

Nota técnica

CAMBIO EN LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE 12 HÍBRIDOS COMERCIALES DE ZANAHORIA DURANTE EL ALMACENAMIENTO¹

Fernando Richmond^{2/}, Carlos H. Méndez*, Gerardina Umaña***

Palabras clave: Híbridos, poscosecha, variables de deterioro, zanahoria.

Keywords: Carrot, hybrids, postharvest, injuries.

Recibido: 27/04/10

Aceptado: 12/11/10

RESUMEN

Se realizó un estudio para determinar el comportamiento poscosecha durante su almacenamiento en raíces de 12 híbridos comerciales de zanahoria y su respectiva casa productora: Bangor F1, Nandrin F1, Napoli F1 y Norwich F1 de Bejo; Big Sur y Sirkana de Nunhems; Bolero F1 y Concerto F1 (VAC 03 F1) de Vilmorin; XCR3688 y S-505 de Sakata; Esperanza y Dulce de Seminis, cultivados en Cot de Oreamuno, Cartago. Se aplicó un tratamiento poscosecha estándar a todas las raíces de los diferentes híbridos provenientes del campo, que consistió en lavar mecánicamente mediante cepillado con agua y extracto de semillas de cítricos (Kilol L DF-100), seleccionar las raíces comerciales y pasarlas por un hidrogenfriador a una temperatura de 2°C durante 15 min; luego, empacar las raíces en bolsas plásticas comerciales, para ser llevadas al laboratorio poscosecha, donde se almacenaron en una cámara fría a 2°C durante 8 semanas (56 días). Se establecieron 2 grupos de raíces pertenecientes a cada híbrido; en el primer grupo se evaluó semanalmente en diferentes raíces las variables color externo, firmeza, relación xilema/floema y contenido de sólidos solubles totales (°brix); en el segundo grupo se

ABSTRACT

Change in the quality characteristics of 12 commercial hybrids of carrots during storage. A study was conducted to determine the postharvest behavior during root storage of 12 commercial carrot hybrids: Bangor F1, Nandrin F1, Napoli F1 and Norwich F1 (from Bejo), Big Sur and Sirkana (from Nunhems), Bolero F1, Concerto F1 (VAC-03 F1) (from Vilmorin); XCR3688 and S-505 (from Sakata), Esperanza and Dulce (from Seminis), all grown in Cot, Oreamuno, Cartago. A standard postharvest treatment was applied to all roots, which consisted of washing mechanically by brushing with water and citrus seed extract (Kilol L DF-100), selecting the commercial roots and passing them through an hydro cooler at 2°C for 15 min, then packing the roots in commercial plastic bags, and finally taking them to the postharvest, laboratory, where they were stored in a cold room at 2°C for 8 weeks (56 days). Two groups of roots belonging to each hybrid were established; in the first group the following external variables were assessed weekly on different roots: external color, firmness, xylem/phloem ratio and total soluble solids (°brix). In the second group the following external variables were also evaluated weekly:

1 Este trabajo forma parte de la tesis de grado del primer autor. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Universidad de Costa Rica.
2 Autor para correspondencia. Correo electrónico: fernando.richmond.17@gmail.com

* Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.
** Laboratorio de Tecnología Poscosecha, Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

evaluó semanalmente en las mismas raíces las variables color externo, pérdida de peso (cambio en la masa de la raíz) e incidencia de factores de deterioro poscosecha. Se encontraron 3 tipos de daños en las raíces evaluadas: daño fisiológico, agentes patogénicos y sin agente causal conocido. El comportamiento de los materiales evaluados fue el siguiente: no hubo diferencia entre híbridos para la pérdida de peso; el color externo solo difirió en Big Sur, con respecto a los demás híbridos; XCR3688 y Bolero F1 mostraron una mayor firmeza; Bolero F1 presentó el mayor valor para grados brix. Los híbridos con el mejor comportamiento poscosecha fueron Dulce, S-505, XCR3688 y Big Sur.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola exportador costarricense ha encontrado nuevos mercados para la zanahoria, por lo que se ha incrementado el área de producción significativamente en los últimos años (SEPSA 2009). El producto de exportación tiene que cumplir con normas de calidad más estrictas que las del mercado local, que pueden alcanzarse con nuevos materiales genéticos. El estudio poscosecha de estos materiales por consiguiente adquiere gran importancia porque permitiría conocer la fisiología del producto, los agentes patogénicos que lo afectan y las condiciones óptimas de temperatura, para su almacenamiento entre otros. Con un manejo adecuado de estos factores se puede mantener la calidad y aumentar la vida en anaquel del producto.

