

ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS IMPACTOS FRUTO-FRUTO EN LAS LÍNEAS DE MANIPULACIÓN

García Ramos, F.J.; Ortiz-Cañavate, J.; Ruiz Altisent, M.
Dep. Ingeniería Rural. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

Palabras clave: magulladura, flujo, elementos deceleradores, fruto electrónico

Resumen

Se han realizado diferentes ensayos con el objetivo de analizar la problemática de los impactos manzana-manzana en las líneas de manipulación de fruta. Para ello se ha utilizado una línea experimental de manipulación de frutas en la que se han evaluado las características de estos impactos en función de diferentes factores: características del producto, flujo de producto en línea y características de los puntos de transferencia entre elementos de la línea. Una vez conocida la problemática de los impactos fruto-fruto, se ha desarrollado un elemento decelerador accionado para minimizar dichos impactos en una transferencia en 90° entre dos cintas transportadoras. El elemento decelerador ha sido evaluado comparando su eficacia con otros sistemas. En los diferentes ensayos se han utilizado frutos electrónicos IS 100 y manzanas "Golden".

Abstract

Several tests have been carried out with the aim of analysing the fruit-to-fruit impacts produced on the commercial packing lines. An experimental fruit packing line has been used to evaluate the characteristics of the fruit-to-fruit impacts according to several parameters: fruit characteristics, flow of product on line, and characteristics of the transfer points. A powered decelerator has been developed and installed on a transfer point at 90° between two transporting belts, with the aim of minimizing fruit-to-fruit impacts. The efficiency of the new decelerator has been compared to traditional decelerators. "Golden" apples and electronic fruits have been used to carry out the tests.

1. Introducción

El problema del daño mecánico a la fruta en las líneas de manipulación ha sido y está siendo abordado con el objetivo de adaptar la maquinaria y establecer las condiciones de trabajo que minimicen esos daños. En este sentido, se han realizado diferentes estudios centrados en los impactos que la fruta recibe durante su confección, principalmente contra las superficies de las máquinas en los puntos de transferencia (Brown et al., 1987). Otro tipo de impactos, también estudiado aunque en menor profundidad, son los impactos fruto-fruto, los cuales adquieren una importancia relevante en fruta muy susceptible como es el caso de la manzana.

Para analizar las características de los impactos manzana-manzana diferentes autores han utilizado frutos electrónicos IS 100 (Zapp et al., 1989). Pang et al., 1992a, analizaron los impactos manzana-manzana utilizando frutos electrónicos IS 100 y una cámara de vídeo, concluyendo que impactos superiores a 20 g eran causa de magulladura superior a 1 cm² en manzanas "Granny Smith" una vez eliminada la piel. Pang et al., 1992b, concluyeron que el coeficiente de restitución en un impacto manzana-manzana decrece a

medida que la energía del impacto aumenta. Con valores de dicho coeficiente superiores a 0,7 no hubo apenas daño en las manzanas. Studman et al., 1997, proponen la técnica de estudiar impactos entre dos mitades de la misma manzana con el objetivo de reducir la variabilidad entre frutos.

Una vez conocidas las características de los impactos fruto-fruto e identificados los puntos de las líneas comerciales donde éstos se producen, se deben aportar soluciones que eviten dichos impactos. Hasta ahora, las mejoras introducidas en las líneas de manipulación se han centrado en reducir la intensidad de los impactos de los frutos contra las superficies de las máquinas (Marshall et al., 1989, Brown et al., 1990).

Por lo tanto, es necesario avanzar en la obtención de elementos que reduzcan los impactos fruto-fruto dentro de las líneas de manipulación comerciales.

2. Materiales y métodos

2.1. Influencia del flujo de producto en línea sobre los impactos fruto-fruto

Para analizar la problemática de los impactos fruto-fruto se ha utilizado un fruto electrónico IS 100 (161 g de masa y 7 cm de diámetro) en los diferentes ensayos realizados. Para cada impacto registrado el fruto electrónico aporta el valor de la aceleración máxima en número de veces la aceleración de la gravedad (g), donde $1\text{ g} = 9,8\text{ m/s}^2$. Los ensayos han sido realizados en la línea experimental de manipulación de frutas (Ortiz-Cañavate et al., 1999) que el Laboratorio de Propiedades Físicas dispone en el Departamento de Ingeniería Rural de la U.P.M y que fue presentada en el congreso de la SECH de 1999.

