

## **MEDICIÓN DE COLOR EN PIMIENTO SECADO CON ENERGÍA SOLAR\***

**R. Echazú, M. Quiroga, G. Durán, F. Altobelli**  
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 diseñó y construyó un prototipo de instrumento para la determinación en campo del color de pimiento para pimentón secado con energía solar. El equipo de muy bajo costo, se contrastó con un espectrorradiómetro LI-Cor 1800 y un espectrofotómetro Newport OSM 100 para fijar la longitud de onda en 460 nm. Se midió la absorbancia de soluciones en acetona de muestras de color conocido y se compararon las medidas en muestras de pimentón seco con las determinadas por el método standard. Las mediciones permitieron establecer que el equipo mide con precisión suficiente para el uso propuesto.

**Palabras clave:** grados asta, pimentón, colorímetro

### **INTRODUCCIÓN**

El pimiento para pimentón del valle Calchaquí, en el noroeste argentino, se seca tradicionalmente al aire libre por exposición directa al sol. 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 alrededor de 15 días hasta que se seca y se recoge para 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.

Ante esta situación, similar a la de otros productos agrícolas, se ha propuesto el uso de energía solar, en sistemas pasivos para pequeñas producciones, o activos en el caso de cantidades mayores. En el INENCO de Salta, se ha trabajado en el estudio y experimentación de sistemas de secado con aprovechamiento de la energía solar, incluyendo el diseño y construcción de equipos, la integración de estos sistemas con invernaderos, la difusión de resultados y la transferencia a productores y se ha demostrado que esta tecnología permite obtener productos de calidad, reduciendo costos operativos y con un menor impacto ambiental en comparación con los sistemas convencionales. Corvalán R., Horn M. et al. (2006)

Además del proceso de secado ya mencionado, son factores determinantes de la calidad, la elección de la semilla, las labores agrícolas, el riego, la fertilización y todo la cadena productiva. Díaz L. et al. (1999), Ohep (1989), Vargas (2006).

Como indicador de calidad, el índice de color es el parámetro de mayor importancia por lo que resulta de interés su medición en cada etapa del proceso productivo.

Para la determinación de color en pimiento, el método más difundido y aceptado en el comercio internacional, es el de la American Spice Trade Association, basado en la medida de la absorbancia monocromática de una solución en acetona de la muestra. La absorbancia medida a 460 nm se relaciona con el peso de la muestra y con la absorbancia de un patrón, para obtener un índice que se conoce como “grados ASTA”.

Los compradores suelen fijar un umbral inferior de grados ASTA para aceptar el producto y por arriba de ese valor el precio aumenta con él. Las determinaciones se realizan en laboratorios que informan el resultado con tres cifras significativas, aunque suele haber discrepancia considerable entre los resultados de diferentes laboratorios.

Para evaluar el funcionamiento de los métodos de secado, como así también para comparar variedades o criterios de manejo de los cultivos, resulta conveniente contar con medidas directamente en el campo, preferentemente en poco tiempo y con una técnica que permita el manejo de muchas muestras, por lo que se han ensayado diferentes alternativas para la medida del color con elementos de bajo costo.

Este trabajo forma parte de un proyecto a escala regional, tendiente a mejorar la calidad de la producción de pimiento para pimentón en el valle Calchaquí y los primeros resultados de esta experiencia se presentan condensados en las siguientes secciones.

### **EQUIPO EXPERIMENTAL**

Con el objeto de contar con determinaciones en el campo, con instrumental de bajo costo, se diseñó un equipo mínimo con

---

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

una fuente luminosa, un monocromador y un sensor de radiación. Ingle, (1998); Olsen, (1986) ; Thomas, (1996)

Del mismo modo que el empleado para la determinación mediante la técnica ASTA, el método propuesto se basa en la medida de la absorción de luz monocromática (azul), de una solución en acetona del material en estudio. Esta medida se relaciona con la de absorbancia de la misma cantidad de acetona pura, en la misma longitud de onda y se compara con un patrón. En el anexo 1 se detalla la técnica. ASTA (2006)

Al presente no se ha considerado en el cálculo la densidad de la muestra, lo que si tiene en cuenta el método ASTA.

Una versión preliminar de este instrumento fue presentada durante una reunión de la red de secado solar de CYTED. Echazú R. et al. (2006) Al presente se han ensayado diferentes fuentes luminosas, se han mejorado los montajes de las partes del equipo y se han probado diferentes sensores luminosos.