Las raíces de zanahoria pueden perder calidad durante el almacenamiento por factores como cambio de color, producido por deshidratación, oxidación de carotenoides o formación de lignina, lo que provoca un cambio de color naranja intenso a naranja pálido (Uquiche y Cisneros 2002); pérdida de firmeza por la despolimerización y desesterificación de las sustancias pécticas (Reina y Bonilla 1997, Seljåsen et al. 2003), y

external color, weight loss (change in root mass) and incidence of postharvest deterioration factors, but on the same roots every week. Three types of root damage were found: physiological damage, pathogens and unknown causal agent. There was no difference among hybrids for weight loss; only Big Sur showed a different external color with respect to the other hybrids; XCR3688 and Bolero F1 showed greater firmness, and Bolero F1 had the highest brix value. Hybrids with the best postharvest behavior were Dulce, S-505, XCR3688 and Big Sur.

pérdida de peso por deshidratación, que podría afectar severamente la calidad si alcanza el 8% (Bevan et al. 1997).

Entre las fisiopatías poscosecha más comunes se encuentran las magulladuras, brotación, raíces blancas, amargor, daño por congelamiento y blanqueamiento (Edifarm 2003). Los problemas más importantes detectados en la zanahoria producida en Cartago son heridas, que evolucionan en oscurecimiento de la raíz, corchosis amarillenta, pérdida de rigidez, brotación de follaje y aspecto cenizo de las raíces (Marín 2006).

Para el procesamiento industrial, las zanahorias deben cumplir con ciertos estándares de calidad. Entre ellos están el contenido de sólidos solubles (varía de 7 a 14 grados brix; valores superiores a 8 son deseables (Gabriel et al. 2005, Rodríguez 2005); el pH (4,2 o menos, es lo óptimo), el porcentaje de humedad o contenido adecuado de materia seca, una relación xilemafloema baja para lograr una mayor concentración de azúcares (Basset 1973, Krarup y Mosnaim 1980, Hosfiel et al. 1982), color, forma, uniformidad de raíces y rendimiento total.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento durante el almacenamiento de las

raíces de 12 híbridos comerciales de zanahoria e identificar los principales problemas poscosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las zanahorias fueron cultivadas del 15 de junio al 16 de octubre de 2007 en Cot de Oreamuno, Cartago, Costa Rica, coordenadas geográficas 9° 54' 4,8" N, 83° 53' 10,7" O, a una altitud de 1921 msnm; el suelo se clasificó como Andisol (Mata 1991). Los híbridos comerciales y su casa productora fueron: Bangor F1, Nandrin F1, Napoli F1 y Norwich F1 (Bejo); Big Sur y Sirkana (Nunhems); Bolero F1 y Concerto F1 (Vilmorin); XCR3688 y S-505 (Sakata); Esperanza y Dulce (Semini).

A la cosecha, se realizó una preclasificación de las raíces comerciales en el campo (primera y segunda calidad), las cuales se colocaron en sacos y se transportaron a la planta empaquetadora de la Corporación Hortícola Nacional, situada en La Chinchilla de Oreamuno. Allí se lavaron mecánicamente con cepillos y agua con Kilol a una concentración de 0,05 ml.l⁻¹; se reclasificaron manualmente en producto comercial de exportación y rechazo.

Las raíces exportables fueron sometidas a un tratamiento de hidrogenfriamiento a 2°C por 15 min, el hidrogenfriador fue ensamblado en Costa Rica con partes provenientes de diferentes proveedores. Finalmente, las raíces se empaquetaron en bolsas plásticas transparentes de polietileno de 0,55 kg de capacidad, 17 cm de ancho por 34 cm de largo; con 12 perforaciones (6 en cada cara, separadas 10,5 cm entre sí con un diámetro de 6 mm), y selladas con cinta adhesiva.

De cada híbrido fueron empacadas 44 bolsas las cuales fueron transportadas a las instalaciones del Laboratorio de Tecnología Poscosecha, Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, ubicado en San Pedro de Montes de Oca, San José, para ser almacenadas en cámaras frías a 2°C durante 8 semanas (56 días). La evaluación poscosecha se llevó a cabo durante octubre a diciembre de 2007.

Cada repetición, constituida por 11 bolsas con 4 raíces por bolsa, fue dividida en 2 grupos, un grupo de 8 bolsas fue utilizado para evaluar las "variables de carácter destructivo". Cada semana se escogió al azar una bolsa por híbrido y se evaluó: color de cáscara, firmeza, relación xilema/floema y contenido de sólidos solubles totales (brix). El segundo grupo de 3 bolsas por híbrido fue usado para las evaluaciones no destructivas cada semana: color externo, porcentaje de pérdida de peso (cambio en la masa de la raíz) e incidencia de factores de deterioro poscosecha, después de cada evaluación todas las bolsas se cerraron con una liga. Ambos grupos fueron evaluados fuera de la cámara fría.

Se midió la coloración externa de la raíz con un colorímetro marca Minolta CR-200 con la escala CIE, en donde la coordenada L* es una medida de la luminosidad o brillantez, a* varía desde los valores negativos para el color verde, hasta los positivos para el color rojo y b* va desde los valores negativos para el azul hasta los positivos para el amarillo; donde a* y b* se refieren a coordenadas de cromaticidad. Las mediciones se hicieron sobre la cáscara en el ecuador de las raíces e interpretado con los valores de °Hue y Chroma. La nomenclatura de color promedio durante las 8 semanas de almacenamiento se determinó mediante el uso de un programa disponible en: <http://www.colorpro.com/info/tools/convert.htm#TOP>.

