

MEDIDA DE COLOR POR ABSORCIÓN Y POR REFLEXIÓN EN PIMIENTO SECADO CON ENERGÍA SOLAR* *

R. Echazú, M. Quiroga, G. Durán, F. Altobelli, A. Acevedo[#]
INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: echazu@inenco.net

RESUMEN: Se diseñaron y construyeron dos instrumentos de bajo costo para la medida de color de pimiento (*Capsicum annuum*) por reflexión directamente en la planta y por absorción en pimentón seco. Las medidas de absorbancia a 462 nm de pimentón secado por energía solar son comparadas a las determinaciones por el método ASTA. Las medidas de reflectancia se contrastaron con un espectrorradiómetro LI-Cor 1800 y un espectrofotómetro Newport OSM 100. Las mediciones preliminares que se realizaron permitieron establecer que los equipos miden con precisión suficiente para el uso propuesto.

Palabras clave: grados asta, pimentón, colorímetro. LED

INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento para pimentón es una de las principales actividades económicas del valle Calchaquí que se extiende al oeste de las provincias de Salta, Tucumán y Catamarca, en el noroeste argentino. La superficie cultivada es de 2000 a 2500 tareas con rendimientos de 1200 a 1500 Kg/Ha. Maggi, (2010)

Este cultivo está a cargo de pequeños productores, los que cosechan y secan artesanalmente los frutos, para luego entregarlos a intermediarios o acopiadores para su molienda y comercialización.

El fruto se cosecha ya rojo o cuando su color está virando del verde al rojo y se coloca en el suelo donde completa la maduración y permanece 15 días o más, hasta que se seca y se pasa a la molienda. Esta técnica se conoce como secado “en cancha” y el producto que se obtiene es de baja calidad por la pérdida de color debida a la exposición prolongada a la radiación solar y por la inevitable contaminación.

Se ha propuesto el uso de energía solar para el secado y a presente se encuentran en operación dos sistemas activos en el pueblo de San Carlos cerca de Cafayate, Salta. Como una parte de las acciones tendientes a la mejora de la calidad, se ha diseñado un equipo de campo para la medida de color del producto ya molido, que se basa en una simplificación del método ASTA.

Puesto que el grado de maduración, es un importante factor que determina el color del producto final, también se diseñó y ensayó un colorímetro de reflexión para medir en el campo el color de los frutos.

En este trabajo se describe el diseño, ajustes y calibración de estos instrumentos.

COLORÍMETRO DE ABSORCIÓN

El instrumento

Para la medida del color del pimentón seco, se ha construido y ensayado un colorímetro de absorción, mejorando un diseño anterior. En el equipo descrito por los autores el año pasado, (Echazú et. al., 2010), el monocromador empleaba como red de difracción un disco compacto. El estudiado al presente utiliza un LED de color azul, con lo cual se simplificó la construcción.

Para la determinación del color, se disuelve en acetona el material molido y se mide la absorción de luz en 462 nm. Se mide de igual manera la absorción de una muestra del mismo volumen de acetona pura y se calcula la transmitancia como el cociente entre estos dos valores.

El método que se propone es una versión simplificada del ASTA (ASTA, 2003) ya que no tiene en cuenta el peso de la

* Parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

[#]Secretaría de Desarrollo Rural y Agricultura Familiar

muestra ni la calibración con un filtro standard.