Como fuente luminosa se seleccionó una pequeña lámpara halógena de 12 V 10 W, de tablero de automotor conectada a una fuente de PC.

El monocromador, de construcción artesanal, usa como red de difracción un trozo de 30 x 20 mm de la cara útil de un disco compacto con 630 líneas/mm. Iparraguirre (1995), Outseph (2007)

Como sensores de radiación se emplearon LDR y LED y se contrastaron con el LI-1800. La cubeta para la muestra, también artesanal, se formó con un pedazo de caño de polipropileno negro al que se le pegó un cubreobjeto de microscopio para formar el recipiente cilíndrico.

Se construyó un gabinete con un perfil C de aluminio anodizado negro al que se fijaron los elementos con adhesivo epoxi y al metacrilato. En la figura 1 se muestra un esquema del dispositivo, en dos dibujos similares para mayor claridad. En 1a el dibujo está acotado con las dimensiones aproximadas y en 1b se incorporaron la cubeta y el sensor.

El ángulo beta indicado en la figura corresponde, en forma aproximada al espectro reflejado de primer orden.

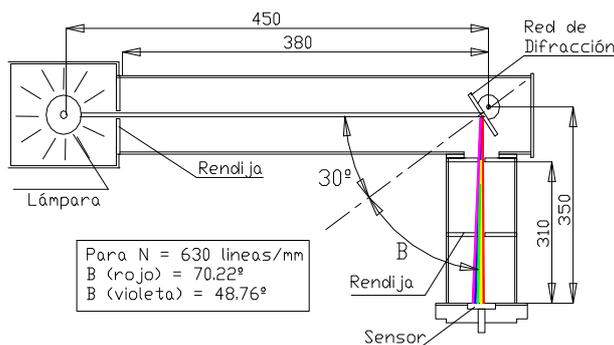


Figura 1a: Esquema del monocromador.

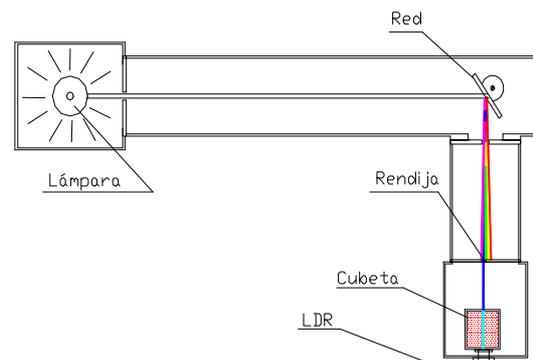


Figura 1b: Esquema del monocromador con la cubeta.



Figura 2a: Detalle: fuente luminosa.



Figura 2b: Detalle: red de difracción y salida del monocromador

La red de difracción se pegó a un trozo de perfil ángulo de aluminio y éste se atornilló al gabinete. En la figura 2 se muestran detalles del montaje,

Para las rendijas de entrada y de salida, se cortaron trozos rectangulares de 30 x 40 mm de plástico negro del sobre de disquetes de 3.5" y se pegaron al gabinete. Se seleccionó una rendija de entrada de aproximadamente 1 mm y se ensayaron sucesivamente rendijas de salida de diferentes anchos. En la figura 3 se muestran 4 fotografías correspondientes a rendijas de 2 mm, de 1,3 mm, de 1,1 mm y de 0,8 mm. Nótese la menor iluminación en la última, que fue la finalmente seleccionada.

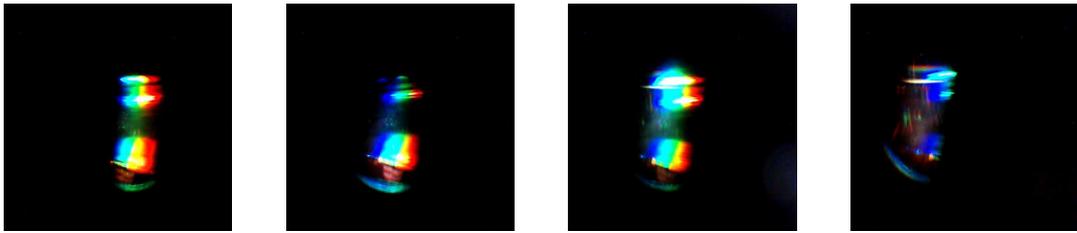


Figura 3: Imágenes obtenidas con diferentes rendijas.