Se analizaron dos condiciones de trabajo: con flujo (línea llena de producto) y sin flujo (línea vacía). Como material vegetal se utilizaron manzanas “Golden Smoothie”. El recorrido del fruto electrónico fue grabado con una cámara de vídeo para identificar el número de impactos fruto-fruto (IS 100-manzana) en cada punto de transferencia. Se realizaron siete pasadas para cada uno de los ocho puntos de transferencia de la línea experimental. El objetivo de este ensayo fue analizar las cargas a las que es sometida la fruta en función de que la línea se encuentra llena de producto, o vacía.

2.2. Ensayos de la influencia de la susceptibilidad al daño del producto

Se realizó un ensayo para determinar el efecto que este tipo de impactos tienen en función de la susceptibilidad del producto presente en línea para el caso específico de manzana. Para ello se realizó un experimento en el que se hicieron pasar por la línea experimental manzanas “Golden Smoothie” con diferente grado de susceptibilidad al daño: muy susceptibles (manzanas turgentes recién recolectadas) y poco susceptibles (mismas manzanas tras pasar dos meses en cámara a 1 °C y 85 \% HR).

Se realizó un diseño factorial con dos factores: susceptibilidad a la magulladura (alta y baja) y flujo de producto en línea (con flujo y sin flujo).

Para cada combinación de factores se hicieron pasar 30 manzanas sin daños visibles en su superficie por la línea experimental durante un recorrido de 20 puntos de transferencia. Después de realizar el recorrido las manzanas se dejaron 24 h a temperatura ambiente y se midió la presencia de magulladuras y su área.

2.3. Elementos deceleradores accionados en un punto de transferencia en ángulo de 90°

Las transferencias en ángulo (normalmente de 90°) son un punto crítico de las líneas de manipulación debido a los impactos que la fruta recibe al chocar contra los laterales del elemento al que es aportada y a los impactos fruto-fruto, tan comunes en este tipo de transferencias.

Para intentar mejorar este problema, se ha desarrollado un elemento decelerador accionado, para su uso en transferencias en ángulo entre dos elementos en las líneas de manipulación de fruta. El elemento decelerador (Figura 1) se diseñó en el Departamento de Ingeniería Rural y fue construido por la empresa MAXFRUT S.L., que colaboró en la investigación. Se trata de un cepillo accionado con cerdas de polietileno y dos ejes verticales, uno de ellos accionado por un motor eléctrico de 0,18 kW regulado por un variador electrónico de velocidad.

El sistema tiene dos objetivos: reducir la intensidad de los impactos y reducir el número de impactos fruto-fruto. El elemento decelerador debe ser regulado en base a dos parámetros: ángulo de posicionamiento y velocidad de accionamiento.

Se realizó un ensayo para analizar la eficacia del sistema decelerador. Para ello, en un punto de transferencia en 90° entre dos cintas transportadoras (perteneciente a la línea experimental) se compararon tres condiciones de trabajo:

- Transferencia sin ningún elemento decelerador y con material amortiguador en el lateral de la cinta transportadora receptora.
- Transferencia con cepillo de eje horizontal accionado (Figura 1a).
- Transferencia con cepillo de ejes verticales accionado (Figura 1b).

Las características del ensayo quedan reflejadas en la Tabla 1. Los ensayos se realizaron con presencia de producto en la línea (manzanas “Golden”). Para cada combinación de factores se realizaron 20 medidas con el fruto electrónico IS 100 y el recorrido del mismo se grabó con una cámara de vídeo para identificar los impactos fruto-fruto. Este hecho debe ser estudiado en otras especies.

3. Resultados

3.1. Influencia del flujo de producto en línea sobre los impactos fruto-fruto

3.1.1. Características del impacto

Las características de los impactos aportados por el fruto electrónico variaron en función de que la línea experimental estuviese vacía o llena de producto. Analizando los gráficos de nivel de impacto (Figura 2) se observa una disminución en la intensidad de los impactos para el caso de trabajo con flujo de producto. Esta disminución es muy clara en los puntos de transferencia 4, 5 y 8, siendo todos ellos puntos de transferencia en ángulo de 90°, con una disminución del nivel de impacto del 20%. En estos puntos el nivel de aceleración medio pasa de 50 g sin flujo de producto a 30 g con flujo de producto.