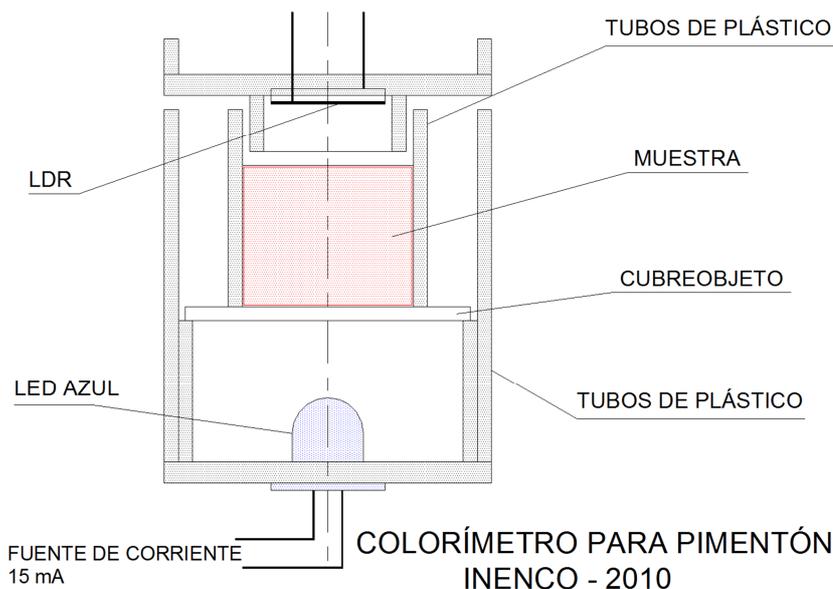


Figura 1: Corte del colorímetro de absorción.

En la figura 1 se muestra en corte, un esquema del colorímetro diseñado. La fuente luminosa está compuesta por un LED azul, con pico espectral en 462 nm y ancho de banda efectivo de 24 nm, alimentado con una corriente de aproximadamente 15 mA, mediante dos pilas de 1,5 V en serie y un preset de 100 Ohms para el ajuste.

La cubeta se construyó con un cubreobjeto de microscopio, pegado con adhesivo epoxi a un tubo de polipropileno negro.

Se emplea como sensor luminoso un LDR de SCd con pico espectral de 550 nm con resistencia de 9,0 KOhm con iluminación de 10 lux y 6 Mohm en oscuridad. (G.M. Electrónica, 2011)

Para el montaje se emplearon piezas de polipropileno negro: placas planas, para el sensor y los LED, pegadas con adhesivo al metacrilato a tubos del mismo material. Los tubos concéntricos forman una cámara que impide el ingreso de luz del ambiente.

La medición

Para las primeras medidas con el instrumento, se usó como referencia pimentón seco y molido proveniente del secador solar de la Cooperativa de San Carlos, con color medido mediante el método ASTA. (Echazú et al, 2010)

A partir de una solución en acetona de este material, se prepararon por dilución las muestras de menor concentración. La muestra número 1 es la solución original y la 5 acetona pura. En la primera columna de la tabla 1 se identifican las muestras y en la segunda columna el correspondiente color en grados ASTA, calculado a partir de la dilución.

Se llenó la cubeta gota a gota con la solución hasta una altura de 10 mm, que es el valor fijado de camino óptico, igual al empleado en el método ASTA. Con el LED encendido se midió la resistencia del LDR, correspondiente a cada muestra y se representaron los valores en la tercera columna de la tabla.

Muestra	ASTA	Resistencia	Transmitancia	Absorbancia
1	210	3,726	0,284	0,547
2	157	3,078	0,408	0,389
3	105	2,309	0,544	0,264
4	52	1,645	0,764	0,117
5	0	1,256	1,000	0

Tabla 1: Medidas de absorbancia a 462 nm de muestras de color ASTA ya conocido.

La relación entre la resistencia R y la iluminación, está representada por: $R = A \cdot E^{-\alpha}$ donde E es el flujo luminoso expresado en lux y alfa tiene un valor cercano 0,8. Con esta expresión y las especificaciones del fabricante del sensor empleado, se calculó el flujo luminoso correspondiente a cada lectura. Luego se obtuvo la transmitancia como el cociente

entre cada valor y el de la referencia de acetona pura y se representó el resultado en la cuarta columna de la tabla. Thomas M. (1996)

Por último se calculó la absorbancia como: $A = -\log(T)$ Los valores obtenidos se leen en la quinta columna. Olsen E., (1986)

Los valores de absorbancia de la serie son proporcionales a los grados ASTA, por lo que pueden considerarse un indicador válido del color.

