

Las pruebas diagnósticas se utilizan ampliamente en medicina; se comienzan a aplicar también en análisis de calidad de frutos

Pruebas diagnósticas en la clasificación de productos agrícolas

JOSÉ IGNACIO ARANA
CARMEN JARÉN
ALEJANDRO ARANA
SILVIA ARAZURI

*Dpto. Proyectos e Ingeniería Rural
de la Universidad de Navarra*



Introducción

La calidad es un factor cada vez más determinante en la rentabilidad de la actividad hortofrutícola. Debe definirse en función del uso al que va a ser destinado el producto, por lo que en el caso de las frutas destinadas al consumo en fresco se debe tender al concepto de «calidad total» y considerar todas las características valoradas por los consumidores. Muchas de estas características, como las texturales y otras fisiopatías, no son tenidas en cuenta en la clasificación, por lo

Las pruebas diagnósticas permiten determinar el estado del producto desde el punto de vista organoléptico. Los resultados de estas pruebas son diferentes según las distintas variedades.

que llegan al mercado frutos que aparentemente tienen una gran calidad, pero que presentan una característica negativa por la que son sistemáticamente rechazados por el consumidor.

Algunas de estas fisiopatías aparecen de forma individual en cada fruto, de manera que en el momento de la comercialización sólo se da en algunos de los frutos que componen una determinada muestra. Como ejemplos podemos citar la harinosidad de las manzanas y kiwis y la lanosidad de melocotones y nectarinas, que son

atributos sensoriales negativos de la textura que pueden padecer estos frutos. Otro grupo importante de características negativas que se dan de forma individual en las frutas y que disminuyen drásticamente su calidad son los derivados de accidentes como puedan ser un pedrisco leve, que afecte sólo a una parte de los frutos, o una lluvia en recolección o un abonado equivocado, que produzcan grietas en la superficie del fruto. En el primer caso, el carácter sensorial del atributo negativo es el que impide la selección,

mientras que en el segundo es el coste de la selección visual lo que hace que se desechen totalmente las partidas afectadas.

Por todo esto, para asegurar que una partida de fruta tenga la suficiente calidad será necesario eliminar los frutos que padecen estos daños o fisiopatías a través de un análisis individual y no destructivo de todos y cada uno de los mismos. El impacto no destructivo y la resonancia magnética son ensayos que pueden permitir la eliminación de los frutos afectados por fisiopatías de la textura, mientras que el análisis de imagen podría ser utilizado para eliminar los frutos con daños en su superficie. Cualquiera de estos métodos puede ser acoplable a las cadenas de selección, por lo que su aplicación práctica es evidente.

En este artículo se describe la utilización del impacto no destructivo para la separación individual de las manzanas harinosas de las sanas.

La calidad debe definirse en función del uso al que se destina el producto. En el caso del consumo fresco, se debe tender al concepto de "calidad total"

Metodología

Se han realizado ensayos, durante tres años, con manzanas de las variedades Granny Smith, Golden Delicious, Top Red y Starking Delicious. Estas han sido conservadas durante períodos diferentes a una temperatura de 4°C, que van desde los 0 a los 90 días. Al final de este período de frigoconservación, una parte de las manzanas han desarrollado la harinosidad, mientras que otras han permanecido sanas.

Todas las manzanas han sido analizadas mediante un ensayo de

impacto no destructivo, desarrollado por Chen et al. (1985) (fotografías 6 y 7). El método empleado es la caída libre, sobre el fruto, de un indentador metálico esférico de 20 mm de diámetro y 15 mm de altura, porque Jarén y Ruiz Altisent (1996) demostraron que un impacto con una masa de 52 g y esas dimensiones no es destructivo cuando se deja caer sobre manzanas desde una altura de 2 cm. El indentador está unido a un acelerómetro que a su vez está conectado a un ordenador, de forma que de cada ensayo podemos extraer un gran número de variables entre las que destacan:

- Fuerza máxima 2 cm (N): Fuerza máxima registrada durante el ensayo de impacto desde una altura de 2 cm. Extremo superior de la curva de fuerza. Su símbolo es F2.

