
ADAPTABILIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DULCE AL ALMACENAMIENTO COMO GRANOS ENTEROS CONGELADOS

Alejandra Ramírez, Ligia Ortiz de Bertorelli, Norelkys Martínez y Frank De Venanzi

RESUMEN

Esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar la adaptabilidad de tres híbridos de maíz dulce (*su*), cultivados en Venezuela, al procesamiento industrial como granos enteros congelados. Los híbridos (*su*) 2038, 2010, 2004 y el Bonanza, usado como patrón, fueron desgranados y los granos congelados criogénicamente a -95°C por 7min y almacenados a -18°C . Después del proceso de congelación, al producto le fue evaluado el rendimiento industrial, así como las características químicas, microbiológicas y sensoriales a los 45 y 90 días de

almacenamiento. Los resultados revelaron un rendimiento promedio de 33,19%, valor ligeramente superior al que maneja la industria para este tipo de producto (26-30%), utilizando el híbrido Bonanza. Además, los granos congelados de los híbridos estudiados presentaron características químicas, microbiológicas y sensoriales que indicaron su aceptabilidad y una adecuada estabilidad durante el almacenamiento en congelación, destacándose el híbrido 2038.

ADAPTABILITY OF WHOLE KERNELS OF SWEET CORN HYBRIDS TO FROZEN PROCESSING

Alejandra Ramírez, Ligia Ortiz de Bertorelli, Norelkys Martínez and Frank De Venanzi

SUMMARY

This study was conducted to evaluate the adaptability processing as frozen whole kernels of three sweet corn hybrids (*su*) named: 2038, 2010 and 2004, cultivated in Venezuela. Bonanza hybrid was used as a commercial standard. Samples were husked, cut and frozen at to -95°C for 7 minutes and storage to -18°C . The freezing process was evaluated in terms of commercial yield,

chemical, microbiological and sensorial characteristics after 45 and 90 days of storage. The results showed an average yield of 33.19%, which is higher than that of the Bonanza hybrid (26-30%). All hybrids tested showed acceptability and good storage stability chemical, microbiological and sensorial characteristics that indicated being hybrid 2038 the most outstanding.

Introducción

El maíz dulce se diferencia del maíz normal en que sus granos, cuando están en la

fase tierna, son muy ricos en azúcar. Este carácter azucarado es debido a la presencia de un gen recesivo (*su*) en homocigosis, el cual impide

la conversión de gran parte del azúcar en almidón (López, 1991). Por su modo de crecimiento, la forma de su cultivo y por su uso, el maíz dulce

puede considerarse como una hortaliza (Raymond, 1989).

Las hortalizas se adaptan satisfactoriamente al proceso de congelación y en la ac-

PALABRAS CLAVE / Congelación de Granos / Estabilidad de Granos Congelados / Maíz Dulce /

Recibido: 05/04/2006. Modificado: 06/06/2007. Aceptado: 08/06/2007.

Alejandra O. Ramírez Matheus. Ingeniero Agrónomo y M.Sc. en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Central de Venezuela (UCV). Profesora, UCV, Venezuela. Dirección: Instituto de Química y Tecnología, Facul-

tad de Agronomía, UCV. Apdo. 4579. Maracay 2101. Aragua, Venezuela. e-mail: ramirezaucv@hotmail.com

Ligia Ortiz de Bertorelli. Licenciada en Química, UCV, Venezuela. Magíster en Ciencia

de los Alimentos, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Profesora, UCV, Venezuela.

Norelkys Martínez. Ingeniero Agrónomo, UCV, Venezuela. Supervisora, Empresa La Granja, Venezuela. UCV, Venezuela.

Frank De Venanzi. Ingeniero Agrónomo UCV, Venezuela. M.Sc. en Ciencias, Asesor, Empresa Del Monte Andina, Turmero, Aragua, Venezuela.