COLORÍMETRO DE REFLEXIÓN

El grado de maduración del pimiento es un importante factor que determina su color y el color determina el valor comercial. Puesto que la observación visual resulta insuficiente, se ha considerado importante contar con parámetros objetivos como la medida directa del color por reflexión. Anteriormente se ha aplicado colorimetría de reflexión para el pimentón seco y molido Mc Guire, (1992), Navarro F. Cosa J. (1993). En este caso, como se trata de seguir el avance de la maduración del fruto en la planta, el instrumento a emplear debe ser forzosamente portátil, por lo que se diseñó un colorímetro especial para este uso.

Se determinó previamente la reflectancia espectral de pimientos con distinto grado de maduración, con esfera integradora y espectrorradiómetro LI-COR 1800, como se muestra en las figuras 2 y 3. Las medidas se hicieron en laboratorio con plantas de invernadero y los resultados se muestran en la figura 4.



Figura 2: Medida de reflectancia con esfera integradora.

Figura 3: Pimientos con diferente avance de la maduración.

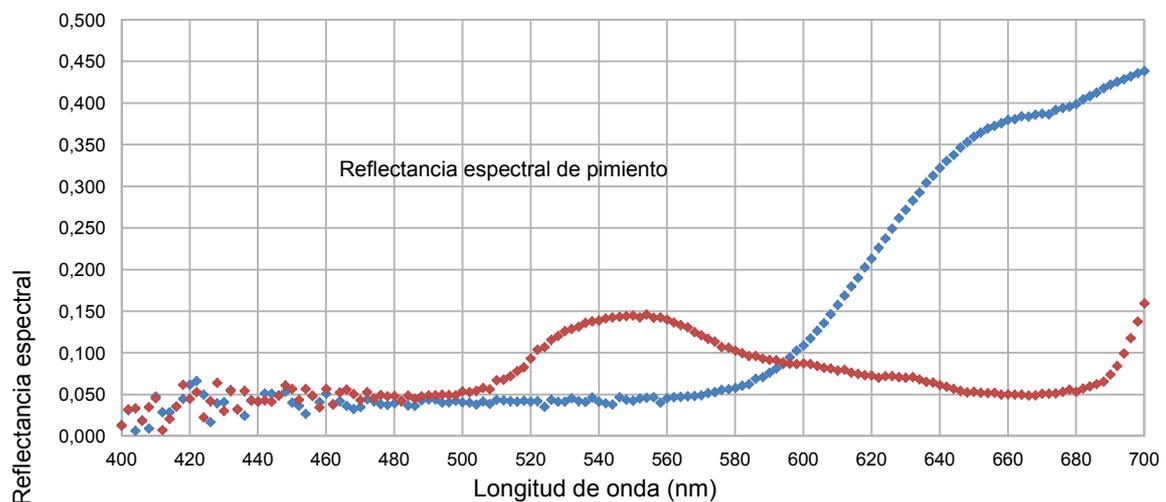


Figura 4: Reflectancia espectral de un pimiento verde y uno maduro medidas con LI 1800 y esfera integradora.

La reflectancia del fruto verde muestra un pico en 550 nm, mientras que el maduro da una reflectancia menor en esa longitud de onda, debido a que con la maduración disminuye el contenido de clorofila.

Como es de esperar, la reflectancia en rojo es significativamente mayor para el fruto maduro, ya que a medida que avanza la maduración aumenta el contenido de los pigmentos carotenoides.

Los colorímetros de reflexión miden en forma independiente las componentes RGB (rojo, verde, azul), en este caso, la observación del gráfico pone en evidencia que medir la reflectancia en azul no aportaría información de interés.