- Deformación máxima 2 cm (mm): Cambio de tamaño o forma del fruto ensayado desde una altura de 2 cm. Es la correspondiente al máximo de la curva de deformación. Su símbolo es DM2.

- Deformación permanente 2 cm (mm): Valor correspondiente a la deformación residual, la que queda tras la eliminación de la carga que causó la deformación en el ensayo desde 2 cm. Su símbolo es DP2

- Duración del impacto 2 cm (mm): Tiempo que dura el impacto desde 2 cm. Hasta que la fuerza se hace cero. Su símbolo es F2.

Además, todas estas manzanas han sido analizadas sensorialmente por un equipo de cinco catadores debidamente entrenados, que han valorado su grado de harinosidad con valores enteros de 1 a 9, en orden creciente de harinosidad. De esta forma, el valor mínimo es de 5 y el máximo de 45. La suma de estas cinco puntuaciones será el grado de harinosidad asignado a cada fruto.

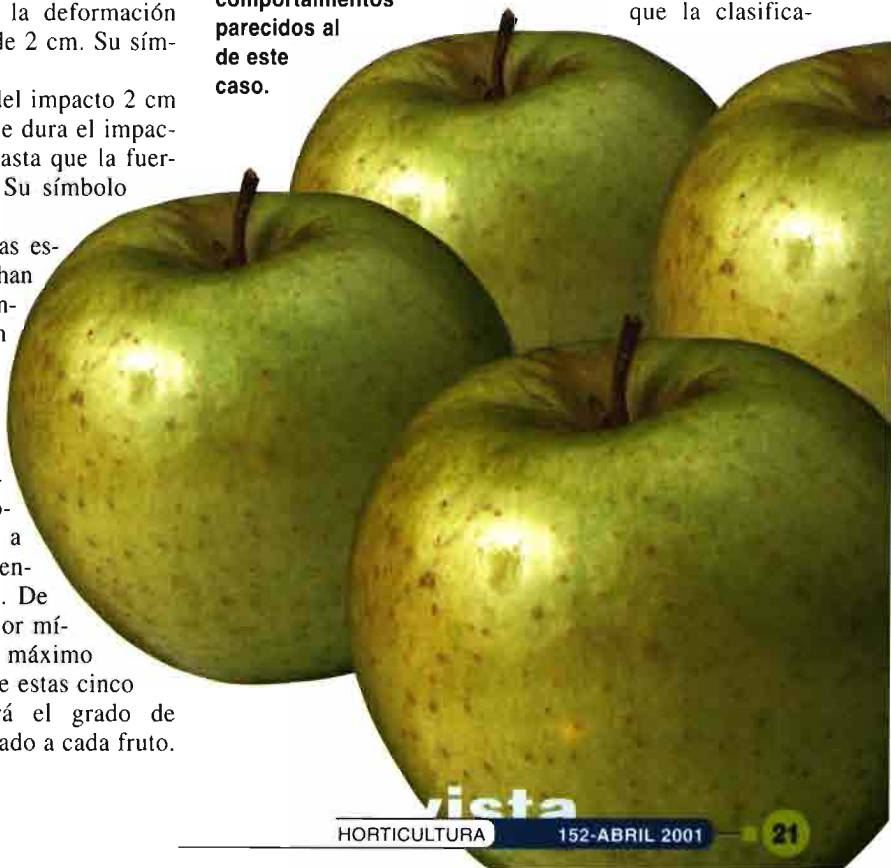
La cata ha sido realizada individualmente, con las condiciones apropiadas para la misma y en ausencia de estímulos perjudiciales para los catadores.