3.1.2. Identificación de los impactos fruto-fruto

Analizando las imágenes del recorrido del fruto electrónico con flujo de producto en la línea, se cuantificaron los impactos fruto electrónico-manzana (impactos fruto-fruto) producidos en cada punto de transferencia. El punto de transferencia 4 (calibrador-cinta de salida) no se pudo grabar dada la geometría de la línea.

El mayor número de los impactos fruto-fruto se produjo en los puntos de transferencia en ángulo (T5, T7 y T8) como queda reflejado en la Tabla 2. En los puntos de transferencia 5, 7 y 8 se registraron una media de 2, 1 y 1,4 impactos entre frutos respectivamente. La aceleración máxima y el cambio de velocidad de cada impacto se detallan en la Tabla 3, en la cual se incluyen todos los impactos registrados en cada una de las pasadas.

3.2. Influencia de la susceptibilidad al daño del producto sobre los impactos fruto-fruto

Analizando el área total media de magulladura para los diferentes lotes de manzanas se aprecia una diferente tendencia en su valor en función de la combinación de la susceptibilidad al daño y el flujo de producto en línea (Figura 3): en el caso de manzanas susceptibles, el área de magulladura con flujo de producto es mayor que sin flujo de producto, mientras que en manzanas no susceptibles, el área de magulladura con flujo de producto es menor que sin flujo. Aunque esta diferencia no es significativa, sí que se muestra una tendencia.

En una línea con flujo la intensidad de los impactos es menor que en una línea sin flujo, si bien el número de impactos total recibido por cada fruto es mayor (debido a los impactos fruto-fruto). Este hecho combinado con los datos resultantes del ensayo, podría indicar que los impactos fruto-fruto (producidos con flujo de producto) son suficientes para producir magulladura cuando la manzana es susceptible al daño. Por el contrario en el caso de manzana no susceptible, los impactos fruto-fruto no juegan un papel tan importante en la aparición de magulladuras.

3.3. Elementos deceleradores accionados en un punto de transferencia en ángulo de 90°

En los ensayos realizados con flujo de manzana “Golden”, el número de impactos fruto electrónico-manzana (considerados como impactos fruto-fruto) varió en función de la presencia de un elemento decelerador accionado, sus características y su regulación.

El cepillo vertical en ambos ángulos (26° y 37°) y el cepillo horizontal regulado a 37°, disminuyeron el número de impactos fruto-fruto apreciablemente (Figura 4). Para el caso específico del cepillo vertical con un ángulo de 26° (α_1), la reducción en el número de impactos fruto-fruto fue del 60% y el 43% para las alturas de caída 8 cm y 14 cm respectivamente, cuando se compara con el caso de transferencia sin elementos deceleradores. Para esta configuración de elemento decelerador en el 50% y 40% de los casos respectivamente, no se registraron impactos fruto-fruto (Figura 5). En el caso de transferencia sin elementos deceleradores el número de casos sin impactos fruto-fruto fue sólo del 10% y 5% respectivamente. El cepillo horizontal trabajó correctamente cuando fue regulado a 37° (α_2), pero en el caso de 26° (α_1) la eficacia del cepillo no fue buena, asemejándose al caso de ausencia de elementos deceleradores.

En cuanto a la intensidad de los impactos producidos, no hubo diferencias significativas entre los diferentes elementos (sin cepillo, con cepillo horizontal y con cepillo vertical) para las dos alturas y los dos ángulos analizados. Las máximas diferencias en el valor medio de la aceleración máxima fueron de 8 g (Tabla 4).

4. Discusión

4.1. Influencia del flujo de producto en línea sobre los impactos fruto-fruto

La disminución en la intensidad de los impactos para el caso de presencia de producto en la línea, principalmente en las transferencias en ángulo, revela que el fruto electrónico ha impactado contra las manzanas en vez de contra la superficie y laterales de los elementos de la línea. Este hecho es más relevante en los puntos de transferencia en ángulo porque el producto se acumula durante un pequeño periodo de tiempo hasta que se acomoda al nuevo elemento transportador. Para corroborar este hecho, se recurrió a las imágenes de la cámara de vídeo.