De la observación del gráfico se deduce que un indicador del grado de maduración es el incremento de la reflectancia en rojo y otro la disminución de la reflectancia en verde. Un instrumento que considere ambas sería en principio más eficaz, por lo que se diseñó un colorímetro de reflexión que mide cada componente empleando LED rojos y verdes como fuentes luminosas y un LDR como detector.

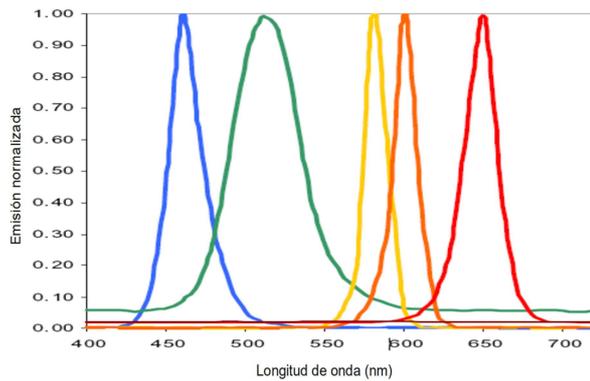


Figura 5: Espectro de los LED normalizados.

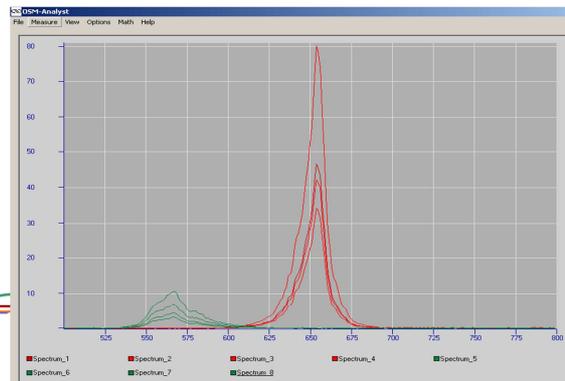


Figura 6: Espectros medidos con diferentes corrientes.

En la figura 5 se muestra el espectro normalizado para los LED empleados en colorimetría CIE, (2009); Lamotte, (2011) El pico espectral del LED rojo normalizado es 630 nm y el del verde 520 nm. Para el equipo estudiado, se usaron LED de bajo costo a los que se les midió el espectro en laboratorio de INENCO.

El flujo luminoso emitido por un LED es aproximadamente proporcional a la corriente. Se midió el espectro visible de un LED rojo y uno verde con un espectrofotómetro Newport OSM 100, en forma sucesiva, alimentándolos con una fuente de corriente controlada. Se fijó la corriente en 12 mA, 15 mA, 18 mA y 21 mA y se obtuvieron los correspondientes espectros de emisión, que se muestran en la figura 6. Se observa que el ancho de banda, aproximadamente 20 nm, es similar al de los LED de referencia. La ubicación de los picos es casi la misma.

Los LED seleccionados se utilizaron para el primer prototipo de instrumento que se describe a continuación.

El instrumento

La fuente luminosa está compuesta por tres LED verdes y tres rojos en dos circuitos independientes con un pulsador cada uno. Cada conjunto está conectado en serie y por medio de 2 preset, se fijó la corriente en 20 mA para los verdes y 10 mA para los rojos para compensar la diferencia en las intensidades luminosas, que se observa en la figura 6.

Los LED se montaron sobre los vértices de un hexágono regular de 9 mm de lado, alternando los rojos y los verdes. En el centro del hexágono se colocó el LDR. Todos los elementos se montaron sobre una placa de polipropileno de color negro mate y se fijaron con adhesivo al metacrilato. Para evitar que los LED iluminen directamente al sensor, se colocó una pieza cilíndrica del mismo plástico alrededor de éste. El conjunto está montado en el interior de un tubo de plástico para evitar la entrada de luz del ambiente, formando una cámara de reflexión.