ADAPTABILIDADE DE HÍBRIDOS DE MILHO DOCE AO ARMAZENAMENTO EM GRÃOS INTEIROS CONGELADOS

Alejandra Ramírez, Ligia Ortiz de Bertorelli, Norelkys Martínez e Frank De Venanzi

RESUMO

Esta investigação se realizou com a finalidade de avaliar a adaptabilidade de três híbridos de milho doce (*su*), cultivados na Venezuela, ao processamento industrial em grãos inteiros congelados. Os híbridos (*su*) 2038, 2010, 2004 e o Bonança, usado como padrão, foram debulhados e os grãos congelados criogenicamente a -95°C durante 7min e armazenados a -18°C . Depois do processo de congelamento, foi avaliado o rendimento industrial do produto, assim como as características químicas, microbiológicas e senso-

riais aos 45 e 90 dias de armazenamento. Os resultados revelaram um rendimento médio de 33,19%, valor ligeiramente superior ao que maneja a indústria para este tipo de produto (26-30%), utilizando o híbrido Bonança. Além disso, os grãos congelados dos híbridos estudados apresentaram características químicas, microbiológicas e sensoriais que indicaram sua aceitabilidade e uma adequada estabilidade durante o armazenamento em congelamento, destacando-se o híbrido 2038.

tualidad son comercializadas como productos congelados por el significativo ahorro de tiempo y trabajo al ama de casa (Madrid *et al.*, 1997). Las ofertas que presenta el mercado en cuanto a este tipo de producto son altamente atractivas, siendo las más comunes las mezclas de vegetales congelados, como por ejemplo los guisantes con zanahoria, maíz con habas y el producto tradicionalmente llamado vegetales mixtos. Por ello, los esfuerzos industriales se han orientado hacia la obtención de un producto de alta calidad, realizándose estudios para la selección de variedades idóneas para la congelación. Es del consenso general, que no todas las especies de hortalizas que son aptas para congelar, proceso que es más delicado (Zbigniew y Postolski, 1985).

La congelación del maíz dulce puede llevarse a cabo sobre el producto empacado, o sobre granos sueltos, por congelación criogénica y posterior almacenamiento a temperaturas menores de 0°C , lo que evita su deterioro (Inglett, 1970). En los últimos años la Empresa Del Monte Andina (EDMA), ha realizado estudios en Venezuela sobre la adaptación agronómica e industrial de híbridos de maíz dulce (*su*) y superdulce (*sh2*) (Correa, 1999; Ávila y Bernaez, 2000; Camacho *et al.*, 2001; Alfonso *et al.*, 2002). En esta empresa, la congelación del maíz dulce se realiza

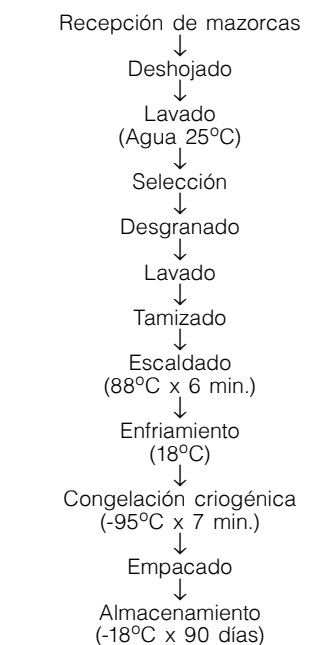


Figura 1. Esquema tecnológico de la congelación de granos de maíz.

desde hace 8 años como grano entero y en mazorca, siendo el Bonanza el híbrido *su* tradicionalmente usado, del cual se procesan 1000 a 7000kg de maíz fresco por día. La demanda de estos productos en el país se ha incrementado a través de los años, ocupando el primer lugar el grano congelado, con un consumo anual de aproximadamente 98385kg, lo que representa 16,15% del total de los productos congelados por la EDMA. En el presente trabajo se estudió la adaptabilidad de otros híbridos de maíz dulce cultivados en Venezuela al procesamiento como grano entero congelado, con el fin de evaluar nuevas

alternativas que satisfagan las necesidades de la industria y del consumidor.

Materiales y Métodos

Los híbridos de maíz dulce (*su*) identificados como 2038, 2010, 2004 y el Bonanza, usado como patrón, fueron suministrados por la EDMA, provenientes de una siembra semi-comercial ubicada en la localidad de San Joaquín, estado Carabobo, Venezuela. La cosecha se realizó entre los 15 y 18 días después de la polinización, es decir a los 70 días después de la siembra.

En el ensayo se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con seis repeticiones por cada uno de los tratamientos, definidos por los cuatro híbridos de maíz dulce en estado fresco, congelados y almacenados durante 45 y 90 días a -18°C .

Congelación del maíz

Los granos de maíz fueron congelados criogenicamente siguiendo el esquema mostrado en la Figura 1, que se desglosa a continuación:

Recepción. Se cuantificó el material fresco como mazorca a procesar por híbrido, para lo que se pesó en una romana el camión contenido de mazorcas colocadas en cestas plásticas.

