce, usado como patrón. Los resultados indicaron que no hubo diferencias significativas, entre la mayoría de las características físicas, excepto en el porcentaje de granos partidos, cuyo valor fue más alto en el híbrido 324. Por el contrario, químicamente los granos enteros enlatados de los maíces super dulces difirieron de los del patrón a un nivel del 5%, presentando los maíces super dulces mayor contenido de azúcares totales y de sólidos solubles en la salmuera y menor pH. Además, la cantidad de sólidos solubles en el grano de los maíces super dulces fue menor que en el maíz dulce, a pesar de que no alcanzaron diferencias significativas en el Krispy king y en el 324. La apariencia, olor y la calificación final de los granos enteros enlatados fueron similares en los maíces super dulces y dulce, en cambio el color, sabor y dulzor fueron mejores en el híbrido 324, el cual fue preferido por el panel evaluador. Los híbridos super dulces demostraron ser aptos para el enlatado en granos enteros, presentando como ventaja no requerir adición de azúcar en el proceso y tener los granos una textura firme y crujiente.

**Palabras clave:** Maíz *sh2*, enlatado, características.

**SUMMARY.** Super sweet corn adaptability for industrial canning process. The super sweet corns Krispy king, Victor and 324 (*sh2* hybrids) were evaluated to determine their adaptabilities to the industrial canning process as whole kernels. All these hybrids and Bonanza (control) were sown in San Joaquín (Carabobo, Venezuela), harvested and canned. After 110 days storage at room temperature they were analyzed to be compared physically, chemically and sensorially with Bonanza hybrid. Results did not show significant differences among most of the physical characteristics, except for percentage of broken kernels which was higher in 324 hybrid. Chemical parameters showed significant differences ( $P<0,05$ ) comparing each super sweet hybrid with Bonanza. The super sweet hybrids presented a higher sugar content and soluble solid of the brine than Bonanza, also a lower pH. The super sweet whole kernel presented a lower soluble solids content than Bonanza but they were not significant (Krispy king and 324). Appearance, odor and overall quality were the same for super sweet hybrids and Bonanza (*su*). Color, flavor and sweetness were better for 324 than all the other hybrids. Super sweet hybrids presented a very good adaptation to the canning process, having as an advantage that doesn't require sugar addition in the brine and a very good texture (firm and crispy).

**Keys words:** Corn *sh2*, canning, characteristics.

### INTRODUCCION

El gen *sh2* causa acumulación de sacarosa y lípidos en el endospermo del grano de maíz, de forma que los maíces que lo presentan poseen cuatro a ocho veces más azúcares que el maíz normal y son conocidos como super dulces (1). Este maíz denominado Shrunken-2, presenta mayor contenido de azúcares en el grano maduro que el maíz dulce (1-4), siendo la sacarosa el azúcar predominante, la cual constituye entre 76,2% y 94,1% del azúcar total (2, 3,5,6). Los híbridos de maíz *sh2* pierden humedad muy lentamente (5), siendo su período de cosecha más largo porque pueden retener mayor cantidad de azúcar y humedad por más tiempo después de cosechados (4,5,6), estos maíces mantienen la frescura postcosecha, alargando el período de mercadeo y consumo

del maíz (7). Además, los maíces super dulces presentan rendimientos iguales o mejores al de los cultivares *su* (2) y son preferidos por los consumidores en las pruebas de sabor (6,8,9), razones por las cuales son muy cotizados en diversos países.