La intensidad de los impactos recibidos por la fruta disminuye con el aumento de flujo en la línea debido a que los impactos entre frutos tienen una menor intensidad que los impactos del fruto contra la superficie de las máquinas.

Los impactos fruto-fruto se producen principalmente en los puntos en transferencia en ángulo y tienen una intensidad media en torno a 20 g.

4.2. Influencia de la susceptibilidad al daño del producto sobre los impactos fruto-fruto

El efecto del flujo de producto sobre los daños en manzana sería perjudicial al trabajar con manzanas susceptibles (se dañan más con flujo que sin flujo) y beneficioso al trabajar con manzanas no susceptibles (se dañan menos con flujo que sin flujo). Esto se debe al hecho de que la intensidad de los impactos fruto-fruto (menor que la de los impactos fruto-máquina) es capaz de dañar manzana susceptible, pero no daña a la manzana poco susceptible. Teniendo en cuenta que las líneas trabajan con la mayor cantidad de producto posible, habría que mejorar los puntos de transferencia en ángulo para disminuir los impactos fruto-fruto con el objetivo de poder trabajar con producto susceptible.

4.3. Elementos deceleradores accionados en un punto de transferencia en ángulo de 90°

Los elementos deceleradores analizados (**cepillo vertical y cepillo horizontal**) reducen el número de impactos fruto-fruto de forma significativa, sobre todo el primero. El cepillo vertical reduce el número de impactos fruto-fruto hasta un 60%, frente al cepillo horizontal con un 45%. Se ha solicitado la patente de invención del decelerador vertical en la Oficina Española de Patentes y Marcas con fecha julio de 2000 y nº de solicitud P200001954.

Referencias

- Brown, G. K., Burton, C. L., Sargent, S. A., Schulte, N. L., Timm, E. J., & Marshall, D. E. 1987. Apple packing line damage assessment. *ASAE Winter Meeting*. Paper 87-6515, Chicago, Illinois.
- Brown, G. K., Schulte, N. L., Timm, E. J., Burton, C. L., & Marshall, D. E. 1990. Apple packing line impact damage reduction. *Applied Engineering in Agriculture* 6, 6, 759-764.
- Marshall, D. E., Wolhuis, R. J., & Brown, G. K. 1989. Packing Line equipment modifications that reduce apple damage. *ASAE Winter Meeting*. Paper 89-1599, New Orleans, Louisiana.
- Ortiz Cañavate, J.; García Ramos, F.J.; Ruiz-Altisent, M. 1999. Línea experimental de manipulación de fruta con el objetivo de mejorar elementos mecánicos para reducir daños. VIII Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas, Murcia, 23-26 abril 1999.

- Pang, D. W., Studman, C. J., & Banks, N. H. 1992a. Analysis of damage thresholds in apple-to-apple impacts using an instrumented sphere. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 20, 159-166.
- Pang, W., Studman, C. J., & Ward, G. T. 1992b. Bruising damage in apple to apple impact. *Journal of Agricultural Engineering Research* 52, 229-240.
- Studman, C.J., Brown, G. K., Timm, E.J., Schulte, N.L., Vreede, M.J. 1997. Bruising on blush and non-blush sides in apple-to-apple impacts. *Transactions of the ASAE*. Vol. 40 (6): 1655-1663.
- Zapp, H. R., Ehlert, S. H., Brown, G. K., Armstrong, P. R., & Sober, S. S. 1989. Advanced Instrumentation Sphere (IS) for impact measurement. *ASAE Summer Meeting*. Paper 89-6046, Quebec

Tabla 1. Factores analizados en el ensayo de elementos deceleradores con flujo de fruta (manzanas "Golden")

<i>Factor</i>	<i>Denominación</i>
Elemento decelerador	Ninguno Cepillo horizontal Cepillo vertical
Altura de la transferencia	8 cm 14 cm
Ángulo α del cepillo	$\alpha 1 = 26^\circ$ $\alpha 2 = 37^\circ$
Velocidad de las cintas transportadoras (V1, la misma para ambas) y de los elementos deceleradores (V2).	V1 = 30 m/min V2 = 34,5 m/min
Flujo de fruta	Manzanas "Golden"

