

## Adaptabilidad de mazorcas de híbridos de maíz super dulce al procesamiento industrial. I congelación

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

Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela- Delmonte Andina CA, Turmero. Edo Aragua, Venezuela

**RESUMEN.** Para evaluar la adaptabilidad de las mazorcas de los híbridos de maíz super dulce *sh2* Krispy king, Víctor y 324 a la congelación, 100 mazorcas de cada híbrido fueron congeladas a -18°C. A los 120 días del almacenamiento, las mazorcas fueron comparadas química, microbiológica y sensorialmente con un maíz dulce *su*. Además, fue determinado el rendimiento industrial en el proceso de congelación y el largo y número de hileras de las mazorcas. Los resultados revelaron rendimientos superiores al 60% en mazorcas congeladas. Las mazorcas presentaron un largo y un número de hileras aceptable. Las características químicas de los híbridos super dulces no difirieron de las del maíz dulce a un nivel de significación del 5%, con excepción de la humedad y de los sólidos solubles del cultivar Víctor y los azúcares totales del híbrido 324, cuyos valores fueron estadísticamente diferentes y el pH que fue mas alto en todos los maíces *sh2*. Durante la congelación disminuyeron los sólidos solubles, los azúcares y la acidez, mientras que el pH aumentó. Las mazorcas congeladas presentaron un rango microbiológico admisible, con baja actividad de mesófilos y coliformes totales, ausencia de psicrófilos y coliformes fecales y una apreciable cantidad de hongos. En conclusión los híbridos de maíz *sh2* se adaptaron satisfactoriamente a la congelación, resaltando su baja cantidad de sólidos solubles y alto contenido de azúcares totales, el cual casi duplicó al del maíz *su*. Además, el sabor, textura, dulzor y apariencia de los granos fueron mejores, destacándose el híbrido Víctor por su rendimiento y características sensoriales, siendo preferido por el panel evaluador.

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

**SUMMARY.** Super sweet corn adaptability for industrial freezing process. With the purpose of evaluating adaptability to the freezing process of super sweet corn *sh2* hybrids Krispy King, Victor and 324, 100 cobs of each type were frozen at -18°C. After 120 days of storage, their chemical, microbiological and sensorial characteristics were compared with a sweet corn *su*. Industrial quality of the process of freezing and length and number of rows in cobs were also determined. Results revealed yields above 60% in frozen cobs. Length and number of rows in cobs were acceptable. Most of the chemical characteristics of super sweet hybrids were not different from the sweet corn assayed at the 5% significance level. Moisture content and soluble solids of hybrid Victor, as well as total sugars of hybrid 324 were statistically different. All *sh2* cobs had higher pH values. During freezing, soluble solids concentration, sugars and acids decreased whereas pH increased. Frozen cobs exhibited acceptable microbiological rank, with low activities of mesophiles and total coliforms, absence of psychrophiles and fecal coliforms, and an appreciable amount of molds. In conclusion, *sh2* hybrids adapted with no problems to the freezing process, they had lower contents of soluble solids and higher contents of total sugars, which almost doubled the amount of *su* corn; flavor, texture, sweetness and appearance of kernels were also better. Hybrid Victor was preferred by the evaluating panel and had an outstanding performance due to its yield and sensorial characteristics.

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

### INTRODUCCION

Existen muchas mutaciones en el maíz que ocasionan variaciones en las características del endospermo. Algunos genes pueden causar alteraciones en el tipo y cantidad de carbohidratos durante la maduración del grano. Entre ellos, el gen *su* produce un aumento de los polisacáridos solubles en agua, como el fitoglicógeno y disminuye la síntesis del almidón (1,2). En tanto que el gen *sh2* no sintetiza la enzima ADP-glucosa fosforilasa, clave en la síntesis del almidón y causa una acumulación de sacarosa y de lípidos en lugar de polisacáridos solubles y almidón (3,4). De manera que estos maíces poseen cuatro a ocho veces más azúcares que los

híbridos no mutantes y son conocidos como super dulces (4). Este nuevo maíz, denominado Shrunken-2, supera al maíz dulce *su* por presentar características mejores como: un contenido mas alto de azúcares en la madurez con dos a tres veces mas sacarosa (4), un período de cosecha más largo (5), una textura suave y crujiente, no requerir adición de azúcar al procesarlo (6), presentar rendimientos comparables al de los cultivares *su* (7) y ser preferido por los consumidores en las pruebas de sabor (8), por lo cual es muy cotizado en diversos países.