Deshojado. Las mazorcas de los maíces dulces fueron sometidas a deshojado mecánico, pasando la mazorca por

una mesa vibratoria y luego por un canal de dos rodillos que giran en sentido contrario, retirando las hojas y barbas.

Lavado. Se realizó mediante aspersores que inyectan agua a presión y eliminan las impurezas presentes en las mazorcas peladas.

Selección. Consistió en la separación de las unidades defectuosas de las aptas para el procesamiento, lo cual se efectuó en una mesa con bandas que giran en sentido contrario.

Desgranado. Fue ejecutado manualmente, pasando las mazorcas entre cuchillas circulares que descargan los granos en una banda transportadora que los conduce a un tanque de flotación.

Lavado. Se realizó con agua para eliminar los restos de tusa, hilos y otros residuos de los granos de maíz dulce.

Tamizado. Se utilizaron cribas horizontales de vibración vertical para separar los granos grandes de los pequeños y eliminar cualquier otro residuo.

Escaldado. Los granos de maíz fueron sometidos a un tratamiento térmico con vapor de agua a 88°C por 6min.

Enfriamiento. Se llevó a cabo con agua clorinada hasta alcanzar una temperatura máxima de 18°C en el centro térmico.

Inspección. Una vez enfriados y escurridos, los granos fueron trasladados a la sala de

TABLA I
RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ DULCE
(*su*) COMO GRANO ENTERO CONGELADO

Híbridos	Rendimiento en grano (%)
2038	33,06
2010	30,00
2004	36,52
Bonanza	26-30*

* Datos suministrados por la empresa EDMA.

congelación e inspeccionados para asegurar la carencia de quemaduras o deshidratación.

Congelación. Esta operación se efectuó en el túnel de congelación criogénica por convección forzada de N₂ líquido en un Aga Frezee Splet a -95°C por 7min, hasta alcanzarse una temperatura de -18°C en el centro térmico.

Empacado. A la salida del túnel, los granos fueron manualmente empacados a granel en bolsas de polietileno de 25kg y posteriormente embalsados en bolsas de polietileno de 500g.

Almacenamiento: Las bolsas de 500g contentivas de los granos, fueron almacenadas a -18°C durante 90 días.

Rendimiento industrial

El rendimiento industrial se evaluó de acuerdo a la metodología de EDMA (2000), sobre la base de la relación

de los pesos de los granos de 100 mazorcas antes y después de desgranar y congelar.

Análisis químicos

Para analizar el pH y los contenidos de humedad, acidez titulable, azúcares reductores y totales se utilizó la metodología descrita en la AOAC (1997) y para los sólidos solubles (°Brix) la norma COVENIN (1978a).

Análisis microbiológicos

Los análisis de mohos, levaduras, coliformes totales, mesófilos aerobios y psicrófilos se realizaron según las normas COVENIN (1978b, 1984, 1987, respectivamente).

Evaluación sensorial

Para las evaluaciones subjetivas de la apariencia global, sabor, olor, dulzor y textura de los híbridos durante el almacenamiento congelado, los

granos enteros de maíz fueron colocados en un recipiente, cubiertos con agua, y cocinados por 5min en un horno microondas, sin la adición de sal ni de otro aderezo. La evaluación fue realizada por un panel conformado por 20 panelistas entrenados, quienes utilizaron una escala de 1 al 9, en la que 1 correspondió a “me disgusta extremadamente” y 9 a “me gusta extremadamente”.

Análisis estadísticos

Los resultados de los análisis químicos se sometieron a un análisis de varianza complementado con una comparación de medias por la prueba de rangos múltiples de Duncan, mediante el paquete estadístico SAS (1998). Los análisis microbiológicos fueron evaluados de manera descriptiva y en la evaluación sensorial fue aplicado un análisis de varianza vía no paramétrica con la prueba de Friedman (Siegel, 1994), y una prueba de comparación múltiple de rangos de medias según Kahan *et al.* (1973).

Resultados y Discusión

Rendimiento industrial

El rendimiento promedio de los maíces dulces como grano entero congelado fue 33,19%,

presentando el mayor valor el híbrido 2004 y el menor el 2010 (Tabla I). En comparación con el rendimiento de 26 a 30% obtenido por la empresa para el Bonanza, se nota que el de los híbridos 2038 y 2004 fue mayor, en tanto que el del híbrido 2010 coincidió con el límite superior, lo que indica la adaptabilidad de estos híbridos al procesamiento industrial como granos congelados.