Estas fotos se tomaron con una webcam de 1.3 MPx con foco ajustable, colocada directamente sobre la conexión de salida del monocromador. La cámara Mijuki C-044A se operó con Cheese 2.26.0 para Linux.

### AJUSTE DE LA LONGITUD DE ONDA

A partir de las fotografías digitales, se obtuvo una primera aproximación del espectro de salida. Con Gimp 2.6 para Linux, se seleccionó un sector rectangular del centro de la foto 3c, de aproximadamente 10 x 20 px y se convirtieron las coordenadas RGB de cada punto, de formato hexadecimal a decimal. Se promediaron los valores de cada componente, obteniéndose RGB= (4,33,250) que corresponde aproximadamente a un longitud de onda entre 460 y 480 nm.

Una vez seleccionada la rendija, se rotó la red hasta ajustar la longitud de onda en el valor mas cercano a los 465 nm requeridos, mediante sucesivas medidas con el LI-1800 y Newport.

Cuando se obtuvieron sobre la rendija de salida, los espectros que se muestran en la figura 4, se fijó el montaje de la red con adhesivo al metacrilato.

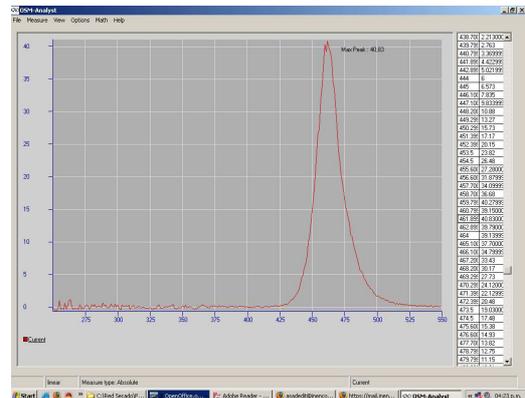
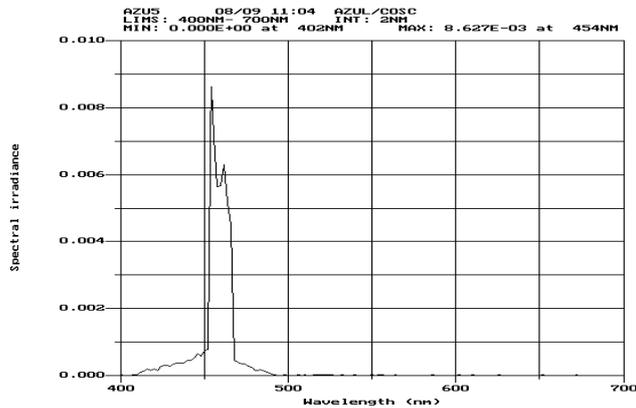


Figura 4a: Espectro medido en la rendija de salida con LI-1800.

Figura 4b: Espectro medido con OSM 100.

El ancho de banda efectivo en forma aproximada es 14 nm para la medida con Li-Cor y 20 nm para el espectro medido con OSM 100.

Entre varios sensores ensayados, se seleccionó un LDR de CdS Silonex NSL4542 por su bajo costo y por tener una respuesta espectral con el pico en una longitud de onda cercana a la requerida.

Las características del LDR son: Pico espectral en 515 nm, resistencia luz 3.5 K Ohm y en oscuridad 0.1 M Ohm. GM Electrónica (2010).

Las medidas se tomaron directamente con la escala de resistencia, en el rango de 1 Mohm de un multímetro digital Zurich ZR-955 con error menor de 3 %

### MEDIDAS PRELIMINARES

A partir de una muestra de material seco y molido, de color previamente determinado por el método ASTA, se preparó una solución en acetona y se midió la absorbancia con diferentes cantidades de solución.

La solución se agregó gota a gota en la cubeta, de modo de obtener diferentes longitudes de camino óptico y se midió el espectro de absorción con OSM 100. La figura 5 muestra de arriba hacia abajo, los espectros medidos para los caminos ópticos que se indican en la tabla 1.