Todos los frutos han sido clasificados en dos categorías. La categoría 1 engloba los frutos comercializables y la categoría 2 los desechables, según su grado de harinosidad. El valor umbral se ha fijado en 20, ya que los cinco expertos consideran que un fruto que obtiene un valor superior de harinosidad a éste es rechazado por la mayoría de consumidores o fuertemente rechazado por algunos consumidores.

Análisis de datos

En cuanto al estudio de los resultados obtenidos a partir de los ensayos no destructivos propuestos, se ha comprobado que de las series de variables generada por el ensayo de impacto son las cuatro variables citadas anteriormente, y en particular F2, las que mejor caracterizan la harinosidad de la manzana. Para cada ensayo y para cada fruto analizado existe un valor de cada una de estas variables generadas. El análisis discriminante tiene como objetivo que la clasifica-

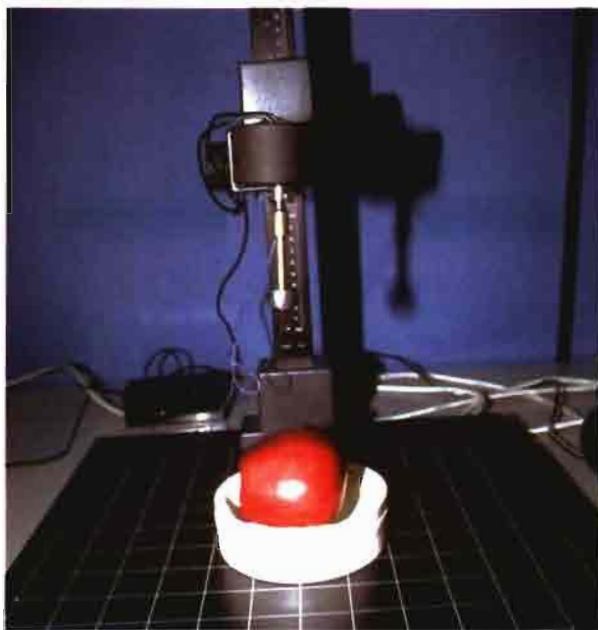
La manzana tipo Golden delicious fue una de las estudiadas en las pruebas realizadas por la universidad de Navarra. Los resultados de estos ensayos aplicados a otras frutas y hortalizas tienen comportamientos parecidos al de este caso.



ción lograda mediante la utilización de estos valores coincida, en el mayor grado posible, con la realidad, de forma que un fruto clasificado como comercializable, utilizando las variables procedentes del ensayo, lo sea en la realidad y que los frutos clasificados como desechables padezcan realmente la fisiopatía o daño estudiados. Este planteamiento válido plantea una seria deficiencia, consistente en que le da el mismo valor a los errores que se puedan co-

Para asegurar que una partida de fruta tenga la suficiente calidad será necesario eliminar los frutos que padecen daños o fisiopatías a través de una análisis individual y no destructivo de todos y cada uno de los mismos

meter en la clasificación, de forma que el error cometido al comercializar un fruto defectuoso es equivalente al cometido al desechar uno válido. Esto no es admisible, pues alguna de estas características es tan negativa que elimina totalmente la calidad del fruto y actualmente los mercados son tan exigentes que no admiten frutos tan defectuosos, por lo que el primer error es mucho más grave que el segundo. En general, podemos decir que se hace necesario dotar al gerente de una estación seleccionadora de fruta de un método de selección individual no destructivo, que le permita decidir el nivel de calidad exigido respecto a estas características, tal y como lo hace respecto al tamaño del fruto, valorando el coste adicional que supone el hecho no deseado de desechar algunos frutos que, en realidad, eran sanos. Para lograr este objetivo proponemos el empleo de las pruebas diagnósticas.



Dispositivo para el ensayo de impactos en manzanas. Los frutos han sido analizados mediante un ensayo de impacto no destructivo.