Características químicas

En la Tabla II se presentan los resultados del contenido de humedad, sólidos solubles, pH, acidez, azúcares reductores y totales, tanto para los híbridos en estado fresco (Mf) como para los granos congelados y almacenados durante 45 y 90 días a -18°C. En todas las variables químicas estudiadas de los granos de maíz Mf, se aprecian diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) como consecuencia de la congelación, así como diferencias a un nivel de probabilidad del 5% de los granos congelados de los híbridos entre sí y con el patrón Bonanza.

Los granos de maíz experimentaron un ascenso en el contenido de humedad a los 45 días de congelación a -18°C, mientras que a los 45 y 90 días de almacenamiento el comportamiento de los híbridos fue distinto: no varió en los maíces 2010 y 2004, disminuyó en el 2038 y aumentó en el patrón. En general, se observó que la humedad final en los granos congelados fue mayor que en los frescos, tal vez debido a la absorción de vapor de agua en las etapas de escaldado y almacenamiento del proceso de congelación. Igualmente, el contenido de humedad de los híbridos fue diferente, presentando el maíz 2038 el mayor porcentaje a los 45 días y el patrón a los 90 días de almacenado. En este aspecto es importante señalar que una pequeña variabilidad de la madurez de las mazorcas, en el momento de la cosecha, puede ocasionar variaciones en el contenido de

TABLA II
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DULCE FRESCOS Y GRANOS ENTEROS CONGELADOS Y ALMACENADOS A -18°C DURANTE 45 Y 90 DÍAS

Híbridos	Días	Humedad (%)	Sólidos solubles (°Brix)	pH	Acidez (%)	Azúcares reductores (%)	Azúcares totales (%)
2038	Mf	69,8 aC	26,92 bA	6,61 aA	0,12 cC	15,13 bA	19,46 bA
	45	74,31 aA	22,46 cB	6,23 aB	0,23 bB	7,45 aB	13,21 aB
	90	71,32 bB	22,50 bB	6,48 aA	0,35 cA	2,22 bC	8,77 aC
2010	Mf	60,41bB	28,75 aA	6,38 cA	0,16 aB	6,58 dA	12,69 cA
	45	66,39 dA	27,02 aB	5,79 bB	0,16 cB	1,54 dB	4,65 cB
	90	66,02 cA	24,58 aC	6,23 cA	0,38 bA	1,63 cB	3,29 cC
2004	Mf	62,63 bB	27,85 abA	6,41 bA	0,16 aC	13,84 cA	18,47 bA
	45	70,11 cA	21,35 dC	5,62 bB	0,30 aB	2,03 cB	2,80 cB
	90	71,54 bA	23,08 bB	6,32 bA	0,43 aA	1,30 dC	1,98 dC
Bonanza	Mf	70,48 aC	21,85 cB	6,66 aA	0,14 bB	17,03 aA	33,77 aA
	45	71,73 bB	24,79 bA	6,35 aB	0,23 bA	4,02 bB	9,77 bB
	90	73,55 aA	20,75 cC	6,52 aA	0,25 dA	2,38 aC	5,59 bC

Valores en columnas con letras minúsculas distintas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los híbridos para un mismo tiempo de almacenamiento.

Valores en columnas con letras mayúsculas distintas presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) para un mismo híbrido durante el almacenamiento congelado.

humedad final de los granos congelados. Collins y Taylor (1976) señalaron que el maíz dulce tiene una humedad óptima para el consumo cuando presente entre 70-75%, rango de aceptabilidad en el cual se ubican los valores obtenidos para los maíces 2038 y 2004.

Los sólidos solubles de los granos congelados de maíz también variaron entre los híbridos y el menor valor correspondió al patrón a los 90 días de almacenamiento, sobresaliendo el híbrido 2010 por su alto porcentaje de estos sólidos tanto a los 45 como a los 90 días de congelación. En el proceso estos compuestos mostraron un comportamiento variable entre los híbridos, con una tendencia a disminuir durante el almacenamiento, lo que podría relacionarse con pérdidas de los azúcares totales durante el procesamiento. Esta reducción durante el almacenamiento a -18°C también ha sido observada en mazorcas congeladas de maíces superdulces (Alfonzo *et al.*, 2002) donde los sólidos solubles fueron menores (14,13-16,32°Brix) que los del maíz dulce de este estudio. Ramírez *et al.* (2004) encontraron que las mazorcas congeladas de los mismos maíces de este estudio, presentaron mayor proporción de sólidos solubles (25,12-33,08°Brix) que los granos enteros congelados, lo que puede atribuirse a que en la mazorca los granos se encuentran unidos a la tusa, presentando una menor área de exposición para los cambios que ocurren durante el procesamiento, o también a una pérdida de los azúcares por lavado en el escaldado y enfriado. Collins y Taylor (1976) señalaron que un incremento en los sólidos solubles disminuye la calidad del grano de maíz debido a que su textura se hace más rígida. En consecuencia, se presume que el maíz congelado como mazorca, por tener un mayor contenido de sólidos, presentará mayor dureza que el maíz congelado como grano entero, lo cual pudiera aumentar la preferencia de este último