En Venezuela, el cultivo de maíz super dulce está siendo introducido con amplias expectativas y actualmente existe un gran interés en la industria por evaluar el comportamiento durante el procesamiento, por lo que se han realizado algunas investigaciones sobre la estabilidad durante el almacenamiento en refrigeración (10) y en congelación (11) de mazorcas de varios híbridos de maíz super dulce cultivables en el país, estudios que han demostrado que dichos maíces son aptos para el procesamiento industrial, ya que conservan sus características químicas, microbiológicas y sensoriales

por 28 días a 4°C y por 120 días a -18°C, por lo que el objetivo de este trabajo consistió en estudiar la adaptabilidad de tres híbridos de maíz del grupo genético *sh2* al enlatado de granos enteros, a fin de su introducción comercial como una nueva alternativa tanto para los productores agrícolas como para la industria, puesto que el uso de este maíz reduciría los costos de producción al disminuir o eliminar la adición de azúcar, necesaria con el uso de los maíces dulces, mejorando considerablemente la calidad del producto.

## MATERIALES Y METODOS

### Selección del material

Los híbridos de maíz super dulce, grupo genético *sh2*, seleccionados fueron Krispy king, Victor y 324 y del maíz dulce, grupo genético *su*, el híbrido Bonanza (XZ). Las semillas de los maíces super dulces fueron traídas de los EEUU, de las casas comerciales Asgrow, Ferry Morse y Rogers.

### Siembra, prácticas agronómicas y cosecha

La siembra se llevó a cabo en una parcela agrícola de San Joaquín, estado Carabobo, en un área de 1.250m<sup>2</sup>. De cada híbrido fueron sembradas 2½ hileras separadas 0,7m entre sí con 5 plantas/m. La cosecha fue hecha en forma manual al culminar el ciclo del cultivo, entre los 76 a 80 días, estando el grano lechoso. El muestreo fue realizado al azar y las mazorcas trasladadas a una planta piloto para su procesamiento.

### Enlatado de los granos enteros

Para el enlatado de los granos enteros de maíz super dulce, se utilizó el esquema indicado en la Figura 1, el cual comprendió las siguientes etapas:

**Recepción:** El maíz en mazorcas fue recibido en cestas plásticas, transportadas por un camión que fue pesado en una romana.

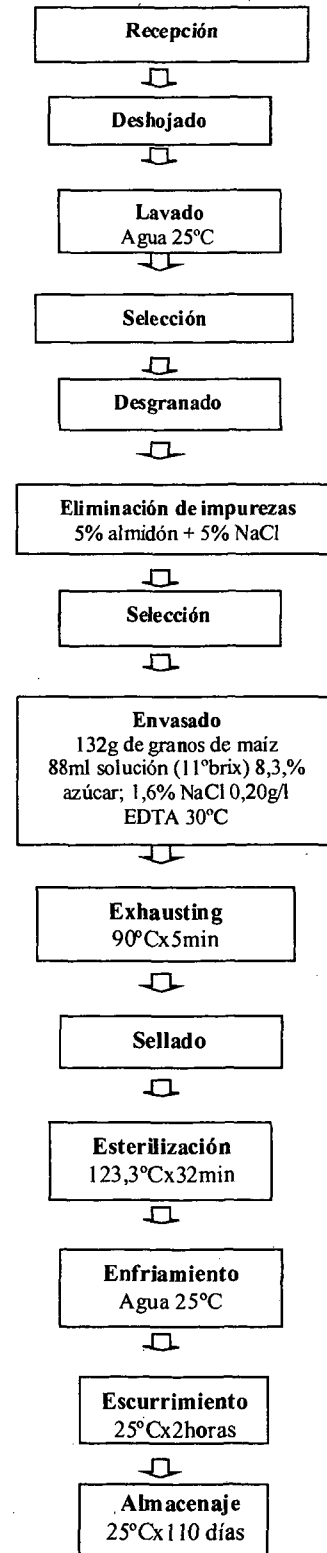
**Deshojado:** Se realizó mecánicamente, pasando las mazorcas por una mesa vibratoria y luego por un canal formado por dos rodillos que giran en sentido contrario y quitan las hojas y barbas.

**Lavado:** Las mazorcas peladas fueron transportadas por una banda metálica a un túnel con aspersores de agua a presión para remover las impurezas.