En Venezuela, el cultivo de maíz super dulce está siendo introducido con amplias expectativas en la búsqueda de nuevas alternativas, tanto para la industria como para los

productores agrícolas, de forma que actualmente hay un marcado interés nacional por evaluar el comportamiento industrial de algunos híbridos de maíz *sh2* a cultivarse comercialmente en el país, por lo cual el objetivo de esta investigación consistió en estudiar la adaptabilidad de tres híbridos de maíz super dulce del grupo genético *sh2* al procesamiento como mazorca congelada.

## MATERIALES Y METODOS

### Selección del material

Los híbridos de maíz super dulce, grupo genético *sh2*, seleccionados fueron: Krispy king, Víctor y 324 y del maíz dulce, grupo genético *su*, el híbrido Bonanza (XZ).

### Siembra, practicas 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 manualmente y el muestreo fue realizado al azar.

### Congelación de las mazorcas de maíz

Para la congelación de las mazorcas se aplicó el esquema tecnológico presentado en la Figura 1, el cual consistió de 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 la mazorca 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.

**Corte:** A las mazorcas se les cortaron los extremos para llevarlas a un tamaño estándar de  $15 \pm 1$ cm.

**Escaldado:** Las mazorcas fueron colocadas verticalmente en cestas plásticas y trasladadas hasta el sistema de escaldado para ser sometidas a un tratamiento térmico con vapor de agua a 90°C por 10min.

**Enfriamiento:** Se realizó con agua clorinada hasta alcanzar una temperatura máxima de 18°C en el centro térmico. Seguidamente las mazorcas fueron colocadas en una cava de enfriamiento a 5°C por 3 horas.

**Inspección:** Una vez enfriadas y escurridas, las mazorcas fueron trasladadas a la sala de congelación, donde fueron

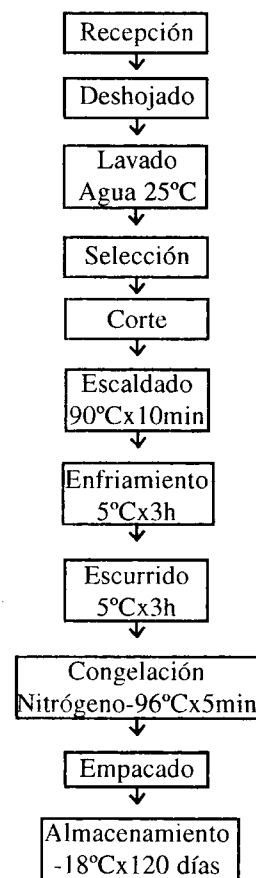
inspeccionadas para verificar la ausencia de daños como quemaduras o deshidratación

**Congelación:** Se colocaron las mazorcas en la banda o malla de acero inoxidable del túnel de congelación, formando filas de un máximo de 7 mazorcas con una separación de 1cm entre ellas. La congelación se efectuó por convección forzada de nitrógeno líquido en contracorriente en un Aga freeze spleet, a una temperatura de congelación de -96°C y un tiempo de retención de 5 minutos hasta alcanzar una temperatura máxima de -20°C en el centro térmico de las mazorcas.

**Empacado:** Las mazorcas fueron empacadas manualmente a granel en bolsas de polietileno transparente de 100 micras de espesor, colocándose 36 mazorcas por bolsa, luego se embalaron a razón de 2 bolsas por contenedor.

