

IDENTIFICACIÓN DE MELOCOTONES LANOSOS MEDIANTE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS DE IMPACTO Y ESPECTROSCOPIA EN EL INFRARROJO CERCANO

C. Ortiz, P. Barreiro, E. Correa,
M. Ruiz-Altisent
Dpto. de Ingeniería Rural, E.T.S.I.A.
Univ. Politécnica de Madrid. España

F. Riquelme
Centro de Edafología y Biología Aplicada al
Segura. CSIC.
Murcia España

Abstract

Non destructive identification of woolly peaches using low energy impact and NIR procedures

270 Maycrest peaches from 3 ripeness stages at harvest, stored during 0, 1, 2, 3 and 4 weeks at 1°C and 5°C, were tested by non-destructive techniques (non-destructive impact and near infrared spectroscopy) in order to assess woolliness (mealiness in peaches). Destructive mechanical tests (Magness-Taylor, confined compression and shear rupture) were used as a reference method to identify woolly fruits. Non-destructive impact data was processed by discriminant analysis to segregate into 2 texture categories (CFD and NCFB). In the same way, discriminant analysis techniques were used to classify into 3 juicy categories (low juicy, medium juicy and high juicy), according to the near infrared second derivative curve. Combining non-destructive impact and near infrared spectroscopy, non crispy, non firm and soft fruit from the low juicy group were classified as woolly. The percentage of well classified was 86,5%. The features obtained about the experimental factors by destructive procedures were confirmed with the non-destructive procedure, woolly fruit mainly appears after 2 weeks of storage at 5°C.

Resumen

270 melocotones de la variedad Maycrest pertenecientes a 3 estados de madurez en recolección y almacenados 0, 1, 2, 3 y 4 semanas a 1°C y 5°C, fueron ensayados mediante técnicas no destructivas (impacto no destructivo y espectroscopía en el infrarrojo cercano) con la finalidad de estimar la lanosidad (harinosidad en melocotón). Como referencia del grado de lanosidad de cada fruto se empleó procedimientos mecánicos destructivos (Magness-Taylor, compresión confinada y esfuerzo cortante). Los datos de impacto no destructivo se procesaron mediante análisis discriminante segregando los melocotones en 2 categorías de textura (crujientes, firmes y duros, y no crujientes, no firmes y blandos). De la misma manera, los melocotones fueron clasificados en 3 categorías de jugosidad de acuerdo con los valores de la segunda derivada de la curva de infrarrojo (de jugosidad alta, de jugosidad media y de jugosidad baja). Combinando los resultados de impacto e infrarrojo, la fruta no crujiente, no firme y blanda, clasificada como de jugosidad baja, fue identificada como lanosa. El porcentaje de bien clasificados es del 86,5%. Las conclusiones extraídas anteriormente por medio de ensayos destructivos, en relación con el efecto de los factores experimentales, han sido confirmadas con los procedimientos no destructivos aquí presentados: los melocotones lanosos aparecen principalmente a partir de las 2 semanas de almacenamiento a 5°C.

1. Introducción

La harinosidad es un atributo de textura sensorial negativo, consecuencia de un desorden fisiológico de los tejidos asociado a un almacenamiento frigorífico inadecuado. Se caracteriza por la ausencia de jugosidad sin variación del contenido total de agua respecto a los tejidos normales (Harker y Hallet, 1992). En los melocotones la harinosidad se conoce como harinosidad ("woolliness").

Hasta el momento han sido desarrollados procedimientos destructivos para la identificación de frutos lanosos (Ortiz et al 1998). Se han establecido asimismo procedimientos no destructivos aplicando resonancia magnética nuclear (Barreiro et al. 1998). Sin embargo, esta técnica, debido al elevado coste, resulta poco operativa.

El objetivo de este trabajo es la creación de un procedimiento no destructivo para la identificación de melocotones lanosos mediante técnicas de impacto y de espectroscopía en el infrarrojo cercano (espectrofotometría NIR).