Pruebas diagnósticas

Las pruebas diagnósticas se han utilizado muy frecuentemente en Medicina para la detección y prevención de enfermedades según el perfil clínico de los pacientes (Gómez de la Cámara 1998). Tienen la gran ventaja, sobre el análisis discriminante, de que se realiza todo el espectro de puntos de corte, de forma que se incide sobre la especificidad y la sensibilidad, lo que permite minimizar la aparición de un tipo de error determinado. En el caso de una enfermedad altamente infecciosa, el error de clasificar como sano a un individuo enfermo es mucho mayor que el de diagnosticar como enfermo a un individuo sano, mientras que en el caso del cáncer ocurre lo contrario.

En el Área de Mecanización Agraria del Departamento de Proyectos e Ingeniería Rural de la Universidad Pública de Navarra se está utilizando esta técnica para eliminar las manzanas harinosas y los melocotones y nectarinas lanosos mediante impacto no destructivo. De igual manera, se tiene prevista su utilización en la eliminación de frutos afectados por pedrisco o abiertos y de pimientos cuya forma, dimensiones o coloración no son las adecuadas, mediante análisis de imagen.

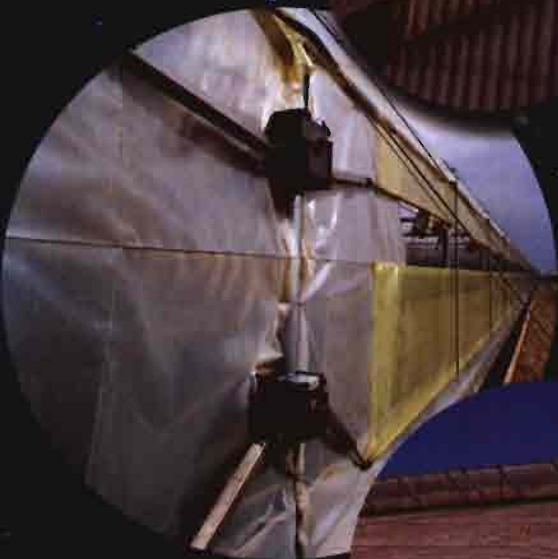
Así como en Medicina se diagnostica si un paciente padece o no una enfermedad mediante una prueba diagnóstica, se puede utilizar esta técnica para determinar si un fruto padece o no una determinada fisiopatía, como puede ser, en nuestro caso, la harinosidad, y de la misma forma que un médico puede tomar una decisión sobre la importancia que tiene en cada caso el error de diagnosticar la enfermedad a un individuo sano o no encontrarla en uno enfermo, el tecnólogo alimentario puede decidir la importancia que tiene en cada caso el clasificar como sano un fruto que padece una fisiopatía determinada según las características de la fisiopatía y del mercado de destino del fruto.

Una prueba diagnóstica o test (PD) es cualquier procedimiento para la obtención de información clínica de un paciente (Gómez de la Cámara, 1998).

Como nuestro objetivo es diagnosticar el estado de sanidad o enfermedad de un fruto, podemos tratar a éste como a un paciente susceptible de padecer una enfermedad determinada; en nuestro caso el paciente será la manzana y la enfermedad, la harinosidad. Se debe hacer la salvedad de que en todos los análisis precedentes se ha considerado que la categoría I engloba a los frutos sanos, por lo que, desde el punto de vista del análisis, la sanidad es el resultado positivo, mientras que en todos

Es necesario dotar al gerente de una estación seleccionadora de un método de selección individual no destructivo, que le permita decidir el nivel de calidad exigido respecto a las características observadas

AGROCOMPONENTES DEL INVERNADERO



<http://www.agrocomponentes.es>

**SISTEMAS DE VENTILACIÓN
AUTOMATISMOS
PANTALLAS TÉRMICAS Y MALLAS**



agrocomponentes

Ctra. Los Alcázares, Km. 2
30700 TORRE PACHECO (Murcia)
Tel.: 968 58 57 76 / 58 55 52 - Fax: 968 58 57 70
e-mail: info@agrocomponentes.es
e-mail: exportdivision@agrocomponentes.es
e-mail: admon@agrocomponentes.es

los análisis clínicos se considera la aparición de la enfermedad como resultado positivo. Esto hace que en nuestro análisis los conceptos de sensibilidad y especificidad del análisis no sean iguales sino simétricos, con respecto a una prueba diagnóstica clínica utilizada en medicina).