**Almacenamiento:** Los contenedores fueron almacenados a una temperatura máxima de -18°C por 120 días.

FIGURA 1  
Esquema tecnológico del maíz en mazorca congelada



### Análisis físicos

A 70 mazorcas se les hicieron las siguientes mediciones: Longitud en cm desde la base hasta la punta, número de hileras y peso de las mazorcas. Además, fue calculado el rendimiento en el proceso de congelación sobre la base de la relación de los pesos de 100 mazorcas antes y después de procesadas.

### Análisis químicos

Los análisis químicos efectuados según la AOAC (9) fueron: Humedad: método N° 925.10. Azúcares reductores y totales: método N°923.09. pH: método N° 981.12. Acidez titulable: método N° 942.15. Actividad de peroxidasa: método N° 96327. Por su parte, los sólidos solubles fueron determinados siguiendo la norma COVENIN N° 924 (9).

### Análisis microbiológicos

En los análisis microbiológicos fueron usadas las siguientes Normas COVENIN: Hongos y levaduras: Norma N°1337 (11). Mesófilos y psicrófilos aerobios: Norma N°902 (12). Coliformes: Norma N°1104 (13).

Los análisis químicos y microbiológicos fueron realizados por triplicado en los granos molidos de 4 mazorcas de maíz a los 0 y 120 días de almacenamiento congelado.

### Evaluación sensorial

Las mazorcas congeladas por 120 días fueron cortadas en dos trozos y cocinadas en agua hirviendo por 10 minutos para las evaluaciones subjetivas de la apariencia, color, olor, sabor, textura y dulzor por un panel abierto conformado por 10 panelistas entrenados, quienes utilizaron una escala del 1 al 5, en la cual el 3 fue el mejor valor. Además, las muestras fueron clasificadas del 1 al 4 según el grado de preferencia, correspondiendo el 1 a la preferida en mayor grado.

### Análisis estadísticos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado, comparando los resultados de los tres híbridos de maíz super dulce con los del maíz dulce Bonanza usado como testigo. A las variables físicas y químicas se les aplicó un análisis de varianza. Donde hubo diferencias significativas se usó 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). Los resultados de los análisis microbiológicos fueron evaluados de manera descriptiva. En la evaluación sensorial fue aplicado un análisis de varianza vía no paramétrica, complementado con la prueba de Friedman (14).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Características físicas de las mazorcas de maíz super dulce y rendimiento en mazorcas congeladas

En cuanto a las características físicas, en la Tabla 1 se puede observar que las mazorcas de menor longitud (16,39cm) y con mayor número de hileras (16,18 hil.) correspondieron al híbrido 324. En cambio las mazorcas más largas (18,37cm) fueron las del híbrido Víctor y el número más bajo de hileras (14,67 hil.) el del Krispy king. El largo de las mazorcas de estos dos híbridos coincidió con los valores señalados en la literatura, según la cual, la longitud de las mazorcas de los híbridos de maíz super dulce está entre 17,3 y 21cm y el número de hileras entre 14-20, dependiendo del híbrido (6,7). En este aspecto es importante considerar que sobre estas dos variables influyen varios factores, entre ellos la densidad de siembra, la cual si es muy alta causa la producción de mazorcas más pequeñas y menor número de hileras. Otros factores importantes son las condiciones edafoclimáticas de cada zona en particular, así como las enfermedades y plagas que puedan estar presentes en la misma, afectando el desarrollo normal del cultivo (7,15). De igual manera se debe considerar que el maíz super dulce se caracteriza por tener dos mazorcas una principal y otra secundaria, esta última por su pequeño tamaño y número de hileras no es recomendable que sea cosechada ya que originaría bajos rendimientos.