La firmeza, expresada en newtons (N), se determinó mediante 2 lecturas realizadas a la mitad de la distancia entre el ápice y la base de la raíz, en lados opuestos para obtener un valor promedio. Se utilizó un penetrómetro marca Chaitillon, con punta cónica, 6 mm de diámetro en la base y 6 mm de altura.

Para determinar la relación xilema/floema, las zanahorias fueron cortadas transversalmente en la mitad de la raíz, con una regla se tomaron 2 lecturas del diámetro interno (xilema) y externo (floema). La relación xilema/floema se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Diámetro interno}}{\text{Diámetro externo}-\text{Diámetro interno}} = \frac{\text{Xilema}}{\text{Floema}}$$

El contenido de sólidos solubles totales o grados Brix se determinó semanalmente con 4 zanahorias enteras por híbrido por repetición. Las raíces se colocaron en un procesador de frutas Black and Decker, luego el jugo se filtró a través de una gasa y se tomaron 2 analitos de este jugo para medir los sólidos solubles mediante un refractómetro digital marca Atago modelo PR-100.

Para el cambio en masa de la raíz se pesaron las raíces todas las semanas y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

La incidencia de los factores de deterioro fue determinada en forma visual, con la información se calculó el porcentaje de raíces deterioradas por repetición.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (cada bloque estuvo constituido por cajas apiladas verticalmente en donde se colocó cada híbrido) con un arreglo de parcelas divididas,

en la cual la parcela grande fue el híbrido y la parcela pequeña la época de evaluación, con 4 repeticiones. El análisis estadístico se hizo con el software Infostat, se utilizó la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para detectar diferencias entre las medias de las variables destructivas. Para las variables no destructivas se calcularon grados de libertad conservadores, y se obtuvo la comparación de medias para la prueba Tukey ($p < 0,05$) con el software M-Stat. La comparación de medias para la incidencia de factores de deterioro poscosecha se hizo con el software Infostat y se utilizó la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los componentes de color, Cuadro 1, analizados en las zanahorias como “variables de carácter destructivo”, mostraron una tendencia a aumentar los valores de L^* (luminosidad o brillantez del exterior de la raíz) y una merma para las componentes a^* y b^* (disminución en la coloración roja y amarilla respectivamente);

Cuadro 1. Componentes de color de cáscara (L^* , a^* , b^*) de los híbridos de zanahorias evaluados en función del tiempo. Cot de Cartago, 2007.

Semana	Variables destructivas			Variables no destructivas**		
	L^*	Color a^*	b^*	L^*	Color a^*	b^*
0	51,15 ^a	23,98 ^b	34,75 ^e	51,14 ^{ab**}	22,36 ^c	32,85 ^b
2	51,59 ^{ab}	21,94 ^a	32,72 ^d	51,78 ^{ab}	21,12 ^a	31,40 ^a
3	51,65 ^{ab}	21,20 ^a	31,57 ^{bc}	51,64 ^{ab}	21,62 ^{ab}	31,82 ^a
4	51,90 ^{bc}	21,82 ^a	32,25 ^{cd}	51,45 ^{ab}	21,68 ^{ab}	31,78 ^a
5	51,70 ^{abc}	21,05 ^a	31,38 ^{abc}	52,15 ^b	21,69 ^{ab}	31,61 ^a
6	52,15 ^{bc}	21,14 ^a	31,10 ^{ab}	51,28 ^{ab}	21,78 ^{bc}	31,89 ^{ab}
7	52,34 ^c	20,92 ^a	30,88 ^{ab}	50,69 ^{ab}	21,78 ^{bc}	31,84 ^a
8	51,84 ^{bc}	20,44 ^a	30,53 ^a	50,55 ^a	21,92 ^{bc}	32,16 ^{ab}

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

**Grados de libertad conservadores.

conforme transcurrieron las semanas de almacenamiento, esta reducción en a* y b* podría afectar la calidad comercial. Estas variaciones en la coloración, especialmente del rojo y amarillo, pudieron deberse al efecto producido por los cepillos en el momento del lavado de las raíces, así como al frío de la cámara de almacenamiento o por factores fisiológicos como la oxidación de carotenoides o la formación de lignina, lo que provoca un cambio de color naranja intenso a naranja pálido (Uquiche y Cisneros 2002).

Al analizar la variable de color a través del tiempo (“variables no destructivas”), se encontraron pocos cambios en los componentes de color a* y b*, se observa que los valores iniciales coinciden estadísticamente con los valores finales,

además la interacción entre híbrido por semana no fue significativa, lo que concuerda con Rodríguez (2005) quién encontró que la coloración interna de la raíz no sufrió modificaciones a las diferentes condiciones de almacenamiento (6°C y 20°C) durante 10 días; lo cual permite determinar que las diferencias obtenidas en este estudio pudieron estar más relacionadas con factores externos como el lavado mediante cepillos. La componente L* fue menor en la última semana de evaluación, posiblemente debido a la etapa de senescencia que iniciaban las zanahorias.