En la figura 7 se muestra en corte la cámara de reflexión. Se trazaron en rojo y verde los rayos luminosos principales destacando el alto ángulo de incidencia. En la figura 8 se muestran las dimensiones principales.

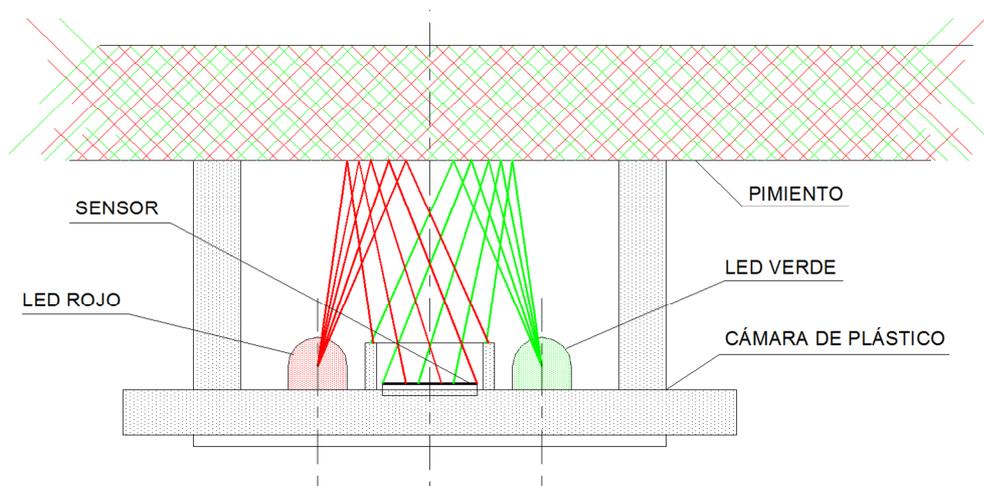


Figura 7: Esquema óptico del colorímetro de reflexión.

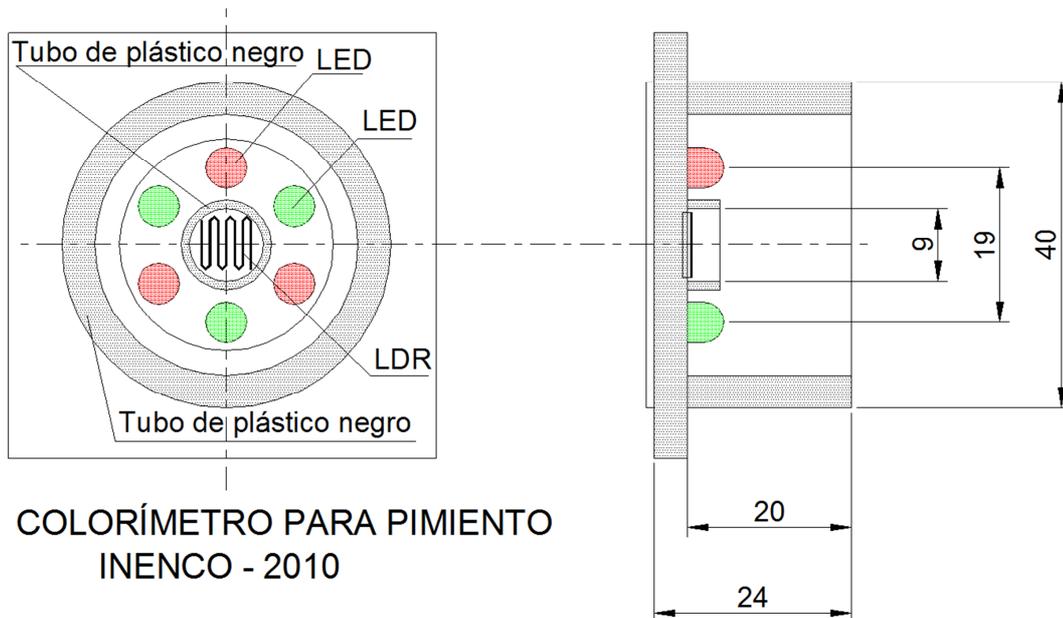


Figura 8: Cámara del colorímetro de reflexión vista en corte.