TABLA I

Longitud, número de hileras de mazorcas de maíces super dulce y rendimiento en mazorcas congeladas

Híbridos	Longitud cm	Hileras N°	Rendimiento %
Krispy King	17,83 ± 1,29	14,67 ± 1,67	64,52
Víctor	18,37 ± 1,50	15,45 ± 1,80	67,37
324	16,39 ± 1,74	16,18 ± 1,84	62,72

El rendimiento de las mazorcas congeladas de los maíces super dulces fue entre 62,72-67,37% (Tabla 1), presentando el menor rendimiento el híbrido 324 y el mayor el híbrido Víctor. El rendimiento del maíz dulce en mazorcas congeladas obtenido en la industria oscila entre 48-54% (15), por lo tanto los resultados de este estudio fueron superiores a los de la planta procesadora, revelando un alto rendimiento en planta de los maíces analizados.

### Características químicas, microbiológicas y sensoriales del maíz super dulce congelado

Los resultados de la composición química de los granos de maíz congelado (Tabla 2) revelaron que el contenido de humedad osciló entre 74,04% (324) y 75,66% (Víctor), difiriendo ( $P < 5\%$ ) este último del maíz dulce (su) XZ usado como testigo (67,28%). En el híbrido Víctor, la humedad disminuyó durante el almacenamiento, en cambio en el 324

y en el Krispy king se observó muy poca variación. Es de hacer notar que el almacenaje de vegetales congelados puede provocar pérdidas de humedad asociadas con las propiedades del material de empaque, encontrándose reducciones de 4,5% en el peso del producto almacenado (16). Estos maíces, considerados como hortalizas por su elevado contenido de humedad al momento de la cosecha, presentaron una humedad óptima para el consumo, la cual ha sido establecida en un rango de 70%-75% (1). Los sólidos solubles del grano variaron entre 14,13°Brix (Víctor) y 16,32°Brix (Krispy king), disminuyendo el contenido de todos los maíces en el almacenamiento en congelación. Esta reducción fue mayor en el híbrido Víctor, el cual fue el único en alcanzar diferencias significativas al 5% respecto al patrón (25,16°Brix). Los maíces super dulces presentaron menor cantidad de sólidos solubles que el maíz su, lo cual es atribuido a su escaso contenido de polisacáridos solubles en agua, tales como el fitoglicógeno, que aumentan los °Brix en los granos del maíz dulce (5,17). El contenido inicial de azúcares totales fue alto en los tres híbridos de maíz super dulce (39,42%-44,06%). Varios investigadores (2,3,7,17,18) han señalado que una característica de estos maíces es el alto contenido de azúcares totales, lo cual ha sido atribuido a la ausencia de la enzima ADP glucosa fosforilasa que ocasiona la síntesis del almidón (3,4). Esta alta concentración de azúcares totales permite agrupar a estos maíces como super dulces y tiene gran importancia a nivel industrial y de consumidor (5). En los maíces super dulces congelados se observó una reducción de los niveles iniciales de estos compuestos a cantidades

inferiores al 34%, con valores entre 30,83-33,48%, próximos entre sí y que casi duplicaron el contenido del maíz dulce XZ (16,17%), observándose diferencias a un nivel de significación del 5%, solamente entre el testigo y el híbrido 324. Los azúcares reductores también disminuyeron durante el almacenamiento y los valores, que oscilaron entre 2,41 y 2,61%, no variaron significativamente entre los grupos super dulces y dulce. Garwood et al. (5) no observaron diferencias en el contenido de azúcares reductores en mazorcas frescas de los grupos su y sh2. En tanto que Olsen et al. (18) encontraron altos contenidos de fructosa y glucosa en híbridos super dulces. La reducción de los azúcares en los maíces congelados, evidencian pérdidas de estos compuestos, posiblemente en el proceso de escaldado y durante el almacenamiento, al reaccionar con aminos, aminoácidos y proteínas produciendo acetyl-carbonyl-amina (19). Los niveles iniciales de pH de los maíces super dulces estuvieron en un rango aceptable, entre 6,42 y 6,59 que coincidió con los valores 6,1-6,8 señalados por el US Department of Health, Education and Welfare (20) para el maíz en mazorca. Durante el almacenamiento congelado, estos valores aumentaron, presentando los maíces super dulces un rango de pH entre 7,02 y 7,18, los cuales difirieron a un nivel de probabilidad del 5%, del patrón, cuyo pH fue 6,63. Mientras que la acidez disminuyó y los valores, ubicados entre 0,14% y 0,21%, fueron similares al del maíz XZ (0,21%). En el proceso de congelación a -10°C, el crecimiento microbiano es inhibido, así como las reacciones químicas deteriorativas.