TABLA III
CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DULCE FRESCOS Y GRANOS ENTEROS CONGELADOS Y ALMACENADOS A -18°C DURANTE 45 Y 90 DÍAS

Híbridos	Días	Mohos Propágulos/g	Levaduras Ufc/g	Mesófilos aerobios Ufc/g	Coliformes totales NMP/g	Psicrófilos Ufc/g
2038	Mf	6·10 ³	5,1·10 ⁴	1,85·10 ⁶	2,1·10 ²	<300
	45	3,3·10 ²	7,7·10 ²	7,94·10 ³	6,5·10 ¹	<300
	90	2,7·10 ²	1,83·10 ²	4,60·10 ³	<30	<300
2010	Mf	8,4·10 ³	4,5·10 ⁴	1,7·10 ⁵	1,1·10 ³	<300
	45	6,83·10 ²	3,80·10 ²	6,28·10 ³	5,60·10 ²	<300
	90	3,3·10 ²	2,5·10 ¹	2,40·10 ³	1,40·10 ²	<300
2004	Mf	<30	<30	5,3·10 ⁶	>2400	<300
	45	1,78·10 ²	<30	9,65·10 ³	7,33·10 ²	<300
	90	<30	<30	5,12·10 ³	<30	<300
Bonanza	Mf	4,9·10 ⁴	3,5·10 ⁴	1,42·10 ⁶	9,3·10 ²	<300
	45	4,59·10 ²	6,90·10 ²	5,25·10 ³	5,0·10 ¹	<300
	90	1,40·10 ²	3,88·10 ²	3,30·10 ³	<30	<300

producto por el consumidor (Ramírez *et al.*, 2004; Wong *et al.*, 1994).

En relación con el pH, de los granos congelados de los híbridos bajo estudio se notó que el maíz dulce 2038 no difirió del patrón, a diferencia de los híbridos 2010 y 2004 cuyos valores fueron menores, coincidiendo con los señalados para mazorcas congeladas (5,44-6,76) de estos mismos híbridos (Ramírez *et al.*, 2004). Durante el procesamiento, el pH de los granos disminuyó en forma significativa ($p \leq 0,05$) a los 45 días de almacenamiento en congelación y aumentó a los 90 días, no difiriendo los valores de los correspondientes a los granos de maíz fresco. Este descenso inicial del pH pudo ser ocasionado por la presencia de microorganismos tales como bacterias, mohos y levaduras, que al usar los sustratos (azúcares) provocan la descomposición y producción de ácido y consecuentemente una disminución de dicha variable (Brito, 1982). Por su parte, el aumento posterior del pH puede deberse a la inhibición del crecimiento microbiano y a reacciones químicas deteriorativas (Alfonzo *et al.*, 2002). Este comportamiento fue distinto al de las mazorcas congeladas, en las que la tendencia varió según el tipo de maíz, mostrando las del maíz dulce una disminución del pH a los 90 días (Ramírez *et al.*, 2004), en tanto que las del maíz superdulce presen-

taron un aumento a los 120 días (Alfonzo *et al.*, 2002). Es importante señalar que en vegetales para enlatar y congelar, la EDMA considera que hay crecimiento microbiano y acidificación en las muestras cuando el pH es menor de 5,6. Por ello, este valor de pH es tomado como mínimo. Ahora bien, el pH más bajo encontrado en las muestras analizadas fue de 5,62, lo que indicó que no hubo desarrollo de microorganismos en el material procesado.