Figura 9: Detalles del colorímetro: a: cámara de 4 LED, b: medida en laboratorio, c: detalle de la cámara de reflexión.

El instrumento completo está compuesto por la cámara de reflexión y un multímetro digital de 3 cifras. Ambos elementos se montaron en un gabinete de plástico como se muestra en la figura 9 b. La figura 9 a muestra una cámara de reflexión de 4 LED empleada en las pruebas preliminares, que no dio buen resultado.

El multímetro es un Zurich ZR-955 con error menor a 3 % en la escala de resistencias empleada. Mediante dos pulsadores colocados en el frente del gabinete se encienden los LED para las medidas. Las dimensiones aproximadas del instrumento completo son 180 x 95 x 45 mm y su peso 300 gm.

La medición

Para las medidas de reflexión, se enciende el instrumento con el interruptor de la derecha en el frente del gabinete (figura 9 b), se coloca la cámara sobre la superficie del fruto y se pulsa el primer botón para encender los LED rojos. Se registra la lectura del instrumento y se repite para los LED verdes con el segundo botón.

Para las medidas es importante evitar que ingrese luz del ambiente, por lo que la cámara debe tocar la superficie del fruto.

Previo a las medidas, se fijó la escala tomando como referencia para el 100% de reflexión una pastilla de sulfato de bario. (LI-COR, 2008) Iluminada con luz roja la lectura de resistencia del LDR es 19 K. Cuando se ilumina con el LED verde, la resistencia medida es 272 K

Se repitió el procedimiento con una pastilla de negro de humo para obtener el 0 de la escala. Con luz roja la lectura fue de 340 K y con verde 1800 K

Con estos valores se establecieron las escalas de 0 a 100 de reflectancia para cada color. La diferencia entre las dos escalas da cuenta de la diferente sensibilidad del sensor para cada color.

Se presentan los primeros resultados de una serie de medidas en laboratorio. El material es pimiento tipo “Trompa de

elefante” (una selección local de la zona) cultivado en el invernadero de INENCO en Salta, a partir de semillas seleccionadas en San Carlos por los productores de la Cooperativa.

Se eligió de cada planta el fruto mas grande y se comenzó a medir cuando alcanzó los 45 mm de largo.

Se tomó una lectura por día (entre las 18 y 20 hs) con temperatura del laboratorio entre 17 y 22 °C. Se muestra en los gráficos la evolución de las reflectancias y su cociente. En las figuras 10 y 11 se presentan resultados correspondientes a la primera floración de dos plantas similares. La figura 12 muestra las medidas de un pimiento de la segunda floración.

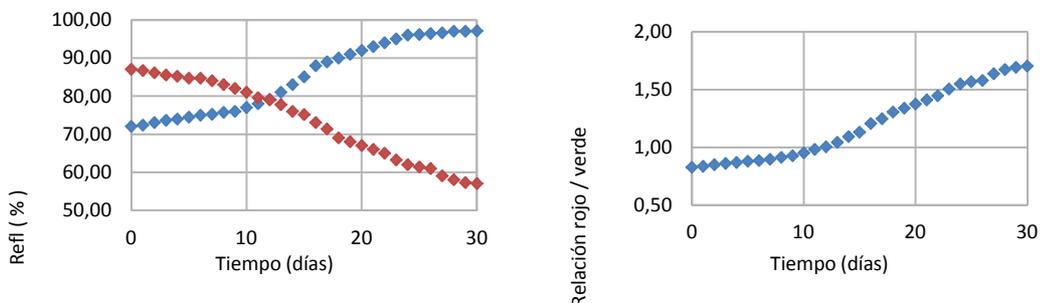


Figura 10: Reflectancia rojo – verde y relación R/V para pimiento “Trompa de elefante “(primera floración) Planta 1