Resultados y discusión

Existe correlación entre el grado de harinosidad desarrollado y el tiempo de conservación frigorífica. Se observa que esta relación es más intensa en las variedades Top Red y Starking Delicious, las cuales son más susceptibles de desarrollar harinosidad. En la variedad Golden Delicious esta relación fue menos intensa, mientras que la variedad Granny Smith no desarrolló harinosidad.

Existe relación entre la harinosidad y la máxima resistencia al impacto, y las deformaciones máxima y permanente y la

Además de las pruebas de resistencia mecánica, se han realizado "tests" sensoriales mediante un equipo de catadores entrenados, que han valorado su grado de harinosidad

duración del impacto. En el caso de F2 el coeficiente de correlación varía entre 0,6 y 0,8.

Con el empleo del análisis discriminante tradicional, con un sólo punto de corte situado en $p_v=0,5$, obtuvimos un 77% de acierto medio en la totalidad del experimento, lo cual es en sí mismo un buen resultado, pero sólo conseguimos obtener muestras con un porcentaje aceptable de

frutos harinosos cuando partimos de muestras en que existe una gran variabilidad. En los ensayos en que todos los frutos han sido sometidos a un período de conservación frigorífica de igual duración, por lo que existe poca variabilidad y la mayoría de los frutos son harinosos, maduros, blandos y poco crujientes, la discriminación de la harinosidad como atributo diferenciado del resto de cualidades texturales tiene una mayor dificultad y las muestras clasificadas tienen un porcentaje de frutos harinosos menor que el de las originales, mas todavía excesivo (superior al 10%).

Mediante el análisis a través de pruebas diagnósticas hemos podido construir:

- Curvas ROC, que describen la evolución de la especificidad y sensibilidad en función del punto de corte elegido. La figura 1 representa la curva ROC, correspondiente al ensayo de impacto

El único sustrato de estructura compacta.

grodan®

Lo tienes fácil.



Una fácil decisión. La gran alternativa de futuro frente al cultivo tradicional en suelo, que le permite máxima producción, precocidad y una gran calidad de fruto. Grodan es el sustrato de lana de roca líder en eficacia y

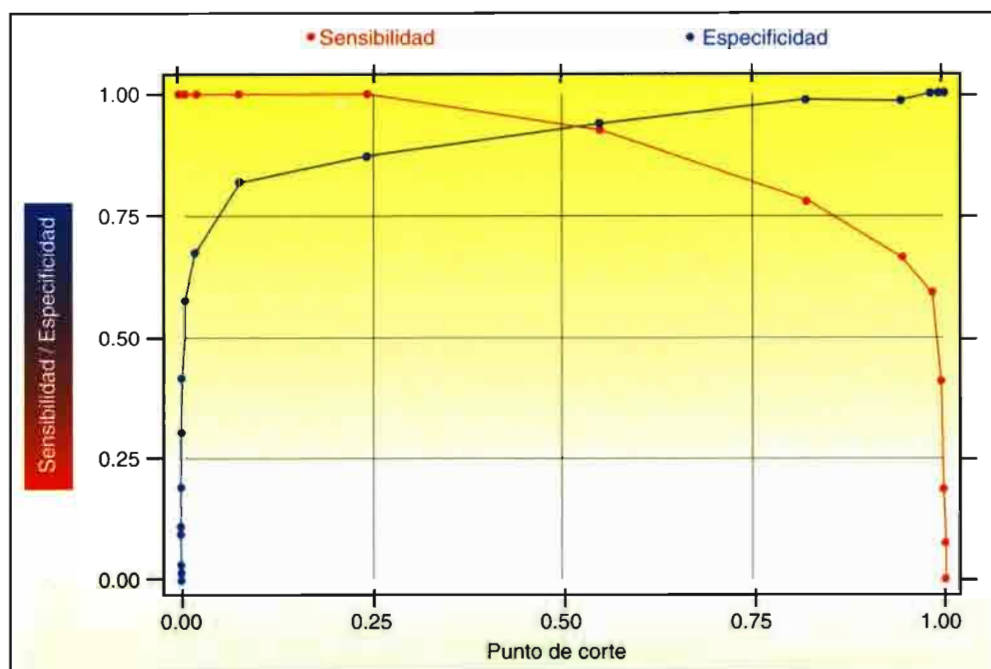
rentabilidad, para obtener siempre, los mejores precios de mercado.