2. Material y Métodos

Se han empleado en este estudio melocotones tempranos de carne blanda correspondientes a la variedad cv. Maycrest, seleccionados por expertos del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS, Murcia) clasificándolos en 3 estados de madurez y almacenándolos en cámara a 1°C y 5°C, períodos de 0 semanas, 1, 2, 3 y 4 semanas. El total de frutos empleados en este estudio fue de 270.

2.1. Ensayos no destructivos

2.1.1 Espectrofotometría NIR

Se tomó un espectro en la cara opuesta a la chapa de cada fruto (900-1500 nm, incremento de longitud de onda de 10 nm) con un espectrofotómetro Optical Spectrum Analyser (OSA) 6602. La fuente de luz consistía en una lámpara halógena de filamento de tungsteno de 12V/100W. Las curvas de infrarrojo fueron procesadas, obteniéndose el valor de reflexión relativa a intervalos de 10 nm.

2.1.2. Impacto no destructivo

Llevado a cabo sobre la cara de la chapa de cada melocotón, donde se medían posteriormente los parámetros mecánicos destructivos. El test de impacto se realizó mediante un impactador desarrollado por Chen et al. en 1985. Las curvas de impacto se procesaron, obteniéndose las variables: fuerza máxima de impacto (N), deformación máxima (mm), duración del impacto (ms), energía absorbida (J), energía máxima (J) y deformación permanente (mm).

2.2. Ensayos destructivos

Los ensayos mecánicos se llevaron a cabo con un aparato universal de ensayos mecánicos, en torno a la cara de la chapa del melocotón.

2.2.1. Penetración Magness-Taylor

El ensayo normalizado de penetración Magness-Taylor, con un vástago de 8 mm. La velocidad de aplicación fue de 20 mm/min. Se registró la fuerza máxima de penetración (N), tomada como el parámetro de firmeza de referencia.

2.2.2. Carga descarga en compresión sobre probeta confinada

Realizado sobre probetas de 14 mm de alto por 14 mm de diámetro (Ortiz et al. 1998). Se midió el ratio fuerza/deformación, N/mm (tomado como el parámetro de dureza de referencia) y el área de jugo recogida en un papel de filtro, situado debajo de la probeta en el momento de aplicación de la carga, mm² (considerada como el parámetro de jugosidad de referencia).

2.2.3. Rotura de probetas a esfuerzo cortante

Se empleó un dispositivo diseñado por Jarén y Ruiz-Altisent en 1992 (Ortiz et al. 1998). Se realizó una repetición por fruto y se registró la fuerza máxima, N, tomada como el parámetro de crujiencia de referencia.

Además se realizó la medición de: peso, sólidos solubles y acidez total.

3. Resultados

3.1. Identificación de lanosos mediante el método destructivo de referencia

La identificación de los frutos lanosos se realizó mediante el procedimiento destructivo propuesto por Ortiz et al. en 1998. Este procedimiento se basa en la combinación de las medidas instrumentales de firmeza (N), crujiencia (N), dureza (N/mm) y jugosidad (mm²), obtenidas en los ensayos mecánicos. Se realiza una primera agrupación en 1) crujiencia, firmes y duros (CFD) y 2) no crujiencia, no firmes y blandos (NCFB). Y posteriormente se realiza dentro del grupo NCFB una clasificación en 3 categorías de jugosidad, alta jugosidad (AJ), media jugosidad (MJ) y baja jugosidad (BJ). Los frutos con bajos valores instrumentales de firmeza, dureza y crujiencia, y baja jugosidad se identifican como lanosos.

3.2. Estudio de las características texturales a través del ensayo de impacto no destructivo

Las variables de impacto fuerza máxima (FMAX) y deformación máxima (DMAX) presentan correlación con los parámetros de textura correspondientes a los ensayos mecánicos, mayor en el caso de las variables tomadas en la cara de la chapa. Sin embargo, presentan baja correlación con la jugosidad (JUICE, mm²), Tabla 1.