**Selección:** Se llevó a cabo en una mesa con bandas plásticas que giran en sentido contrario, siendo seleccionadas las mazorcas libres de ataques de hongos y enfermedades, de tamaño uniforme y desarrollo homogéneo.

**Desgranado:** Se realizó en una batería de cinco desgranadoras de alimentación manual. Las máquinas poseen unos dispositivos de cuchillas en las que se encajan las mazorcas y separan los granos.

FIGURA 1  
Esquema tecnológico del enlatado de granos enteros de maíz super dulce *sh2*





### Análisis estadísticos

Se aplicó un diseño completamente aleatorizado, comparando los resultados de los tres híbridos de maíz super dulce con los del maíz dulce Bonanza (XZ) usado como testigo. A las variables físicas y químicas se les aplicó un análisis de varianza y la prueba de Dunnett. Aquellas variables físicas y químicas que no cumplieron con los supuestos básicos estadísticos, se analizaron por vía no paramétrica (Kruskal-Wallis). En la evaluación sensorial fue aplicado un análisis de varianza vía no paramétrica y la prueba de Friedman (17).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Características físicas del producto enlatado

Los resultados de los análisis físicos (Tabla 1) indican que a los 110 días de almacenamiento, el vacío de las latas y el peso escurrido del producto enlatado de los maíces super dulces no mostraron diferencias con respecto al del maíz dulce patrón XZ (*su*), revelando que el producto cumplió con las especificaciones de la industria (18) que establecen un rango entre 5-15 pulg de vacío y un mínimo del 60% de peso escurrido como requisitos para mantener buena calidad en el producto enlatado. Así mismo, el espacio de cabeza de la lata y el porcentaje de granos partidos no difirieron del testigo, con excepción de los híbridos Víctor cuyo espacio de cabeza fue superior (0,5000pulg.) y el 324 que mostró mayor porcentaje de granos partidos (15,62%). En el proceso, la mayor ruptura de los granos se produce en la máquina desgranadora, dependiendo del tamaño de las mazorcas y de las características de los granos.

TABLA 1

Características físicas del producto enlatado de maíces dulce y super dulces a los 110 días de almacenamiento

Híbridos	Vacío (mmHg)	Espacio de cabeza (pulg)	Peso escurrido %	Granos partidos %
XZ ( <i>su</i> )	5,4	0,3312	62,30	9,39
Krispy king ( <i>sh2</i> )	4,8 ns	0,2625 ns	60,84 ns	9,31 ns
Víctor ( <i>sh2</i> )	9,6 ns	0,5000 *	59,17 ns	12,63 ns
324 ( <i>sh2</i> )	4,2 ns	0,3438 ns	59,35 ns	15,62*

\* = indica efectos significativos ( $P < 0.05$ ) con respecto al testigo XZ (*su*).

ns = indica diferencia no significativa ( $P < 0.05$ ) con respecto al testigo XZ (*su*).

### Características químicas

Los resultados de los análisis químicos de los granos enlatados a los 110 días de almacenamiento revelaron

diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los maíces super dulces y el dulce (Tabla 2). En la salmuera, el contenido de sólidos solubles fue mayor en el maíz super dulce 324 (11,81°Brix) y en el Krispy king (11,90°Brix) que en el dulce (9,82°Brix). Según la industria (18), los grados Brix de la salmuera del producto enlatado deben estar entre 10,5-11,5°Brix, lo cual indica que en el enlatado de los granos de maíz *sh2* se puede disminuir la adición del azúcar a la salmuera, reduciendo los costos. En cambio en el grano, el maíz super dulce presentó menor cantidad de estos compuestos (12,46-14,21°Brix) que el maíz *su* (26,55°Brix), resultados similares a los obtenidos por Zhu *et al.* (3), quienes atribuyen la mayor cantidad de sólidos solubles del maíz dulce al alto contenido de polisacáridos solubles en agua, tales como el fitoglicógeno, que poseen estos maíces. Collins y Taylor (19) señalan que el consumidor prefiere el maíz dulce con menos de 26,5°Brix y que su aceptación disminuye cuando este valor aumenta a 35,9°Brix, ya que la textura se hace más rígida, estando los resultados de los maíces con el gen *sh2* por debajo del límite de rechazo. Durante el almacenamiento, los sólidos solubles de la salmuera aumentaron y los de los granos disminuyeron. En los productos enlatados puede ocurrir un equilibrio entre los componentes del grano y la salmuera, debido a que en el cortado de los granos se rompen los tejidos, quedando en exposición parte de sus constituyentes.