grodan®
La base de su éxito.

Avda. de los Príncipes de España, 116 • Venta del Olivo (Paraje Simón Acien)
04700 EL EJIDO • Tel. 950 485758 • Fax 950 572242

Figura 1

Sensibilidad y especificidad en función del punto de corte (% de probabilidad)



no destructivo de manzanas de la variedad Top Red realizado el segundo año y utilizando sólo la variable F2.

- Curvas que muestran la evolución de la calidad de la muestra clasificada en función del punto de corte elegido.

- Curvas que muestran la evolución del coste adicional de la clasificación en función del punto de corte elegido.

De acuerdo con la variación de la calidad de la muestra clasificada, se aprecia una variación en el coste adicional de la clasificación según el punto de corte elegido; buscando una mayor precisión se incrementan los costos de análisis, que deben recobrarse en base a menor cantidad de decisiones erróneas - tirar un fruto bueno. La decisión se optimiza en el punto de equilibrio.

De los resultados obtenidos, se puede deducir que es posible

GOTERO INTEGRADO

FLECHA 1+1

Caudales: 1,7 l/h. y 3,4 l/h.

Distancias entre goteros: Desde 0,2 m. a 1,5 m.

Espesores de pared: Desde 0,25 mm. a 0,9 mm.

Diámetro exterior del tubo: 17 mm.

Bobinas: De 500 a 1500 m.

Tubería con Gotero Integrado FLECHA 1+1

Fabricado en España
Made in Spain

El laberinto más preciso.



**TECNOLOGÍA
AGROPLAST**

FÁBRICA Y OFICINAS:
CTRA. NAC. 340, KM. 421 - 04738 VICAR (ALMERÍA) SPAIN
TEL. 34-950 557 040 - FAX. 34-950 553 106
E-MAIL: agroplast@nsi.es

Todas las variedades estudiadas, excepto la Granny Smith, desarrollan harinosidad en las condiciones de frigoconservación del ensayo, aunque diferentes variedades presentan diferente susceptibilidad a esta fisiopatía

realizar una clasificación acorde a nuestros objetivos particulares, priorizando el aumento de la calidad textural de la muestra obtenida o minimizando el coste adicional de la clasificación, según nuestros intereses particulares e inmediatos, tan sólo variando el punto de corte, es decir, el valor límite de una variable o combinación de valores de las variables procedentes del ensayo no destructivo.

Del mismo modo, podemos realizar una clasificación progresiva de mayor a menor calidad textural, de forma que los frutos rechazados en una categoría determinada puedan ser aceptados en la inmediatamente inferior y, así, sucesivamente. Como la calidad de la muestra clasificada y el coste adicional de la clasificación dependen de la prevalencia, cada vez que se extraen unos frutos de la muestra original, para clasificarlos en una categoría determinada, varía dicha prevalencia y, por lo tanto, varían la calidad y el coste adicional de la subsiguiente clasificación.