Mediante análisis discriminante se clasificaron los frutos en los dos grupos de referencia (CFD y NCFB) según los parámetros del impacto no destructivo. De los 140 frutos clasificados como crujiencia 115 corresponden a individuos bien clasificados y 25 a individuos mal clasificados. De los 154 no crujiencia 127 corresponden a individuos bien clasificados y 27 a individuos mal clasificados. El porcentaje total de aciertos es de 82,3%.

3.3. Estudio de la jugosidad a través de las curvas espectrales en el infrarrojo cercano

Al estudiar las curvas espectrales y sus derivadas, se comprobó como las segundas derivadas en determinados puntos del espectro presentaban cierta correlación con el parámetro de jugosidad destructiva (Tabla 1). Siendo en todos estos casos mayor su correlación con el parámetro de jugosidad que con los parámetros mecánicos. Nuevamente mediante análisis discriminante, se seleccionaron 9 variables correspondientes a las segundas derivadas en diferentes posiciones del espectro en el rango 900-1400 nm, clasificando los frutos en las 3 categorías de jugosidad.

El procedimiento no destructivo clasifica menos frutos como de jugosidad baja, 29 frutos pertenecían al grupo de los de jugosidad baja y no fueron clasificados como tales. Sin

embargo solo 6 frutos fueron clasificados como de jugosidad alta siendo de jugosidad baja. El porcentaje total de aciertos es de 65,99 %.

3.4. Clasificación de los melocotones lanosos combinando ambos procedimientos no destructivos

De acuerdo con las características de los frutos lanosos (no crujientes, no firmes, blandos y poco jugosos) se establece el procedimiento no destructivo de identificación. Los melocotones clasificados por impacto como CFD y por espectroscopía infrarroja como BJ se identifican como frutos lanosos. El nivel de aciertos según esta clasificación es de 85,2%, comparando la clasificación con la referencia (230 aciertos sobre 270).

En la Tabla 2 se compara la clasificación de referencia y la clasificación no destructiva, para las categorías extremas. Los errores se cometen principalmente en los frutos almacenados más de 2 semanas, 27 frutos de 180 son clasificados como lanosos sin serlo (comparación de la columna 4 frente a la 3 y de la 8 frente a la 9). Estos errores se cometen con los frutos que pertenecen al grupo de los almacenados a 1°C en un 77,7 % de los casos. Sin embargo muy pocos frutos son considerados crujientes sin serlo (comparación de la columna 2 frente a 1 y de la 6 frente a la 5), a partir de 2 semanas de almacenamiento, solo 8 frutos de 180. Por otro lado, solo 5 frutos lanosos, no se clasifican como tales según el procedimiento no destructivo (de la columna 7 que no aparecen en la 8). De estos 5 frutos, ninguno está clasificado como lanoso según el análisis sensorial de un experto (columna 7).

Los melocotones lanosos aparecen principalmente después de 2 semanas a 5°C. La Figura 1 muestra la coincidencia en la clasificación de los frutos en las categorías extremas, CFD y lanosos, a lo largo del almacenamiento.

4. Discusión

La mayor parte de los frutos clasificados como lanosos sin serlo, corresponde a melocotones pasados. Si se empleara este procedimiento para distinguir los frutos lanosos se estarían retirando melocotones lanosos y erróneamente melocotones en mal estado, tampoco aptos para el consumo. Por otro lado, todos los frutos lanosos son identificados como lanosos con el procedimiento no destructivo, salvo en 5 ocasiones. El método no destructivo es más restrictivo que el método destructivo.

Es necesario señalar como el procedimiento no destructivo se ha desarrollado sobre la base de una referencia destructiva que comete errores al compararla con el análisis sensorial de un panel de catadores expertos. Queda pendiente una posible validación del modelo no destructivo con la referencia sensorial de un panel de catadores expertos.

5. Agradecimientos

Al proyecto europeo FAIR CT0302: "Mealiness in fruits: consumers perception and means for detection".

6. Referencias bibliográficas

Barreiro, P; J. Ruiz-Cabello; M.E. Fernández-Valle; C. Ortiz; M. Ruiz-Altisent; 1998. Mealiness assessment in apples using MRI (Magnetic Resonance Imaging) techniques. Magnetic Resonance Imaging. Vol. 17, nº 1

Chen, P., and M. Ruiz-Altisent. 1996. A low-mass impact sensor for high-speed firmness sensing of fruits. AGENG 96, Paper 96F-003Madrid.