TABLA 2  
Características químicas de maíces super dulces en el almacenamiento congelado

Características químicas	Krispy King		Víctor		324		XZ
	0 día	120 días	0 día	120 días	0 día	120 días	120 días
Humedad (%)	75,64	75,31 ns	77,05	75,66*	74,94	74,04 ns	67,28
S. Solubles (°Brix)	18,63	16,32 ns	18,40	14,13*	18,57	15,46 ns	25,16
Azúcares Tot. (%)	44,06	30,83 ns	39,42	31,69 ns	40,35	33,48 *	16,17
Azúcares Red. (%)	13,00	2,54 ns	10,26	2,61 ns	9,76	2,41 ns	2,61
pH	6,42	7,02*	6,56	7,12*	6,59	7,18*	6,63
Acidez (%)	0,36	0,21 ns	0,23	0,14 ns	0,27	0,15 ns	0,21

\* = indica efectos significativos (P<5%) respecto al testigo XZ (su).

ns = indica diferencia no significativa respecto al testigo XZ (su).

En relación con la calidad microbiológica, los resultados de la Tabla 3 indicaron que el híbrido 324 presentó, inicialmente, mayor contenido de aerobios mesófilos ( $5,5 \times 10^5$  ufc/g) y psicrófilos ( $3,5 \times 10^5$  ufc/g) que los híbridos Krispy king y Víctor, siendo estos valores relativamente bajos. Igualmente, los tres maíces super dulces presentaron un escaso contenido de mohos ( $5 \times 10^1$ - $1,5 \times 10^3$  propágulos/g) y levaduras ( $8,1 \times 10^2$ - $2,1 \times 10^4$  propágulos/g), lo cual conjuntamente con la ausencia

de coliformes fecales reveló la buena calidad microbiológica de esta materia prima para su procesamiento. Por otra parte, en los maíces congelados la carga inicial se redujo, de forma que no mostraron actividad de psicrófilos y coliformes fecales y la de los mesófilos y coliformes totales fue baja, debido a que durante el almacenamiento a -18°C se inhibe la actividad microbiana (21). No obstante, el contenido inicial de mohos se incrementó durante el almacenamiento en congelación,

alcanzando valores superiores a  $1 \times 10^5$  propágulos/g en los híbridos Krispy king y Víctor. La presencia de hongos reveló la existencia de esporas antes del procesamiento, las cuales pueden desarrollarse en un amplio intervalo de pH y temperatura (22). En cuanto a las levaduras, el híbrido 324 presentó el mayor conteo ( $2,2 \times 10^5$ ) a los 120 días de su congelación. Algunos autores afirman que en productos congelados los microorganismos indicadores y patógenicos pueden sobrevivir en cantidades variables por extensos períodos de tiempo (23). Las bacterias se encontraron por debajo del estándar establecido por Del Monte Andina (15),

el cual fija un valor  $< 1 \times 10^5$ /g en carga microbiana de bacterias o conteo total en placa, presentando los híbridos estudiados entre  $2,5 \times 10^3$  (324) y  $3,0 \times 10^4$  ufc/g (Krispy king). Además, los estándares establecidos para E. Coli se ubican en valores menores de 10/g y los de este estudio estuvieron por debajo de 3/g. La literatura recomienda para hortalizas congeladas que la carga microbiana en el maíz dulce no exceda de  $6,0 \times 10^4$  bacterias/g antes de entrar a los congeladores (24). Finalmente se puede decir que las mazorcas se encontraban dentro de un rango microbiológico aceptable, siendo este un indicador de la calidad de los maíces congelados.