La acidez de los granos congelados varió entre los híbridos analizados. Los valores encontrados fueron superiores a los de mazorcas congeladas (Alfonzo *et al.*, 2002) de los maíces superdulces 324 (0,15%) y Víctor (0,14%). Entre los maíces dulces en estudio, el híbrido 2010 mostró el menor porcentaje de acidez a los 45 días de almacenamiento y el patrón a los 90 días, resaltando el 2004 por su mayor acidez tanto a los 45 como a los 90 días de congelación. Es de señalar que la tendencia de la variable fue la de incrementarse paulatinamente desde el día 0 hasta los 90 días, probablemente por crecimiento microbiano en las muestras; además, se deben considerar posibles reacciones tampón las cuales varían la acidez pero no influyen sobre el pH. En las mazorcas congeladas se ha observado un comportamiento variable de acuerdo con el tipo de maíz; en el dulce (*su*), Ramírez *et al.* (2004)

encontraron un aumento de la acidez, en cambio en los superdulces (*sh2*) Alfonzo *et al.* (2002) detectaron una disminución. Se debe destacar que en la EDMA los valores de la acidez revisten más importancia que los del pH, debido a que afectan la parte sensorial en mayor grado.

En los granos congelados de los maíces dulces se apreció una reducción de los niveles iniciales de azúcares reductores y totales, correspondiendo a los híbridos 2038 y Bonanza la mayor cantidad de estos compuestos durante todo el tiempo de almacenamiento, quizás por presentar las concentraciones iniciales más altas. Esta tendencia de los azúcares, a disminuir durante la congelación, ha sido notada en las mazorcas congeladas de maíz dulce (Ramírez *et al.*, 2004), así como en las de maíz superdulce, en las cuales los contenidos iniciales de los azúcares totales (39,42-44,06%) fueron más altos. La alta concentración inicial de estos azúcares en los maíces *sh2* es lo que permite agruparlos como superdulces (Garwood *et al.*, 1976; Alfonzo *et al.*, 2002), y es atribuida a la ausencia de la enzima ADP glucosa fosforilasa, que permite la síntesis del almidón (Creech, 1965; Garwood *et al.*, 1976; Carey *et al.*, 1984). Algunos autores señalan que la disminución de los azúcares de los maíces superdulces durante el almacenamiento, se debe a que parte de estos

TABLA IV
RANGOS DE MEDIAS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL
DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DULCE FRESCOS Y GRANOS
ENTEROS CONGELADOS Y ALMACENADOS
A -18°C DURANTE 45 Y 90 DÍAS

Híbridos	Sabor	Dulzor	Olor	Textura	Calidad global
0 días de almacenamiento (Mf)					
2038	67,0 a	64,0 a	58,0 a	62,0 a	69,0 a
2010	51,0 b	49,0 b	49,0 a	41,0 b	40,0 b
2004	39,0 b	45,0 b	44,0 a	48,0 b	41,0 b
Bonanza	43,0 b	42,0 b	49,0 a	49,0 b	46,0 b
45 días de almacenamiento					
2038	58,4 ab	61,0 a	48,4 a	64,0 a	60,0 a
2010	31,0 c	32,0 c	46,6 a	29,6 c	31,0 c
2004	49,0 b	47,0 b	52,0 a	41,6 b	48,0 b
Bonanza	61,6 a	60,0 a	53,0 a	65,0 a	61,0 a
90 días de almacenamiento					
2038	57,0 a	52,0 a	51,6 a	52,0 a	54,0 a
2010	42,6 a	46,6 a	50,0 a	47,0 a	44,6 a
2004	49,6 a	47,0 a	44,0 a	51,0 a	50,4 a
Bonanza	51,0 a	54,6 a	55,4 a	50,0 a	51,0 a

Letras distintas en columnas para un mismo tiempo de almacenamiento indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los híbridos.

compuestos se convierten en sacarosa (Evensen y Boyer, 1986), en tanto que otros autores señalan que dicha reducción evidencia pérdidas durante el proceso, posiblemente en las etapas de escaldado y almacenamiento, al reaccionar con aminas, aminoácidos y proteínas produciendo acetyl-carbonil-amina (Salunke, 1974).

Análisis microbiológicos

En la Tabla III se indica la calidad microbiológica de los granos de los híbridos de maíz, los cuales presentan una alta carga microbiana inicial en comparación con las poblaciones de mohos (5×10^1 a $1,5 \times 10^3$ propágulos/g), levaduras ($8,1 \times 10^2$ a $2,1 \times 10^4$ Ufc/g), mesófilos aerobios ($1,6 \times 10^3$ a $5,5 \times 10^5$ Ufc/g), psicrófilos ($5,3 \times 10^2$ a $3,5 \times 10^5$ Ufc/g) y coliformes totales (93 a >2400 NMP/g) detectadas en mazorcas de maíces superdulces (Alfonzo *et al.*, 2002). Entre los maíces dulces estudiados, el híbrido 2004, aunque presentó las poblaciones de mohos y levaduras más bajas, estuvo asociado a la mayor contaminación de mesófilos. Sin embargo, estos valores iniciales de mohos y levaduras pueden ser consi-