La clasificación se puede realizar utilizando los valores de la variable resistencia máxima al impacto no destructivo (F2 en manzana), que es la que más influye en la discriminación, o una combinación de los valores de las variables más determinantes procedentes del ensayo no destructivo (resistencia máxima, deformaciones máxima y permanente y duración del impacto).

A medida que aumentamos el valor límite necesario de F2 en

manzanas, o los valores de probabilidad obtenidos por combinación de valores de las variables procedentes del ensayo no destructivo, aumenta la calidad de la muestra clasificada y el coste adicional que supone esta clasificación. La calidad tiende a la ausencia total de frutos harinosos o lanosos ($Q=0$; 0% de harinosos) y el coste adicional tiende a infinito. A medida que disminuyen estos valores, disminuyen la calidad y el coste adicional, el coste tiende a cero y la calidad, al valor complementario de la prevalencia ($Q=1-Pr$; porcentaje inicial de harinosos).

Los resultados obtenidos nos indican que un valor mínimo de F2 de 16 N nos asegura una ausencia total de harinosidad en la variedad Golden Delicious, mientras que este valor límite es de 19 N en la variedad Top Red. De cualquier forma, estos valores límite pueden descender hasta los 13 N y 18,5 N, respectivamente, si estamos seguros de que la muestra original tiene la suficiente variabilidad. Si el mercado de destino no es tan exigente y con la permisón de un 10% de frutos harinosos, estos valores podrían descender hasta los 14 N para las manzanas Golden y hasta los 18 N para las Top Red. En las manzanas Starking no se consiguió la ausencia total de frutos harinosos en la muestra clasificada.

Utilizando las cuatro variables procedentes del ensayo no destructivo, la clasificación mejora, aunque lo hace de forma leve.

El coste de la clasificación es asumible en todos los casos.

Conclusiones

Es posible caracterizar la harinosidad de las manzanas por métodos no destructivos. Todas las variedades estudiadas, excepto la Granny Smith, desarrollan harinosidad en las condiciones de frigoconservación del ensayo y hay una diferente susceptibilidad al desarrollo de esta fisiopatía para cada variedad. Las propiedades físicas medidas en el análisis sensorial están relacionadas direc-

tamente con la harinosidad.

Existe relación entre las variables físicas del ensayo de impacto y la harinosidad y ésta es mayor en las variedades más susceptibles al desarrollo de la harinosidad. Es posible clasificar los frutos en aptos o desechables para el consumo, según su grado de harinosidad, mediante un análisis sensorial y, de la misma forma, se puede realizar la clasificación utilizando los valores obtenidos en el ensayo de impacto.

El método de clasificación funciona correctamente en todos los casos, porque el porcentaje de frutos harinosos de la muestra decrece siempre después de la clasificación. Este decrecimiento es mayor cuando hay mucha variabilidad en la muestra de frutos.

Sólo con el análisis mediante pruebas diagnósticas podemos asegurar la separación de muestras exentas de harinosidad o con un máximo porcentaje de frutos harinosos y además hacer clasificaciones sucesivas en varias categorías, caracterizadas por un porcentaje máximo permitido de frutos harinosos.

Bibliografía

- Cheng, P.; Tang, S. y Chen, S. (1985) Instrument for testing the response of fruit to impact force. *Trans. of the ASAE* 30(1): 249-254.
- Gómez de la Cámara, A. (1998). Caracterización de las pruebas diagnósticas. *Medicine* 7 (104): 4872 - 4877
- Hautus, M.J. and Irwin, R.J. (1995). Two models for estimating the discriminability of food and beverages. *Journal of Sensory Studies*; 10 (2) 203 - 215
- Jarén, C. y Ruiz Altisent, M. (1996) Effect of impacting radius of curvature on firmness sensing of fruits in a sorting system. *Ag. Eng.* 96, paper 96 F-011. Madrid
- Stillman, J.A. and Irwin, R.J. (1996) Advantages of the same-different method over the triangular method for the measurement of taste discrimination. *Journal of Sensory Studies*; 10 (3) 261 - 272