Tabla 2. Número de impactos fruto electrónico-manzana producidos en los diferentes puntos de transferencia durante las siete pasadas realizadas en la línea experimental

P.d.t.	Pasada 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7	total	medio
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	3	1	2	1	2	3	2	14	2
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	-	1	-	-	1	-	1	3	1
8	3	1	0	2	2	1	1	10	1,4

Tabla 3. Característica de los impactos fruto-fruto producidos en los diferentes puntos de transferencia durante las siete pasadas (aceleración máxima, g)

P.d.t.	Pasada 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	17	15	16	8	26	24	18
	11		14		8	22	13
	14					13	
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	23	-	-	13	-	34
8	9	16	-	9	18	9	19
	10			16	10		
	10						

Tabla 4. Aceleración máxima de los impactos fruto-fruto en función de la altura de caída, el tipo de elemento decelerador y el ángulo de regulación del mismo.

Altura de caída (h), cm	Elemento decelerador	Ángulo de regulación (α), grados	Aceleración media (g)
8	Ninguno		34
	Cepillo horizontal	26	31
		37	39
	Cepillo vertical	26	36
37		35	
14	Ninguno		32
	Cepillo horizontal	26	30
		37	39
	Cepillo vertical	26	36
37		32	

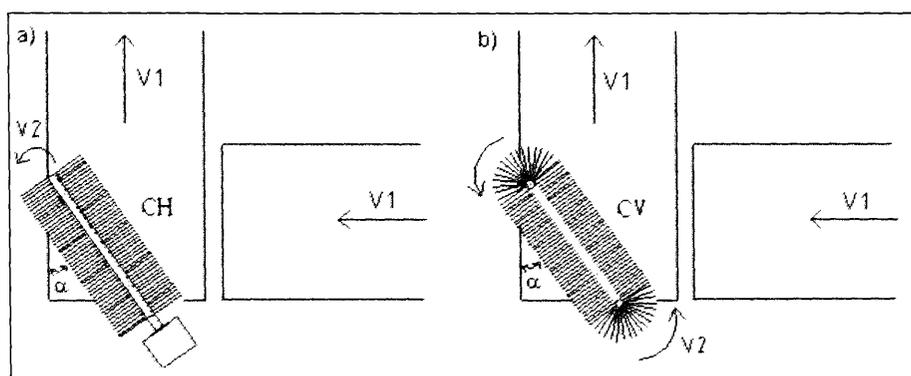


Figura 1. Elementos deceleradores en la transferencia en 90°. a) CH: cepillo horizontal. b) CV: cepillo vertical

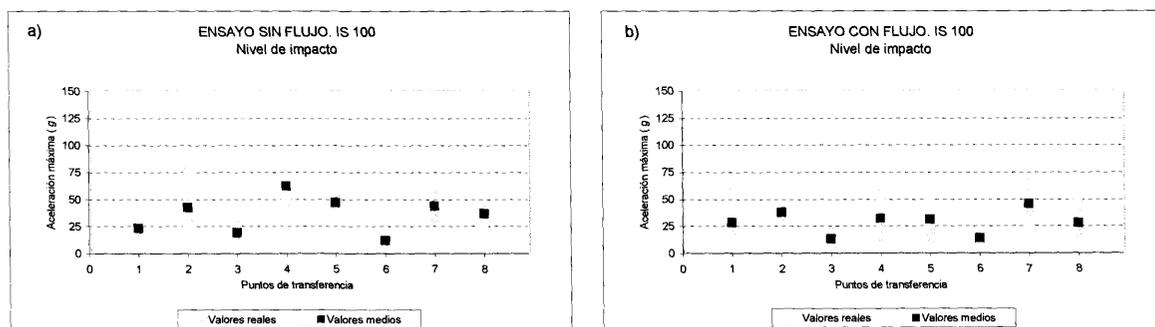


Figura 2. Gráficos de nivel de impacto obtenidos con IS 100 en dos condiciones: a) sin flujo (línea vacía); b) con flujo (línea llena de manzanas "Golden Smoothee")