derados aceptables, ya que se han encontrado recuentos de levaduras comprendidos entre 1×10^3 a $6,7 \times 10^4$ /g en frutas y verduras en época de cosecha, valores dentro de los cuales se encuentran los granos estudiados (ICMSF, 1980); además, Banwart (1982) encontró que la mayoría de las hortalizas frescas pueden presentar niveles de coliformes totales de 10^6 a 10^7 /g, debido que estos microorganismos se encuentran en todas las partes de las plantas, provenientes del suelo y agua.

En los granos de los maíces estudiados se aprecia que la carga microbiana disminuyó drásticamente luego del proceso de congelación, descenso que prosiguió durante el almacenamiento a -18°C , lo cual igualmente ocurrió en mazorcas congeladas de estos híbridos (Ramírez *et al.*, 2004). Esto permite afirmar que la congelación y el almacenamiento a -18°C , aunado a las operaciones de lavado y escaldado previas, favorecen la disminución de las poblaciones microbianas iniciales, siendo mayor ésta reducción en las mazorcas congeladas (Ramírez *et al.*, 2004) que en el maíz desgranado, quizás por el mayor contenido de humedad alcanzado en el grano

entero como consecuencia de la mayor área de exposición durante el procesamiento. No obstante, ambos productos una vez congelados presentaron una población de mesófilos aerobios inferior al límite ($<1 \times 10^5$ Ufc/g) establecido por la EDMA. Cabe señalar que recuentos de colonias de aerobios desde 1×10^1 hasta $>1 \times 10^5$ /g en vegetales congelados son considerados valores normales y no deben constituir una causa de alarma (ICMSF, 1980). Por ello se puede considerar que el material procesado está exento de microorganismos en cantidades que puedan constituir un peligro para la salud, como lo establece la norma del Codex Alimentarius (Codex, 1981).

Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial (Tabla IV) revelaron que las muestras de los híbridos *su*, en estado fresco y a los 45 días de almacenamiento congelado, difirieron en forma significativa ($p \leq 0,05$), en tanto que a los 90 días no variaron entre sí, observándose que la calidad sensorial se mantuvo durante el tiempo de almacenamiento. En estado fresco se destacó el híbrido 2038, cuyos atributos fueron catalogados con la mayor puntuación. A los 45 días también se destacó el maíz 2038, siendo las evaluaciones de los atributos sabor, dulzor, textura y calidad global, superiores a los híbridos 2010 y 2004 y semejantes al patrón Bonanza. Así mismo, a los 90 días los atributos del 2038 fueron comparables a los del patrón.

Finalmente, se puede afirmar que los híbridos de maíz dulce 2038, 2010 y 2004, cultivados en Venezuela, se adaptaron satisfactoriamente al procesamiento como grano entero congelado, presentando un rendimiento igual o mayor al establecido por la EDMA, por lo cual satisfacen la expectativa de uso a nivel industrial. Con relación a las características químicas, todos los híbridos mostraron un significativo aumento de la

humedad y la acidez, y una disminución notoria de los sólidos solubles, pH, azúcares reductores y totales, durante el almacenamiento a -18°C . La calidad microbiológica de los granos congelados se ajustó a los parámetros establecidos por la EDMA para este tipo de producto y el rango microbiológico que mostraron es un indicador de la calidad de los maíces analizados, siendo la disminución de los microorganismos durante el almacenamiento una garantía de la estabilidad de este producto en el tiempo, por lo que los híbridos estudiados pueden ser considerados aptos para su procesamiento y consumo. Así mismo, el análisis sensorial reveló la aceptabilidad de los productos, destacándose el híbrido 2038, cuyos atributos fueron comparables a los del patrón Bonanza. En conclusión, las características de los híbridos estudiados revelaron su adaptabilidad al procesamiento industrial, por lo que pueden ser considerados como una alternativa para la industria, en cuanto a la posibilidad de su inclusión en las líneas de procesamiento, pudiéndose recomendar el híbrido 2038 por las características presentadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a la empresa Del Monte Andina, por la colaboración prestada en el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Alfonzo B, Camacho C, Ortiz de Bertorelli L, De Venanzi F (2002) Adaptabilidad de mazorcas de híbridos de maíz súper dulce al procesamiento industrial. I Congelación. *Arch. Latinoam. Nutr.* 52: 294-300.
- AOAC (1997) *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, EEUU. 1298 pp.
- Ávila M, Bernaez J (2000) *Efecto del gen brittle-1 (bt1) sobre las características de la calidad de las mazorcas en híbridos de maíz súper dulce (Zea mays L.) tropicales*. Tesis. Univer-