El pH en el producto enlatado disminuyó, oscilando entre 6,22 y 6,30, valores ubicados dentro del rango de 6-6,4 señalado por el US Department Health, Education and Welfare (20) como normales para algunos alimentos enlatados de baja acidez. Los azúcares también presentaron una disminución en el proceso de enlatado, la cual pudo ocurrir en las etapas de cortado, esterilización y almacenamiento (21). A pesar de la reducción de los azúcares durante el procesamiento, el contenido de los maíces *sh2* sigue siendo superior al del maíz *su*, presentando los maíces super dulces entre 29,36% (Víctor) y 33,68% (Krispy king) de azúcares totales y entre 2,35% (324) y 2,68% (Krispy king) de azúcares reductores, mientras que en el maíz dulce XZ los valores fueron menores (20,49% azúcares totales y <2,35% azúcares reductores). El mayor contenido de azúcares totales de los maíces con el gen *sh2*, es debido a que estos maíces carecen de la enzima ADP glucosa fosforilasa que sintetiza al almidón, la cual está presente en los maíces *su* (2,3). La preferencia de los consumidores, en las evaluaciones del sabor, está relacionada con el contenido de azúcar en los granos (9), pudiendo los maíces super dulces ser enlatados sin añadir azúcar en el procesamiento, con ahorro en los costos de producción.

TABLA 2  
Características químicas de los granos enlatados de maíces dulce y super dulces a los 110 días de almacenamiento

Variables	XZ (su) 110 días	Híbridos		Víctor (sh2)		324 (sh2)	
		Krispy king (sh2) 0 día	110días	0 día	110días	0 día	110días
S. solubles de la salmuera. ° Brix	9,82	11,00	11,90	11,00	10,31	11,00	11,81
S solubles del grano. °Brix	26,55	18,63	14,21 ns	18,40	12,46*	18,57	14,20 ns
pH	6,30	6,42	6,22*	6,56	6,25*	6,59	6,30 ns
Azúcares totales % bs	20,49	44,06	36,68*	39,42	29,36*	40,35	33,61*
Azúcares reductores % bs	< 2,35	13,00	2,68	10,26	2,40	9,76	2,35

\* = indica efectos significativos (P<0.05) con respecto al testigo XZ (su).

ns = indica diferencia no significativa (P<0.05) con respecto al testigo XZ (su).

bs = base seca.

#### Evaluación sensorial de los granos enlatados de maíces dulce y super dulces

La apariencia, olor y la calificación final de los granos de los maíces super dulces no difirieron estadísticamente del testigo (Tabla 3), en cambio el color, sabor y dulzor fueron distintos en el híbrido super dulce 324 y la textura en el Víctor. Los valores de la apariencia oscilaron entre 2,80 y 3,10, que según la escala usada correspondieron a granos uniformes y brillantes. El olor fue evaluado entre un leve olor a un buen olor a maíz, siendo ubicado entre 2,40 y 3,00. La calificación final asignada al híbrido 324 fue 7,70, la cual según la escala correspondió a "me gusta", seguido del XZ (su) con una puntuación de 6,10 "me gusta muy poco", mientras que los híbridos Krispy king (5,60) y Víctor (5,10) tuvieron una calificación menor, equivalente a "me es indiferente", siendo los menos aceptados por el panel.