Al evaluar las variables de color de carácter destructivo por híbrido, Cuadro 2, se presentaron diferencias entre sí en cada variable evaluada. El híbrido Big Sur mostró un color

Cuadro 2. Componentes de la variable color (L*, a*, b*) de la cáscara de híbridos de zanahorias a través del tiempo de almacenamiento. Cot de Cartago, 2007.

Híbrido	Variables destructivas			Variables no destructivas		
	Color			Color		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Bangor F1	51,77 ^{bc}	21,02 ^{abcd}	32,03 ^{bcd}	51,34 ^a	22,11 ^{cde}	32,97 ^{cd}
Big Sur	52,11 ^{bc}	24,81 ^e	35,06 ^e	51,50 ^a	24,82 ^f	34,51 ^d
Bolero F1	51,86 ^{bc}	22,22 ^{bcde}	31,28 ^{abcd}	52,18 ^a	21,30 ^{bcd}	32,00 ^{bc}
Concerto F1	50,19 ^a	18,76 ^a	29,78 ^a	49,53 ^a	18,86 ^a	29,63 ^a
XCR3688	50,82 ^{ab}	19,57 ^{ab}	30,01 ^{ab}	50,14 ^a	20,38 ^{ab}	30,90 ^{ab}
Esperanza	52,58 ^c	22,34 ^{bcde}	33,36 ^{de}	51,87 ^a	22,75 ^{de}	33,32 ^{cd}
Nandrín F1	52,53 ^c	20,23 ^{abc}	31,35 ^{abcd}	51,78 ^a	20,98 ^{bc}	32,07 ^{bc}
Napoli F1	51,87 ^{bc}	20,76 ^{abcd}	31,99 ^{abcd}	51,28 ^a	20,55 ^{abc}	31,34 ^{abc}
S-505	51,65 ^{bc}	23,28 ^{de}	32,46 ^{cd}	50,93 ^a	23,08 ^e	32,07 ^{bc}
Sirkana	52,49 ^c	22,82 ^{cde}	31,96 ^{abcd}	52,11 ^a	23,08 ^e	31,82 ^{bc}
Dulce	51,72 ^{bc}	22,44 ^{bcde}	32,57 ^{cd}	51,53 ^a	22,20 ^{cde}	31,49 ^{abc}
Norwich F1	51,90 ^{bc}	20,48 ^{abcd}	30,93 ^{abc}	51,80 ^a	20,79 ^{bc}	30,92 ^{ab}

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey (p<=0,05). Promedio durante las 8 semanas de evaluación.

naranja vívido (según nomenclatura del programa en el sitio de internet anteriormente mencionado) en comparación a los demás materiales (naranja opaco), encontrándose que Concerto F1 y XCR3688 fueron los materiales más opacos, lo cual no es deseable a nivel comercial.

Según los valores de los componentes de color L*, a* y b*, del análisis no destructivo, los híbridos presentaron una coloración externa naranja opaco, excepto los materiales Big Sur y Esperanza los cuales fueron naranja vívido, característica que puede ser atractiva para el consumidor. Esta diferencia pudo deberse a que los híbridos Big Sur y Esperanza fueron los materiales que presentaron los mayores valores en la componente de color b*.

El comportamiento general de las zanahorias fue mantener su firmeza durante las semanas de almacenamiento, característica deseable para la exportación, Cuadro 3. Sin embargo, la firmeza de las raíces varió significativamente entre híbridos, lo que permitió dividirlos en 3 grupos, Cuadro 4. Los de mayor valor, Bolero F1 y XCR3688; los de valor intermedio, Dulce, Big Sur, Sirkana,

S-505, Norwich F1, Esperanza, Concerto F1 y Bangor F1; y los de menor firmeza, Nandrin F1 y Napoli F1. En los casos donde las zanahorias deben ser transportadas o almacenadas por largo tiempo es deseable una firmeza de raíz alta para prolongar su vida útil.

La relación xilema/floema, Cuadro 3, para los diferentes híbridos en el transcurso de las semanas de evaluación no cambió, lo cual implica que el diámetro de las raíces tampoco varía. El híbrido con mayor relación xilema/floema fue Bangor F1, y el de menor valor en la relación fue XCR3688, Cuadro 4. Los materiales deben tener una relación xilema/floema baja (mayor diámetro de floema) para lograr una mayor cantidad de azúcares, característica deseable para la industria de jugos (Basset 1973, Krarup et al. 1980, Hosfiel et al. 1982).

Para la variable de grados brix, Cuadro 3, se encontró diferencias en el análisis realizado a través de las semanas para el conjunto de híbridos; sin embargo, no hubo cambios consistentes en el tiempo, probablemente porque el contenido de sólidos solubles en las zanahorias estuvo

Cuadro 3. Variables de firmeza de pulpa (N), relación xilema/floema, grados brix y pérdida de peso (%) de los híbridos de zanahorias evaluados durante el tiempo de almacenamiento. Cot de Cartago, 2007.