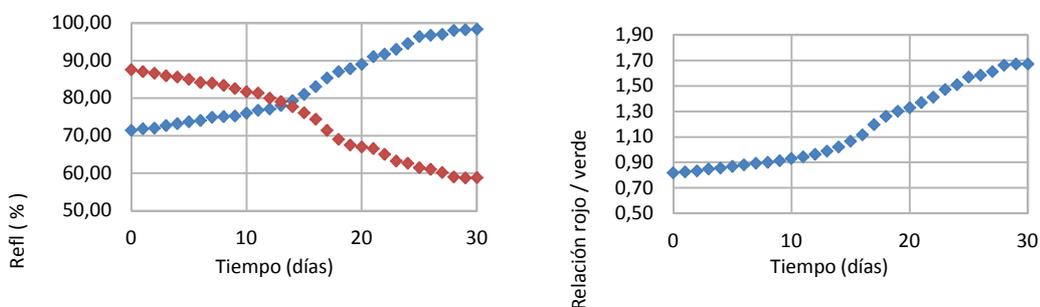


Figura 11: Reflectancia rojo – verde y relación R/V para pimiento “Trompa de elefante “(primera floración) Planta 2

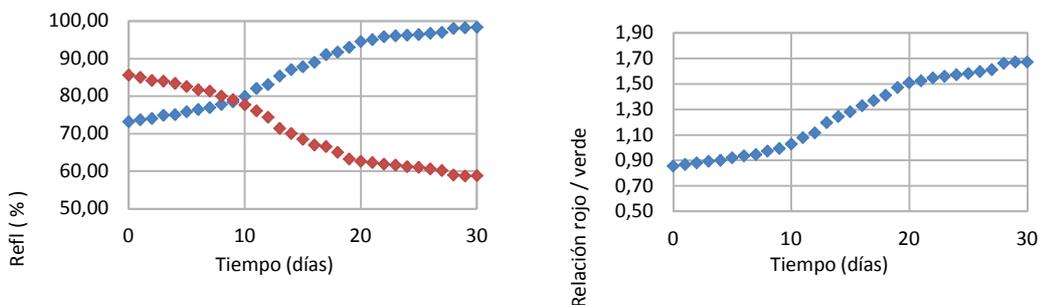


Figura 12: Reflectancia rojo – verde y relación R/V para pimiento “Trompa de elefante “(segunda floración) Planta 1

En todas las corridas, a partir del día 20, la curva R/V comienza aplanarse. Por otra parte, por apreciación visual no hay dudas de que la maduración ya está completa a los 30 días.

En la figura 13 se presentan medidas realizadas en San Carlos con el mismo tipo de pimiento. Lamentablemente no pudo completarse la serie de 30 días, pero se aprecia que el color rojo se comienza a estabilizar a partir de los 20 días del inicio.

El colorímetro muestra la sensibilidad y precisión necesarias para seguir la evolución del color, durante la maduración. Resta comparar los resultados con determinaciones absolutas del contenido de carotenos de las muestras, Ramesh (1999); Mínguez-Mosquera, M. I. et. al. (1993) o bien, medidas con el método ASTA, para establecer un criterio que permita decidir el momento óptimo de cosecha, a partir de la relación R/V.