Harket F.R. and I.C. Hallett. 1992. Physiological changes associated with development of mealiness of apple during storage. *HorScience* 27: 1291-1294

Ortiz C.; P. Barreiro ; M. Ruiz-Altisent M ; F. Riquelme. 1998. Woolliness assessment in peaches. Comparison between human and instrumental procedures and results. Proceedings of From Sensors to Decision Support System in Agriculture, Food Industry and Environment. Edited by Veronique Bellon-Murel, CEMAGREF Editions, ISBN 2-85362-499-4

Tabla 1. Matriz de correlación entre las variables de color (L, a, b), el peso (PINI), el contenido en sólidos solubles (AZ), la acidez total (AC), la jugosidad instrumental (JUICE), la firmeza Magness-Taylor (MAF), la dureza instrumental (CFD) y la crujientez instrumental (SF), con las variables obtenidas mediante impacto no destructivo, sobre la cara coloreada: fuerza máxima de impacto (FMAX), deformación máxima (DMAX), deformación permanente (DPER), energía absorbida (EABS) y duración del impacto (DUR), y las segundas derivadas en las longitudes de onda indicadas de las curvas de infrarrojo.

| | L | a | b | pini | AZ | AC | JUICE | MAF | CFD | SF |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Impacto no destructivo | | | | | | | | | | |
| FMAX (N) | 0,08 | -0,43 | 0,08 | 0,20 | 0,02 | 0,63 | 0,33 | 0,81 | 0,64 | 0,75 |
| DMAX (mm) | -0,10 | 0,40 | -0,09 | -0,15 | 0,01 | -0,49 | -0,26 | -0,71 | -0,53 | -0,66 |
| DPER (mm) | -0,02 | -0,02 | -0,02 | 0,58 | 0,21 | 0,01 | -0,17 | 0,06 | -0,05 | 0,07 |
| EABS (J) | -0,10 | -0,11 | -0,11 | 0,10 | -0,14 | 0,11 | 0,23 | 0,19 | 0,27 | 0,18 |
| DUR (ms) | -0,04 | 0,14 | -0,04 | -0,61 | -0,22 | -0,18 | 0,11 | -0,29 | -0,10 | -0,28 |
| Espectroscopía NIR | | | | | | | | | | |
| 950nm | -0,08 | -0,22 | -0,07 | 0,01 | -0,09 | 0,31 | 0,42 | 0,17 | 0,20 | 0,19 |
| 970nm | 0,00 | 0,39 | -0,03 | 0,05 | 0,13 | -0,23 | -0,41 | -0,14 | -0,20 | -0,12 |
| 980nm | -0,02 | -0,41 | 0,00 | 0,03 | -0,13 | 0,36 | 0,41 | 0,32 | 0,26 | 0,29 |
| 1130nm | -0,02 | -0,44 | 0,00 | 0,08 | -0,20 | 0,27 | 0,55 | 0,21 | 0,23 | 0,25 |
| 1150nm | -0,02 | 0,53 | -0,05 | -0,09 | 0,19 | -0,36 | -0,56 | -0,34 | -0,27 | -0,35 |
| 1160nm | 0,01 | 0,47 | -0,04 | 0,01 | 0,22 | -0,29 | 0,55 | -0,17 | -0,26 | -0,18 |
| 1380nm | 0,01 | -0,33 | 0,04 | -0,04 | -0,22 | 0,25 | 0,45 | 0,14 | 0,22 | 0,14 |

Tabla 2. Clasificación de los melocotones en las dos categorías extremas (crujientes, firmes y duros, y lanosos) para las dos temperaturas (1°C y 5°C), según el tiempo de almacenamiento y el estado de madurez. Las columnas 1, 3, 5 y 7 corresponden a la clasificación de referencia, el número entre paréntesis de las columnas 3' y 7' corresponden al análisis sensorial de un experto, y las columnas en negrita 2, 4, 6 y 8 a la clasificación no destructiva. Cada pareja de columnas 1-2, 3-4, 5-6 y 7-8 corresponden a los mismos melocotones clasificados según la referencia y según el procedimiento no destructivo.