TABLA 3  
Calidad microbiológica de maíces super dulces y dulce en el almacenamiento congelado

	Krispy King		Víctor		324		XZ
	0 día	120 días	0 día	120 días	0 día	120 días	120 días
Hongos <sup>1</sup>	$1,5 \times 10^3$	$> 1 \times 10^5$	$5 \times 10^1$	$> 1 \times 10^5$	$6 \times 10^2$	$6 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$
Levaduras <sup>2</sup>	$8,1 \times 10^2$	$2,7 \times 10^4$	$2,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^3$	$1,3 \times 10^3$	$2,2 \times 10^5$	$1,7 \times 10^3$
Mesófilos <sup>2</sup>	$1,6 \times 10^3$	$3,0 \times 10^4$	$8,3 \times 10^4$	$2,6 \times 10^3$	$5,5 \times 10^5$	$2,5 \times 10^3$	$6,6 \times 10^3$
Psicrófilos <sup>2</sup>	$5,3 \times 10^2$	0	$2,5 \times 10^4$	0	$3,5 \times 10^5$	0	0
Coliformes totales <sup>3</sup>	93	<3	>2400	4	>2400	<3	75
Coliformes fecales <sup>3</sup>	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3

1. Propágulos/g 2. Ufc/g 3. NMP/g

Según la evaluación sensorial (Tabla 4), la apariencia de los granos de los maíces sh2 fue catalogada entre 2,8-3,3 (granos uniformes y brillantes), mientras que la del maíz su fue 4,2 (granos poco uniformes y sin brillo), alcanzando solamente el híbrido 324 diferencias significativas al 5% con respecto al testigo. El color de los híbridos Víctor y Krispy king fue evaluado con una puntuación de 3,0 (amarillo) que no difirió del 2,9 del maíz dulce, mientras que el híbrido 324, cuya puntuación fue de 4,2, mostró un color amarillo intenso distinto al del patrón su. El color es una característica intrínseca de cada híbrido y no está afectada por el tipo (su y sh2), de allí las variaciones en la coloración de los maíces analizados. El olor de los maíces super dulces, no difirió del testigo y fue evaluado con valores cercanos a 2, que según la escala utilizada equivale a un leve olor a maíz. Al sabor del híbrido Víctor le fue asignado un 3, que correspondió a un buen equilibrio de sabor, diferente al del patrón, cuyo sabor leve a maíz fue evaluado con 1,8. En cambio, el sabor de los híbridos Krispy king y 324, con puntuaciones de 2,4 y 2,6 respectivamente, fue estadísticamente igual al del maíz dulce. Los maíces super dulces presentaron valores para la textura entre 3,5 y 3,0 equivalentes a una textura firme, crujiente y poco fibrosa, distinta a la del testigo, cuya textura, evaluada con 1,1 fue pegajosa. Estos resultados coinciden con los de Wann et al. (1), quienes señalan que el alto nivel de polisacáridos solubles en agua le brindan una textura cremosa