Semana	Variables destructivas			Variables no destructivas
	Firmeza	Relación Xilema/ Floema	°Brix	% Pérdida Peso**
0	89,96 ^{ab}	0,79 ^a	7,45 ^a	0,00 ^{***}
2	94,74 ^{abc}	0,75 ^a	7,94 ^{cd}	0,60 ^{ab}
3	89,34 ^a	0,73 ^a	7,77 ^{bcd}	0,98 ^{bc}
4	94,87 ^{bc}	0,74 ^a	7,79 ^{bcd}	1,07 ^{bc}
5	98,17 ^c	0,78 ^a	7,73 ^{abc}	1,07 ^{bc}
6	97,54 ^c	0,76 ^a	7,55 ^{ab}	1,28 ^{bc}
7	97,31 ^c	0,73 ^a	8,03 ^d	1,36 ^{bc}
8	98,78 ^c	0,74 ^a	7,73 ^{abc}	1,51 ^c

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey ($p \leq 0,05$).

Comparación con el peso inicial. *Datos acumulativos.

Cuadro 4. Variables de firmeza de pulpa (N), relación xilema/floema, grados brix y pérdida de peso (%) de híbridos de zanahoria. Cot de Cartago, 2007.

Híbrido	Firmeza	Variables destructivas		°Brix	Variables no destructivas % Pérdida Peso*
		Relación Xilema/Floema			
Bangor F1	93,12 ^{bc}	1,02 ^c		7,45 ^{bc}	0,90 ^a
Big Sur	97,44 ^c	0,77 ^b		8,03 ^{de}	0,84 ^a
Bolero F1	103,48 ^d	0,78 ^b		8,94 ^f	1,67 ^a
Concerto F1	93,37 ^{bc}	0,73 ^{ab}		7,75 ^{cd}	0,72 ^a
XCR3688	98,09 ^{cd}	0,65 ^a		8,07 ^{de}	0,79 ^a
Esperanza	94,49 ^c	0,70 ^{ab}		7,31 ^{bc}	0,81 ^a
Nandrin F1	86,85 ^a	0,78 ^b		6,70 ^a	0,89 ^a
Napoli F1	88,20 ^{ab}	0,70 ^{ab}		7,08 ^{ab}	1,22 ^a
S-505	95,94 ^c	0,71 ^{ab}		8,01 ^{de}	1,07 ^a
Sirkana	97,12 ^c	0,69 ^{ab}		8,01 ^{de}	0,99 ^a
Dulce	97,74 ^c	0,77 ^b		8,21 ^e	0,81 ^a
Norwich F1	95,22 ^c	0,72 ^{ab}		7,43 ^{bc}	1,09 ^a

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba Tukey (p<=0,05). Promedio durante las 8 semanas de evaluación. *Comparación con el peso inicial.

influenciado por las características intrínsecas de los diferentes híbridos. Los valores de brix para los diferentes híbridos, Cuadro 4, presentaron diferencias significativas pudiéndose establecer 6 grupos, el primero constituido por Bolero F1, con el mayor contenido de sólidos solubles, el segundo grupo conformado por Dulce, XCR3688, Big Sur, S-505 y Sirkana; el tercer grupo por Concerto F1; el cuarto grupo formado por Bangor F1, Norwich F1 y Esperanza; el quinto grupo por Napoli F1 y el sexto grupo, constituido por Nandrin F1. Los valores del contenido de sólidos solubles en las zanahorias van de 7 a 14 en los distintos cultivares (Herrero 1987). El primero y segundo grupo pueden considerarse como materiales con buena concentración de sólidos solubles porque superan los 8 grados brix (Gabriel et al. 2005, Rodríguez 2005).

La disminución de peso en general fue leve durante el tiempo de almacenamiento, Cuadro 3. Al final de las 8 semanas de almacenamiento, la pérdida fue baja (1,51%) en comparación con lo informado por Marín (2006), quien encontró

pérdidas de 1 a 1,13%, en 17 días de almacenamiento, en los cultivares Bangor y Bolero. Bevan et al. (1997) mencionan que una pérdida de peso superior al 8% afecta severamente la calidad, lo que provoca deshidratación y arrugamiento. El porcentaje de pérdida de peso no difirió estadísticamente entre híbridos, con valores comprendidos entre 0,72 y 1,67%, Cuadro 4.

La incidencia de los factores de deterioro poscosecha al final de la evaluación se observan en el Cuadro 5. La brotación en las raíces fue rigurosamente evaluada y se detectó a partir de la cuarta semana para todos los híbridos. Los valores oscilaron entre el 70% (híbrido Dulce) y el 100% (híbrido Concerto F1), con 8 materiales que superan el 90% de brotación, lo que podría causar la salida del híbrido del mercado de exportación. El híbrido Dulce presentó el menor porcentaje de brotación.

La rajadura observada en la raíz de zanahoria en la etapa poscosecha fue muy semejante al daño mecánico; sin embargo, se diferencia

Cuadro 5. Valores porcentuales de la incidencia de factores de deterioro poscosecha al final de la evaluación, en híbridos de zanaahoria. Cot de Cartago, 2007.