| Almacenamiento | 1°C | | | | 5°C | | | | |
|----------------|---------|----------------------------|-----------|---------|----------------------------|----|-----------|--------|-----------|
| | Madurez | Crujientes, firmes y duros | | Lanosos | Crujientes, firmes y duros | | Lanosos | | |
| Nº de columna | | 1 | 2 | 3(3') | 4 | 5 | 6 | 7(7') | 8 |
| 0 semanas | Baja | 10 | 10 | 0(0) | 0 | 10 | 10 | 0(0) | 0 |
| | Media | 7 | 8 | 0(0) | 0 | 7 | 8 | 0(0) | 0 |
| | Alta | 6 | 8 | 0(0) | 0 | 6 | 8 | 1(0) | 0 |
| 1 semana | Baja | 8 | 8 | 0(0) | 2 | 9 | 10 | 1(0) | 0 |
| | Media | 8 | 7 | 0(0) | 1 | 7 | 7 | 0(0) | 2 |
| | Alta | 5 | 7 | 0(0) | 1 | 6 | 5 | 0(0) | 1 |
| 2 semanas | Baja | 9 | 8 | 0(0) | 0 | 6 | 6 | 3(1) | 3 |
| | Media | 8 | 3 | 0(0) | 1 | 1 | 4 | 4(3) | 3 |
| | Alta | 8 | 5 | 0(0) | 1 | 0 | 0 | 1(2) | 2 |
| 3 semanas | Baja | 9 | 9 | 0(0) | 1 | 0 | 0 | 7(3) | 9 |
| | Media | 6 | 3 | 0(1) | 6 | 0 | 1 | 8(6) | 6 |
| | Alta | 7 | 4 | 0(0) | 4 | 0 | 1 | 8(8) | 8 |
| 4 semanas | Baja | 4 | 6 | 0(0) | 3 | 0 | 0 | 8(9) | 10 |
| | Media | 3 | 4 | 0(0) | 3 | 0 | 0 | 9(9) | 10 |
| | Alta | 5 | 4 | 1(0) | 3 | 0 | 0 | 10(10) | 10 |

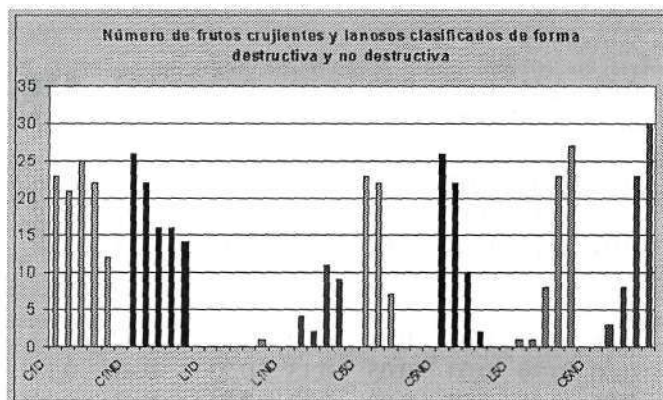


Figura 1. Número de frutos crujientes y lanosos, clasificados de forma destructiva (colores claros) y no destructiva (colores oscuros), para las dos temperaturas de almacenamiento (0°C y 5°C) y para los 5 períodos de almacenamiento, 0, 1, 2, 3 y 4 semanas representados con el mismo color de forma correlativa. C1D= crujientes a 1°C según referencia destructiva, C1ND= crujientes a 1°C según procedimiento no destructivo, L1D= lanosos a 1°C según referencia destructiva, L1ND= lanosos a 1°C según procedimiento no destructivo, C5D= crujientes a 5°C según referencia destructiva, C5ND= lanosos a 5°C según procedimiento no destructivo, L5D= lanosos a 5°C según referencia destructiva, L5ND= lanosos a 5°C según procedimiento no destructivo.