- sidad Central de Venezuela. 101 pp.
- Banwart G (1982) *Microbiología básica de los alimentos*. Bellaterra. Barcelona, España. 463 pp.
- Brito de MI (1982) *Alteraciones microbianas en frutas y hortalizas*. CIEPE-Venezuela. 184 pp.
- Camacho C, Alfonso B, Ortiz de Bertorelli L, De Venanzi F (2001) Estudio de la estabilidad de las características químicas, microbiológicas y sensoriales de mazorcas refrigeradas de híbridos de maíz súper dulce. *Arch. Latinoam. Nutr.* 51: 180-186.
- Carey EE, Dickinson DB, Rhodes AM (1984) Sugar characteristics of sweet corn populations from a sugary enhancer breeding program. *Euphytica* 33: 609-622.
- Codex (1981) *Norma para el maíz en grano entero congelado rápidamente*. Codex Stan. N° 132-81. Codex Alimentarius Vol. 5A. 7 pp.
- Collins J, Taylor J (1976) Relationship between soluble solids level of raw sweet corn and sensory evaluation of deep-fried corn on the cob. *J. Food Sci.* 41: 1239-1240.
- Correa D (1999) *Determinación del punto óptimo de cosecha del maíz dulce (Zea mays L.) "Bonanza" para su enlatado*. Tesis. Universidad Central de Venezuela. 100 pp.
- COVENIN (1978a) *Determinación de sólidos solubles en frutas y productos derivados*. Norma venezolana N° 924-78. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 21 pp.
- COVENIN (1978b) *Determinación de mohos y levaduras*. Norma venezolana N° 1337-78. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 6 pp.
- COVENIN (1984) *Determinación del número más probable de coliformes fecales y de Escherichia coli*. Norma venezolana N°1104-84. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 12 pp.
- COVENIN (1987) *Métodos para el recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de petri*. Norma venezolana N°902-87. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 3 pp.
- Creech RG (1965) Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. *Genetics* 52: 1175-1186.
- EDMA (2000) *Manual de procesos para elaborar maíz dulce en mazorcas y desgranado congelado*. Compañía Venezolana de Conservas. Empresa Del Monte Andina. 49 pp.
- Evensen KB, Boyer CD (1986) Carbohydrate composition and sensory quality of fresh and stored sweet corn. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 734-768.
- Garwood DL, McArdle FJ, Vanderslice SF, Shannon JC (1976) Postharvest carbohydrate transformations and processed quality of high sugar maize genotypes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 101: 400-404.
- Inglett G (1970) *Corn culture, processing, products*. AVI. Londres, RU. 369 pp.
- ICMSF (1980) *Ecología microbiana de los alimentos 2. Productos alimenticios*. International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Acribia. Zaragoza, España. 990 pp.
- Kahan G, Cooper A, Papavasiliou A, Kramer A (1973) Expanded tables for determining significance of differences for ranked data. *Food Technol.* 27: 64-69.
- López B (1991) *Cultivos herbáceos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 490 pp.
- Madrid A, Gómez P, Santiago F, Madrid J (1997) *Refrigeración, congelación y envasado de los alimentos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 301 pp.
- Ramírez A, Martínez N, Ortiz de Bertorelli L, De Venanzi F (2004) Adaptabilidad de híbridos de maíz dulce a la congelación en mazorcas. *Arch. Latinoam. Nutr.* 54: 438-443.
- Raymond A (1989) *Producción de semillas de plantas hortícolas*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 330 pp.
- Salunke DK (1974) *Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables*. CRC. Cleveland, OH, EEUU. 166 pp.
- SAS (1998) *SAS/STAT User's Guide*. Release 6.132 ed. SAS Institute. Cary, NC, EEUU. 1028 pp.
- Siegel S (1994) *Estadística no paramétrica*. Trillas. México. 420 pp.
- Wong AD, Juvik JA, Breeden DC, Swiader JM (1994) Shrunken 2 sweet corn yield and the chemical components of quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119: 747-755.
- Zbigniew G, Postolski J (1985) *Tecnología de la congelación de los alimentos*. Acribia. Zaragoza, España. 631 pp.