Híbrido	Porcentajes									
	Brotación	Rajadura raíz	Rajadura ápice	Perforaciones	<i>Erwinia</i>	<i>Pythium</i>	Mancha gris	Mancha longitudinal	<i>Pseudomonas</i>	
Bangor F1	95,83 ^{ab}	25,00 ^a	43,75 ^c	58,33 ^c	18,75 ^b	0,00 ^a	0,00 ^a	8,33 ^a	2,08 ^a	
Big Sur	93,75 ^{ab}	27,08 ^a	41,67 ^c	52,08 ^{bc}	4,17 ^{ab}	10,42 ^a	2,08 ^a	12,50 ^a	0,00 ^a	
Bolero F1	95,84 ^{ab}	33,34 ^{ab}	41,67 ^c	50,00 ^{abc}	8,33 ^{ab}	37,50 ^b	0,00 ^a	16,67 ^a	0,00 ^a	
Concerto F1	100,00 ^b	62,50 ^c	18,75 ^{ab}	52,08 ^{bc}	10,42 ^{ab}	6,25 ^a	4,17 ^a	8,33 ^a	6,25 ^a	
XCR3688	81,25 ^{ab}	35,42 ^{ab}	29,17 ^{bc}	56,25 ^c	2,08 ^a	8,33 ^a	0,00 ^a	8,33 ^a	4,17 ^a	
Esperanza	93,75 ^{ab}	37,50 ^{ab}	25,00 ^{abc}	60,42 ^c	14,59 ^{ab}	2,08 ^a	0,00 ^a	12,50 ^a	4,17 ^a	
Nandrin F1	77,08 ^{ab}	37,50 ^{ab}	25,00 ^{abc}	60,42 ^c	18,75 ^b	4,17 ^a	2,08 ^a	14,59 ^a	2,08 ^a	
Napoli F1	97,92 ^{ab}	52,09 ^{bc}	16,67 ^{ab}	37,50 ^{bc}	8,33 ^{ab}	2,08 ^a	2,08 ^a	18,75 ^a	0,00 ^a	
S-505	89,59 ^{ab}	20,83 ^a	6,25 ^a	22,92 ^a	4,17 ^{ab}	4,17 ^a	0,00 ^a	10,42 ^a	4,17 ^a	
Sirkana	95,84 ^{ab}	22,92 ^a	14,59 ^{ab}	33,33 ^{abc}	4,17 ^{ab}	4,17 ^a	2,08 ^a	20,83 ^a	2,08 ^a	
Dulce	70,83 ^a	16,67 ^b	6,25 ^a	27,09 ^{ab}	2,08 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	8,33 ^a	0,00 ^a	
Norwich F1	97,92 ^{ab}	18,75 ^a	35,42 ^{bc}	39,58 ^{bc}	4,17 ^{ab}	8,33 ^a	0,00 ^a	10,42 ^a	2,08 ^a	

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba Duncan ($p < 0.05$).

porque se inicia como una decoloración amarilla que luego llega a tener una apariencia fibrosa. Posibles causas de este síntoma son daño mecánico en poscosecha, el ataque de *Pythium*, (Umaña G. 2008. Comunicación personal Laboratorio de Poscosecha Universidad de Costa Rica) deficiencia nutricional o la relación de todas. Los materiales con menor incidencia fueron Dulce, Norwich F1, S-505, Sirkana, Bangor F1 y Big Sur.

Los híbridos con los menores valores para la variable rajadura en ápice fueron Dulce y S-505, este último también presentó el valor más bajo para la variable perforaciones. Los mayores valores los obtuvieron Bangor F1, Big Sur, Bolero F1.

Para la variable “perforaciones” se observó una mayor incidencia en los híbridos Esperanza y Nandrin F1, y los menores valores se registraron para el S-505 y Dulce, estadísticamente diferentes. No se conoce la causa exacta de este síntoma.

Los valores para la variable *Erwinia* permitieron diferenciar 3 grupos; el de los menores valores donde estuvieron XCR3688 y Dulce, ambos con un 2,08%; el de las mayores incidencias, donde se ubicaron Bangor F1, Nandrin F1 y un tercer grupo, con valores intermedios en donde estuvieron el resto de los híbridos.

La lesión por *Pythium* spp. se manifestó como una mancha amarilla, la cual llegó a conformar posteriormente costras amarillas. Al analizar su incidencia se distinguen 2 grupos, el primer grupo donde los materiales presentaron valores bajos e iguales y el otro grupo conformado por el híbrido Bolero F1 con el mayor valor (37,50%).

Los híbridos presentaron el mismo comportamiento para las variables mancha gris, mancha longitudinal y *Pseudomonas*.

La mancha gris se observó como una decoloración en la superficie de la raíz; la cual según

Galati et al. (2007), puede desarrollarse cuando las zanahorias son lavadas y almacenadas en cuartos fríos por largos periodos antes del empaque. La mancha gris, se observó a partir de la segunda semana en el híbrido Sirkana, y en la cuarta semana para los híbridos Bolero F1, Concerto F1, Esperanza, Nandrin F1 y Napoli F1; Dulce mostró síntomas hasta la octava semana.