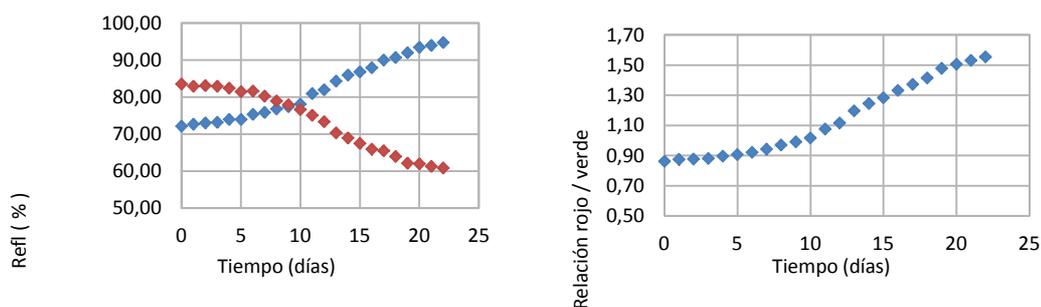


Figura 13: Reflectancia rojo – verde y relación R/V para pimiento “trompa de elefante “ en campo

CONCLUSIONES

Se ha mejorado un instrumento portátil diseñado anteriormente para medir el color de pimentón por absorción mediante una simplificación del método ASTA, que proporciona resultados de menor precisión aunque útiles para la toma de decisiones.

Se ha diseñado y ensayado un colorímetro de reflexión para la determinación del color del pimiento en planta.

Los dos instrumentos se han desarrollado a partir de elementos de muy bajo costo.

REFERENCIAS

- ASTA, (2003) American Spice Trade Association , en www.astaspice.org
- CIE - Commission Internationale de l'Eclairage (2009) en www.cie.co.at/Publications/Standards
- Díaz L., Vilorio de Z A., Arteaga de R. L., (1999). “ Crecimiento Vegetativo del Pimentón en Función de la Densidad de Plantas y Edad del Cultivo” – , Bioagro 11(2):69-73, Caracas.
- Echazú R., M. Quiroga, G. Durán, F. Altobelli (2010), “Medición de color en Pimiento Secado con Energía Solar”, AVERMA, Vol. 14, ISSN 0329-5184
- Espinoza R. Saravia L. et al. (2010) “ Secado solar de productos agroalimentarios en Iberoamérica”, RISSPA del programa CYTED, ISBN 978-987-05-8633-3
- GM Electrónica (2011) en: <http://www.gmelectronica.com.ar>
- Lamotte (2011), lamotte.com/component/option,com_pages/lang,en/mid,/page,215/task,item
- Lincoln Corporation Environment (2008), ”: www.env.licor.com
- Maggi E. (2010) Dirección Nacional de Agroindustrias. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_43/cadenas/Condimentos_Pimiento_pimenton.html
- Mc Guire, R.G., (1992) Reporting of objective color measurement. HortScience 27, 1254-1255
- Mínguez M. I., Jerrén Galán M. and Garrido Fernández J.,(1992) “Color Quality in Paprika Journal of Agricultura and. Food Chemistry.
- Mínguez-Mosquera, M. I. et. al. (1993) effect of processing of paprika on the main carotenes and esterified xantophylls present in the fresh fruit. J. Agric. Food Chem. 41, 2120-2124
- Navarro F. Cosa J., (1993). “ Evaluación del Color de Pimentón por Colorimetría de Triestímulos “ , Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 33(4) p.p. 427-433, Madrid.
- Olsen E., (1986). “ Métodos Ópticos de Análisis “ Ed., Reverté, Barcelona.
- Ramesh, M. N, Wolf W., Tevini D., Jung G. (1999) Studies on inert-gas processing of vegetables. Journal of food engineering. 40, 199-205.
- Thomas M. (1996)“UV and Visible Spectroscopy” Analytical Chemistry by Open Learning , J. Wiley & Sons Greenwich UK.

ABSTRACT:

They were designed and they built two instruments of low cost for the pepper color measure (*Capsicum annuum*) by reflection directly in the plant and by absorption in dry paprika.

Measurements of absorbance at 462 nm of paprika solar drying are compared to those determined by the method ASTA. The reflectance measurements were compared with a LI-Cor 1800 spectroradiometer and a Newport OSM 100 spectrophotometer. Preliminary measurements were conducted established that the instruments measure accurately enough for the intended use.

Keywords: ASTA, colorimeter, paprika, LED