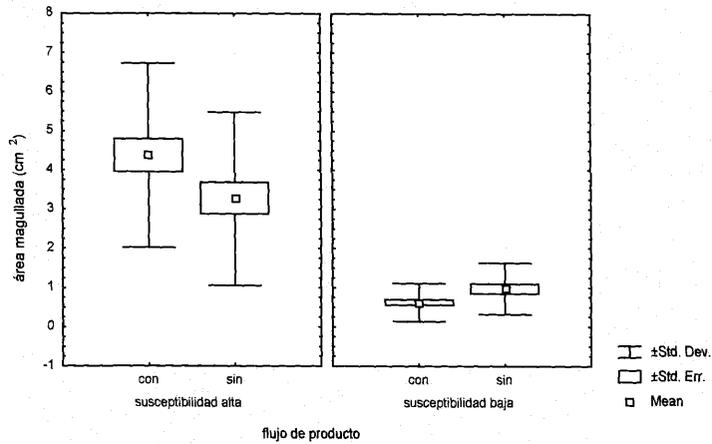


Figura 3. Representación del área total media de magulladura en función del flujo de producto y la susceptibilidad del mismo para manzanas "Golden Smoothie"

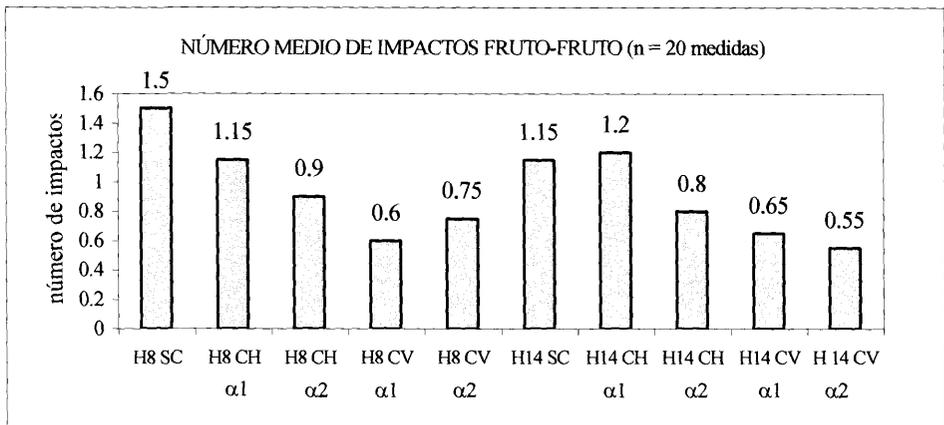


Figura 4. Número de impactos fruto-fruto (IS 100 - manzana). H: altura (cm); CH: cepillo horizontal; CV: cepillo vertical; α1 = 26°; α2 = 37°

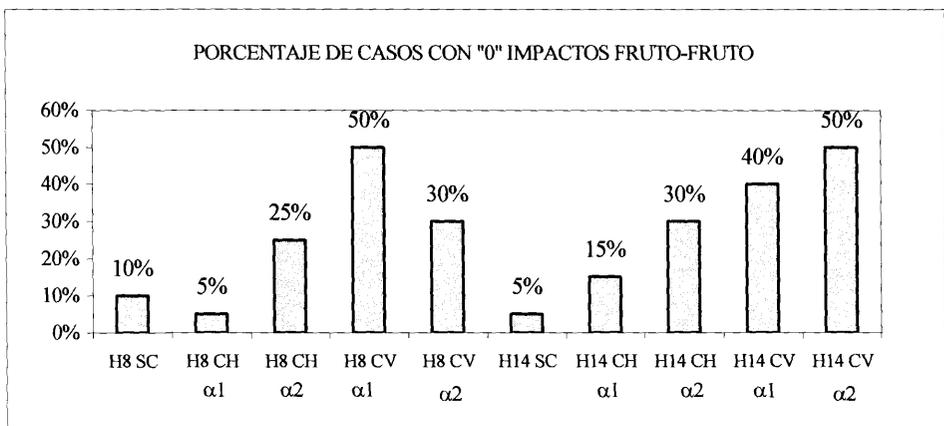


Figura 5. Porcentaje de casos con cero impactos fruto-fruto. H: altura (cm); CH: cepillo horizontal; CV: cepillo vertical; α1 = 26°; α2 = 37°