A la textura de los híbridos super dulces le fue asignada una puntuación de 3,00 (Krispy king) a 3,40 (Víctor), firme y crujiente, que no difirió a un nivel de significación del 5% de la del testigo, con excepción de la del híbrido Víctor que tiende a tener una textura entre firme y crujiente a poco fibrosa con un valor de 3,4. A pesar de que no hubo diferencias significativas entre dos de los híbridos super dulces y el dulce, se puede observar que todos los maíces sh2 mostraron una textura firme y crujiente, mientras que el patrón (su) mostró una textura calificada como blanda (2,10). La textura del grano es relacionada con el contenido de polisacáridos solubles en agua (4,5), el cual es muy alto en los híbridos su y les imparte una textura cremosa (5), en tanto que es excepcionalmente bajo en los cultivares con altos porcentajes de azúcares (4), que tienen mayor firmeza del endospermo

que los del su (5). Además, Garwood *et al.* (6) observaron que los granos enlatados del maíz sh2 eran preferidos a los del maíz su por el panel evaluador, en cuanto a la textura y el sabor, siendo calificados como productos de alta calidad con grado A en la escala del U.S. Department of Agriculture (USDA).

TABLA 3  
Evaluación sensorial de los granos enteros enlatados de maíces dulce y super dulces a los 110 días de almacenamiento

Variable	XZ (su)	Híbridos		
		Krispy king (sh2)	Víctor (sh2)	324 (sh2)
Apariencia	2,80	2,90 ns	3,10 ns	3,00 ns
Color	2,60	3,00 ns	1,60 ns	3,90*
Olor	2,40	3,00 ns	2,90 ns	2,80 ns
Sabor	2,30	2,40 ns	2,90 ns	3,60*
Textura	2,10	3,00 ns	3,40*	3,30 ns
Dulzor	2,20	3,30*	2,50 ns	3,80*
Calificación final	6,10	5,60 ns	5,10 ns	7,70 ns
Preferencia	2,50	2,60	3,30	1,60

\* = indica efectos significativos (P<0.05) con respecto al testigo XZ (su).

ns = indica diferencia no significativa (P<0.05) con respecto al testigo XZ (su).

Los valores reportados para el color de los granos de los híbridos de maíz fueron de 3,9 (amarillo intenso) para el híbrido 324, en tanto que para el Krispy king y el patrón

fueron de 3,0 y 2,6 respectivamente, que atañen a un amarillo característico de maíz y para el Víctor fue de 1,6 que correspondió a un amarillo claro. El sabor de los híbridos Krispy king y Víctor fue catalogado como un leve sabor a maíz (2,40) y un buen equilibrio de sabor (2,90) respectivamente y el del 324 con un acentuado sabor a maíz (3,60) distinto al del patrón, cuyo valor 2,30 correspondió a un leve sabor a maíz. Varios investigadores (6,8,9) han detectado preferencia de los evaluadores por el maíz *sh2* en pruebas de sabor. Al dulzor de los maíces super dulces le fueron asignados valores entre 2,50 y 3,80 que según la escala se refieren a granos dulces a muy dulces, mientras que el patrón *su* fue evaluado con 2,20 que corresponde a granos levemente dulces, demostrando que en los híbridos *sh2* el contenido de azúcar es superior. Resultados similares fueron obtenidos por Zhu *et al.* (3) y Evensen y Boyer (9), quienes relacionaron la sensación de dulzor con un mayor contenido de azúcares en el grano, principalmente con sacarosa, azúcar predominante en el maíz super dulce (2,3,5,6), con la cual presenta una alta correlación (3,9). Las muestras fueron clasificadas según el grado de preferencia en el siguiente orden: 324, XZ (*su*), Krispy king y Víctor.

En conclusión, los híbridos de maíz super dulce demostraron ser aptos para el enlatado en granos enteros, presentando como ventajas sobre el maíz dulce: no requerir adición de azúcar en el proceso por su alto contenido de este componente y tener los granos una textura firme y crujiente. Entre los maíces super dulces se destacó el híbrido 324, el cual mostró las mejores características sensoriales en color, sabor y dulzor, siendo preferido por el panel evaluador.

### AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la empresa de alimentos Del monte Andina el financiamiento de esta investigación.

### REFERENCIAS

1. Creech RG. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics*. 1965;52:1175-1186.
2. Wong AD, Juvik JA, Breeden DC y Swiader J. M. Shrunken 2 sweet corn yield and the chemical components of quality. *J Amer Soc Hort Sci*. 1994;119(4):747-755.
3. Zhu S, Mount JR y Collins JL. Sugar and soluble solids changes in refrigerated sweet corn (*Zea mays* L.). *J Food Sci*. 1992;57(2):454-457.
4. Wann EV, Brown GB y Hills WA. Genetic modifications of sweet corn quality. *J Amer Soc Hort Sci*. 1971;96:441-444.
5. Azanza F, Bar-zur A y Juvik JA. Variation in sweet corn kernel characteristics associated with stand establishment and eating quality. *Euphytica*. 1996;87:7-18.
6. Garwood DL, Mc Ardle FJ, Vanderslice SF y Shannon JC. Postharvest carbohydrate transformations and processed quality of high sugar maize genotypes. *J Amer Soc Hort Sci*. 1976;101(4):400-404.
7. Aung LH, Fouse DC y Harris CM. Effect of postharvest desiccation at high temperature on soluble sugar changes of two supersweet sweet corn cultivars. *J Horticult Sci*. 1992;67(6):745-750.
8. Sholwater RK y Miller LW. Consumer preference for high-sugar sweet corn varieties. *Proc Fla State Hort Soc*. 1962;75:278-280.
9. Evensen KB y Boyer CD. Carbohydrate composition of sensory quality of fresh and stored sweet corn. *J Amer Soc Hort Sci*. 1986;111(5):734-738.
10. Camacho C, Alfonso B, Ortiz de Bertorelli L y De Venanzi F. Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz super dulce. *Arch Latinoamer Nutr*. 2001;51(2):180-186.
11. Alfonso B, Camacho C, Ortiz de Bertorelli L y De Venanzi F. Adaptabilidad de mazorcas de híbridos de maíz super dulce al procesamiento industrial. I Congelación. *Arch Latinoamer Nutr*. 2002;52 (3): en prensa.
12. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°1341. Determinación del peso neto. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1978. 2p.
13. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°1412. Determinación del peso escurrido. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1979. 4p.
14. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°1117 Determinación del vacío. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1977. 4p.
15. Association of Official Analytical Chemists. AOAC. Official methods of analysis. 16<sup>th</sup> Edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap. 27. 39p. 1997
16. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°924. Determinación de sólidos solubles en frutas y productos derivados. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1988. 21p.
17. Steel R y Torrie J. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2<sup>a</sup> ed. Editorial Mc Graw Hill Latinoamericana. S.A. México. 1985. 622p.
18. Del Monte Andina C.A. Compañía Venezolana de Conservas. C.A. Manual de procesos para elaborar maíz dulce desgranado enlatado y maíz en mazorcas congeladas. 1998. 49p.
19. Collins JL y Taylor JC. Relationships between soluble solids level of raw sweet corn and sensory evaluation of deep fried corn-on-the cob. *J Food Sci*. 1976;41:1239-1240.
20. U.S. Department of Health, Education and Welfare. pH range. Food Drug Adm. Washington, D.C. Bacteriological Analytical Manual. 2<sup>nd</sup> ed. Sect 42-03. 1969.
21. Cartaya L, Ortiz de Bertorelli L y Bejarano A. Determinación del punto óptimo de cosecha de las variedades de maíz dulce Pajimaca y Riqueza para su enlatado como maíz tierno. *Agronomía Tropical*. 1991;41(3-4):153-168.

Recibido: 31-07-2001

Aceptado: 10-06-2002