y consistencia pegajosa a los granos del maíz dulce, mientras que la dureza del pericarpio en los maíces sh2 le proporciona una textura crujiente. El dulzor de los híbridos Víctor y Krispy king fue catalogado como dulce, con valores de 3,0 y 3,1 respectivamente, los cuales difirieron ( $P < 5\%$ ) del patrón, cuyo valor 1,3 correspondió a nada dulce, en cambio el híbrido 324 no se distinguió del maíz XZ, a pesar de que su puntuación 2,6 se aproxima a la de los otros dos híbridos sh2 analizados. La evaluación del dulzor demostró la permanencia del alto contenido de azúcar en los maíces super dulces, aún después de 120 días de congelación. El almacenamiento de los maíces super dulces causa pérdidas de los azúcares totales, pero la concentración inicial de estos compuestos es tan alta que el nivel se mantiene por encima del maíz su (5). En la calificación final no se detectaron diferencias entre los tres híbridos de maíz super dulce y el testigo, sin embargo la puntuación en los híbridos 324, Víctor y Krispy king varió entre 6,0 y 6,3 equivalente a "me gusta muy poco", y en el XZ la puntuación fue de 5,5 ubicándose entre "me es indiferente" y "me gusta muy poco". El panel evaluador prefirió la muestra del maíz Víctor, la cual fue evaluada con un 2, en tanto que al resto de las muestras de maíz sh2 le fueron asignadas puntuaciones de 2,5 (324) y 2,8 (Krispy king) y al maíz dulce 2,7. Esto confirma las mejores características sensoriales en textura, sabor y dulzor de las mazorcas congeladas del híbrido Víctor, aunque sus

diferencias respecto a los otros híbridos super dulces no fueron tan notorias.

TABLA 4  
Evaluación sensorial de mazorcas congeladas de maíces super dulces y dulce

Variable	XZ	Krispy king	Víctor	324
Apariencia	4,2	3,1 ns	3,3 ns	2,8*
Color	2,9	3,0 ns	3,0 ns	4,2*
Olor	1,8	2,1 ns	2,3 ns	1,6 ns
Sabor	1,8	2,4 ns	3,0*	2,6 ns
Textura	1,1	3,5*	3,0*	3,2*
Dulzor	1,3	3,1 *	3,0*	2,6 ns
Calificac. final	5,5	6,0 ns	6,3 ns	6,3 ns
Preferencia	2,7	2,8	2,0	2,5

\* = indica efectos significativos ( $P < 5\%$ ) respecto al testigo XZ (su).  
ns = indica diferencia no significativa respecto al testigo XZ (su).

#### Actividad residual de la peroxidasa

Los resultados obtenidos (Tabla 5) demostraron que al agregar el peróxido de hidrógeno y guayacol a granos de mazorcas almacenadas por 120 días no hubo cambio de color, sin embargo a partir de los 5 minutos se fueron desarrollando distintas coloraciones hasta llegar a un rojo intenso entre los 20 y 30 minutos de haber comenzado la prueba, lo cual reveló una cierta actividad residual de la enzima. Garrote et al. (25) señalan que en las mazorcas de maíz dulce, tratadas térmicamente a 100°C por 20 minutos, queda una actividad residual del 10%. La distribución de la enzima y su resistencia al calor no es igual en toda la mazorca de maíz dulce, teniendo una gran resistencia en la tusa (25), por otro lado se ha reportado la migración de la enzima desde la tusa a los granos durante el tiempo de almacenamiento (26). Es recomendable aplicar un tratamiento térmico menos intenso, aceptando un remanente de actividad de peroxidasa de 5%-10%, para evitar pérdidas de nutrientes, color y vitaminas por una aplicación excesiva de calor al intentar destruir totalmente esta enzima, así como para ahorrar energía en el proceso de escaldado.

TABLA 5  
Actividad de peroxidasa en las mazorcas congeladas de maíces super dulces y dulce

Híbrido	Tiempo de cambio de coloración en minutos			
	No hay coloración	Débilmente rojo	Rojo pálido	Rojo intenso
XZ (su)	0	5	7	20
Krispy king	0	6	13	25
Víctor	0	10	16	30
324	0	6	16	30

En conclusión, los híbridos de maíz super dulces cultivados en Venezuela se adaptaron satisfactoriamente al procesamiento de mazorcas congeladas, resaltando su alto contenido de azúcares y su baja cantidad de sólidos solubles en comparación con el maíz dulce XZ usado como patrón. Además, el sabor, la textura, el dulzor y la apariencia de los granos de los maíces super dulces fueron mejores que los del maíz dulce, destacándose el híbrido Víctor por su mayor rendimiento, así como por sus características sensoriales, por lo cual fue preferido por el panel evaluador.