La mancha longitudinal, hundida, de color lila, que se asemeja con la descrita por Snowden (1992) citado por Davis y Raid (2002) asociada con el patógeno *Aspergillus niger*.

El síntoma causado por *Pseudomonas* se caracterizó por ser una pequeña mancha negra hundida en la raíz de la zanahoria (Umaña G. 2008. Comunicación personal Laboratorio de Poscosecha Universidad de Costa Rica), de borde oscuro y presentó una baja incidencia, Cuadro 5. Los valores en forma general fueron bajos, donde. Los híbridos Big Sur, Bolero F1, Napoli F1 y Dulce no presentaron esta lesión.

Según la norma establecida por el MEIC-MAG-S (2004) los límites de tolerancia permitida para defectos encontrados en raíces de zanahoria al momento de la cosecha oscilan del 1 al 6%. En el conjunto de variables evaluadas como factores de deterioro poscosecha, Figura 1, cabe destacar que con excepción de la mancha gris y *Pseudomonas*, los valores obtenidos superaron el 6% de tolerancia permitida por el MEIC-MAG-S (2004) después de la cuarta semana de evaluación, lo que indica un tiempo crítico para las zanahorias almacenadas. Los altos valores presentados pueden obedecer al largo tiempo de almacenamiento; además, cabe destacar que dichos valores indican la incidencia de la variable evaluada y no así su severidad.

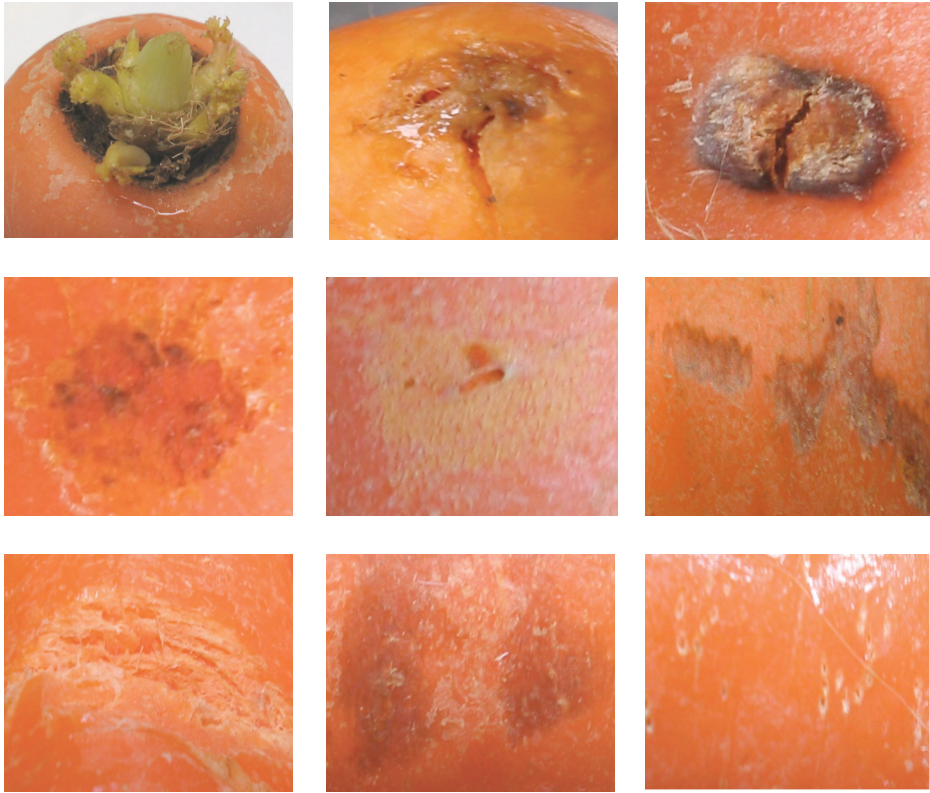


Fig. 1. Problemas poscosecha detectados en zanahoria. I. Daños fisiológicos: A) Brotación, B) Rajadura del ápice; II. Agentes patológicos: C) *Pseudomonas*, D) *Erwinia*, E) *Pythium*; III. Sin agente causal conocido: F) Mancha longitudinal, G) Rajadura en raíz, H) Mancha gris, I) Perforaciones.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los híbridos no difirió durante el transcurso de las semanas de almacenamiento para cada una de las variables evaluadas, excepto para el porcentaje de pérdida de peso, el cual aumentó levemente. Las diferencias en los valores en la variable color de cáscara (L^* , a^* y b^*) posiblemente se debieron al efecto del cepillado de la raíz y al periodo de almacenamiento; y las diferencias en los valores de firmeza y sólidos solubles totales (brix) probablemente se debieron a que las evaluaciones se realizaron en raíces diferentes todas las semanas. Por el contrario, se encontraron diferencias entre los materiales evaluados para las otras variables, excepto para el porcentaje de pérdida de peso.

Se encontraron 3 tipos de daños en las raíces de los híbridos: I. Daño fisiológico: brotación y rajadura del ápice, II. Agentes patógenos: *Erwinia*, *Pythium*, *Pseudomonas*, y III. Sin agente causal conocido: mancha longitudinal, manchas grises, rajadura en raíz y perforaciones.