Número espectro	Volumen (mm 3)	Camino óptico (mm)
1	0	0
2	125	0,71
3	250	1,41
4	375	2,12
5	500	2,83
6	625	3,54
7	750	4,24
8	875	4,95

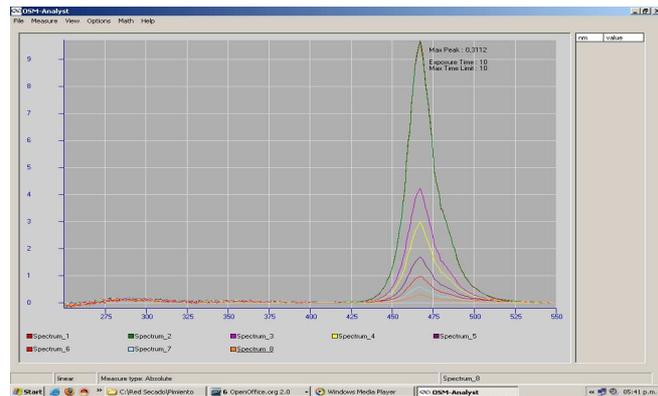


Tabla 1: Volumen y camino óptico para cada muestra

Figura 5: Espectros medidos con diferente camino óptico.

### CONTRASTE CON MÉTODO ASTA

Para el contraste se emplearon muestras de pimiento para pimentón, cosechado en febrero de 2010. En la tabla 2 se indica el origen y características de las muestras provistas por la Cooperativa Agrícola San Carlos. Acevedo, (2009).

En la última columna la medida de grados ASTA de cada muestra, obtenida por el laboratorio del INIQUI.

Muestra	Estado inicial	Origen	ASTA
1	Seco en vaina	Secado en cancha "primera"	149
2	Seco en vaina	Secado en cancha "segunda"	122
3	Fresco	Campo "pintones"	52
4	Fresco	Campo "maduros"	152
5	Seco en vaina	Salida de cancha	148
6	Seco en vaina	Salida del túnel	211

Tabla 2: Muestras de pimiento estudiadas.

Las muestras 3 y 4 se secaron en laboratorio.

Las muestras 3 y 4 corresponden a pimientos cosechados con diferente grado de maduración, elegidos y caracterizados por los productores. Lo mismo para la clasificación en primera y segunda de las muestras 1 y 2.

Las muestras 5 y 6 corresponden a material seleccionado y lavado como tratamientos previos al secado. El primero se secó "en cancha", es decir al aire libre y el segundo en el secador solar.

En otro trabajo presentado en esta reunión se discute la incidencia del método de secado sobre estos resultados. Condorí et. al. (ASADES 2010)

La lectura del instrumento de campo, en ordenadas y la medida por el método ASTA en abscisas, para las 6 muestras, se representa en la figura 6.

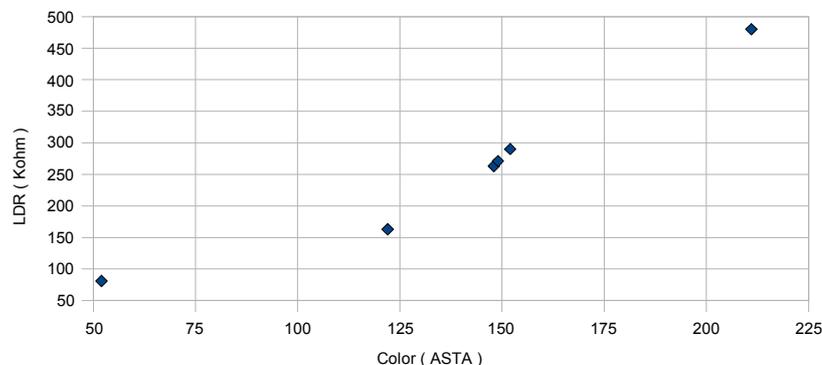


Figura 6: Resistencia medida con LDR en función del valor ASTA para 6 muestras.

El gráfico muestra que para una variación del color ASTA entre 52, un material de baja calidad, y 211, uno de calidad notable, el rango de medida en resistencia permite lecturas con tres cifras significativas entre 100 y 500, lo que es mas que suficiente para el uso propuesto del instrumento.

## CONCLUSIONES

Se ha construido y ensayado un instrumento que aplicando en forma simplificada el método ASTA, proporciona resultados de menor precisión pero útiles para la toma de decisiones. Todo el equipo se ha desarrollado a partir de elementos de bajo costo, si se exceptúan los instrumentos de contraste.

Para una aplicación en campo, que se planea para el verano próximo, resta mejorar algunos ajustes del montaje y repetir las medidas para asegurar validez estadística de los resultados.

Está previsto completar estas tareas en forma conjunta con productores y técnicos de la cooperativa de San Carlos, como inicio de una efectiva transferencia.