#### AGRADECIMIENTO

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

#### REFERENCIAS

1. Wann EV, Brown GB y Hills WA. Genetic modifications of sweet corn quality. *J Amer Soc Hort Sci.* 1971;96:441-444.
2. Carey E, Dickinson D y Rodhes A. Sugar characteristics of sweet corn population from a sugary enhancer breeding program. *Euphytica* 1984;33:609-622.
3. Rodhes D. "Citing the sites"(en línea): Sweet corn genetics: Documenting electronic. Sources on the Internet. 20 de agosto de 1997 <<http://www.hort.purdue.edu/rhodcv/hort410/sweetc/sw000009.htm>> (Consulta: 4 de agosto de 1998). 1997.
4. Creech RG. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics* 1965;52:1175-1186.
5. 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.
6. Rogers NK. Seed Co. Catálogo de semillas y hortalizas. Boise, Idaho 83711. E.U.A. 1976. 80p.
7. Wong AD, Juvik JA, Breeden DC y Swiader JM. Shrunken 2 sweet corn yield and the chemical components of quality. *J Amer Soc Hort Sci.* 1994;119(4):747-755.
8. 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.
9. Association of Official Agricultural Chemists. AOAC. Official Methods of Analysis. 15ªed. Arlington Virginia. The Association. 1990. 1298p.
10. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°924-88. Determinación de sólidos solubles en frutas y productos derivados. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1988. 21p.
11. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°1337-78. Determinación de hongos y levaduras. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1978. 6p.
12. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN.

- Norma venezolana N°902-78. Determinación de bacterias aeróbicas mesófilas. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1978. 3p.
13. Comisión Venezolana de Normas Industriales. COVENIN. Norma venezolana N°1104-84. Determinación del número más probable de coliformes fecales y *E coli*. Ministerio de Fomento. Caracas. Venezuela. 1984. 12p.
  14. Steel R y Torrie J. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. 2ª ed. Editorial Mc Graw Hill Latinoamericana S.A. México. 622p.
  15. Del Monte Andina CA. Manual de procesos. 1998. 49p.
  16. AGA Venezolana CA. Especificaciones técnicas en procesos. Departamento de Alimentos. Caracas. 1995. 10p.
  17. 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.
  18. Olsen JK, Giles JE y Jordan RA. Postharvest carbohydrate changes and sensory quality of three sweet corn cultivars. *Scientia Hort.* 1990;44:179-189.
  19. Salunkhe DK. Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables. Cleveland, Ohio, Ed. CRC Inc. 1974.166p.
  20. US Department of Health, Education and Welfare. pH range. Food Drug Adm, Washington, DC, *Bacteriological Analytical Manual* 2ª ed. 1969.
  21. Cheftel JC y Cheftel. H. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Alimentos. Volumen I. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 1976. 497p.
  22. Jarvis B. Rapids methods in food microbiology: A practical approach. *Food Tech.* August 34/11. 1982. p518.
  23. Speeck. ML y Ray B. Effects of freezing and storage an microorganism in frozen foods. A review. *J Food Prot.* 40(5):330-336.
  24. Frazier WC y Westthof DC. Microbiología Básica de los Alimentos. 4ª ed. Zaragoza, España. Ed. Acribia. 1993. 681p.
  25. Garrote RL, Luna JA, Silva ER y Bertone RA. Prediction of residual peroxidase activity in the blanching-cooling of corn on the cob and its relation to off-flavor development in frozen storage. *J Food Sci.* 1987;52:187-233.
  26. Luh BS y Woodroof JG. Commercial vegetable processing. 2ª ed., Westport, Conn. The Avi Publishing Co. 1988. 784p.

Recibido: 22-02-2001

Aceptado: 02-11-2001

**FUNDACION BENGOA**  
para la Alimentación y Nutrición  
**CENTRO DE DOCUMENTACION**