El comportamiento de los materiales evaluados fue el siguiente: el color externo solo difirió en Big Sur y Esperanza con respecto a los demás híbridos, XCR3688 y Bolero F1 mostraron una mayor firmeza, Bolero F1 presentó el mayor valor para grados brix. Los híbridos con menos rajaduras en la raíz fueron Dulce, Norwich F1, S-505, Sirkana, Bangor F1 y Big Sur. Los que obtuvieron los menores valores para la variable rajadura en el ápice fueron Dulce y S-505, este

último también presentó el valor más bajo para la variable perforaciones. Los híbridos en los que se registró la menor incidencia de *Erwinia* fueron XCR3688 y Dulce. Bolero F1 tuvo la mayor incidencia de *Pythium*. Los híbridos con el mejor comportamiento poscosecha fueron Dulce, S-505, XCR3688 y Big Sur.

AGRADECIMIENTOS

Al personal del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno y del Laboratorio de Tecnología Poscosecha, Centro de Investigaciones Agronómicas, ambos de la Universidad de Costa Rica; a la Corporación Hortícola Nacional y a la empresa agrícola Hermanos Masís Masís.

LITERATURA CITADA

- BASSET M. 1973. Relationship between core size, specific gravity and soluble solids in carrots. *HortScience* (USA) 8:139.
- BEVAN J.R., FIRTH C., NEICHO M. 1997. Storage of organically produced crops. MAFF Project no: OF0127T. Ministry of Agriculture Fisheries and Food (MAFF). UK. 216 p. Consultado 10 ago. 2007. Formato HTML. Disponible en: www.academicpress.com.
- DAVIS R.M., RAID R.N. 2002. Compendium of umbelliferous crop diseases. Minnesota, USA. The American Phytopathological Society (APS Press). 75 p.
- EDIFARM 2003. Manual de hortalizas Edifarm@ Centroamérica, Panamá y República Dominicana. Edifarm Internacional Centroamérica. Imprenta Mariscal, Quito, Ecuador. 522 p.
- GABRIEL E.L., VENTRERA N., VIGNONI L. 2005. Evaluación de tratamientos de fumigación poscosecha sobre la calidad de raíces de zanahoria. Informe Anual de Progresos. INTA. Argentina. p. 225-226.
- GALATI A., McKAY A., CHYE-TAN S. 2007. Minimising post-harvest losses of carrots. *Farmnote*. N°. 75/95. Australia. 4 p.
- HERRERO E. 1987. Evaluación de cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) para industrialización y consumo fresco en Tierra Blanca de Cartago. Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica. Grecia, Costa Rica. 51 p.
- HOSFIEL S., SPEEL S., CURTIN D. 1982. A direct and analytical method for determining water soluble sugars for a simple extract of carrot roots tissue. *Journal of American Society Horticultural Science* (USA) 107(1):1401-106.
- KRARUP H., MOSNAIM S. 1980. Algunos parámetros de calidad de diez cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) cultivados en Valdivia. *Agro Sur* (Chile) 8(1):5-9.
- MARÍN F. 2006. Análisis preliminar del sistema de hidro-enfriamiento de zanahorias en la Corporación Hortícola Nacional (CHN). Consejo Nacional de Producción (CNP), Cartago, Costa Rica. 6 p.
- MATA R. 1991. Los órdenes de suelos de Costa Rica. Taller de Erosión. Memoria. MADE, UNA. Heredia, Costa Rica. 246 p.
- MEIC-MAG-S. MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio, CR)-MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR)-S (Ministerio de Salud, CR). 2004. Decreto N°. 31889-MEIC-MAG-S RTCR 380:2004 Zanahoria para consumo en estado fresco. Publicado en La Gaceta N°. 141 del 20 de julio del 2004. San José, Costa Rica.
- REINA C.E., BONILLA J.F. 1997. Manejo poscosecha y evaluación de calidad para la zanahoria (*Daucus carota* L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Surcolombiana. Formato PDF. Neiva, Colombia. 89 p.
- RODRÍGUEZ J. 2005. Vida útil de hortalizas: almacenamiento de zanahorias. Consejo Nacional de Producción (CNP). Boletín Poscosecha N°. 46 p 6.
- SELJÁSEN R., HOFTUN H., BENTSSON G. 2003. Critical factors for reduced sensory quality of fresh carrots in the distribution chain. International Conference on Quality in Chains. An Integrated View on Fruit and Vegetable Quality. *Acta Horticulturae* (ISHS) 604:761-767.
- SEPSA (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, CR). 2009. Boletín Estadístico Agropecuario N°. 19. Serie Cronológica 2004-2008. San José, Costa Rica. Consultado 12 mar. 2010. Formato PDF. Disponible en www.infoagro.go.cr.

UQUICHE E., CISNEROS L. 2002. Efecto del escaldado y recubrimiento higroscópico sobre la calidad de las zanahorias (*Daucus carota* var. Chantenay)

pre-cortadas durante el almacenamiento. ALAN (Caracas) 52:2. Suplem. 2.