**AGRADECIMIENTO:** A Lilian y Norberto del INIQUI por las determinaciones de color por el método ASTA.

## REFERENCIAS

- Acevedo Adrián. (2009). Comunicación personal, San Carlos, Salta  
American Spice Trade Association, (2003) en [www.astaspice.org](http://www.astaspice.org)
- Condori M. durán G. Echazú R., (2010), “Planta industrial de deshidratado solar de San Carlos, Salta” Presentado en ASADES 2010
- Corvalán R., Horn M., Román R. y Saravia L., (2006). “Ingeniería del Secado Solar” Edición del Subprograma VI: Nuevas Fuentes y Conservación de la Energía del Programa CYTED, Ed. – Segunda Edición, ISBN 987-9381-62-9 Salta.
- 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., Saravia L., et al. (2006). “Secado Solar de Pimiento – 4 Determinación de Color en el Pimentón”, En “Seminario de Secado Solar en Salta”. – edición en CD ROM de RISSPA del programa CYTED – ISBN:978-987-9381-81-6
- 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 (2010) en: <http://www.gmelectronica.com.ar>
- Ingle J., Crouch S., (1988). “Spectrochemical Analysis” Prentice Hall Inc, NJ.
- Iparraquirre L., (1995) “Un Espectroscopio Casero de Notable Performance”, Revista de Enseñanza de la Física, Cordoba.
- Larcher W., (1979) “Ecofisiología Vegetal”. Ed. Omega, Barcelona.
- Lincoln Corporation Environment (1999), ”: [www.env.licor.com](http://www.env.licor.com)
- Mínguez M. I., Jerrén Galán M. and Garrido Fernández J.,(1992) “Color Quality in Paprika Journal of Agricultura and. Food Chemistry.
- 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.
- Ouseph P. J., (2007). “CD Rainbows “ The Physics Teacher Vol 45 p.p. 11
- Ohep C. A.; Marcano F. L., (1989). “Relaciones Entre Algunas Propiedades Físicas del Suelo y la Producción del Pimentón” (Capsicum annum L.) Venezuelos 2(1):10-14. Caracas.
- Thomas M. (1996) “UV and Visible Spectroscopy” Analytical Chemistry by Open Learning, J. Wiley & Sons Greenwich UK.
- Vargas Domingo ,(2008) Comunicación personal, San Carlos, Salta
- Zapata M., Bañón S., Cabrera P. (1992). “El Pimiento para Pimentón “ Ed. Mundiprensa, Madrid.

## ABSTRACT:

An inexpensive colorimeter was constructed to determine the extractable color by measuring the absorbance of an acetone extract at 460 nm, of solar dried paprika.

Calibration with Li-Cor 1800 spectroradiometer and Newport OSM 100 spectrophotometer was made to attach the wavelength at 460 nm. Measures shown that the instrument are enough precise.

**Keywords:** ASTA, colorimeter, paprika.

## APENDICE

### ASTA ANALYTICAL METHODS

### METHOD 20.1

#### EXTRACTABLE COLOR IN CAPSICUMS AND THEIR OLEORESINS

Purpose. To determine the extractable color in capsicums and their oleoresins by measuring the absorbance of an acetone extract at 460 nm.

A. Apparatus:

- 1.Spectrophtr. - capable of accurately measuring A. at 460 nm.
- 2.Absorption cells – 1 cm. square matched cells with stoppers.
- 3.Standard glass filter – (Standard reference material 2030 from the National Bureau of Standards)
- 4.Vol. flasks – 100 ml. with ground glass stoppers.

5. Pipettes – transfer – type

B. Reagent:

1. Acetone – reagent grade.

C. Procedure for capsicums:

1. Unground capsicums must be ground to pass 1 mm opening sieve.

2. Accurately weigh 70 to 100 mg. sample and transfer to a 100 ml Vol. flask.

3. Fill to mark with acetone and stopper tightly.

4. Shake the flask and let stand 16 hr. at room temp. in the dark.

5. Shake the flask and allow 2 min. for the particles to settle.

6. Transfer a portion of the ext. to the spectrophtr. cell and measure the A. at 460 nm with an acetone blank.

7. Determine A. of glass filter at 465 nm.

D. Calculations for Capsicums:

$$1. \text{Instrument correction factor} = I_f \quad I_f = \frac{\text{NBS A. at 465 nm}}{\text{Lab. A. at 465 nm}}$$

2. Extractable Color:

$$\text{ASTA Color} = \frac{\text{A. of Acetone ext.} \times 16.4 \times I_f}{\text{Sample weight in gm}}$$