

# Estimación de la actividad acuosa en función de la humedad de la ciruela d'Agen

---

Urfalino D. P., Worlock J. / EEA Rama Caída /  
PNAlyAV 1130032, PRET Desarrollo del Oasis  
Sur de la provincia de Mendoza



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación

## INTRODUCCIÓN

El contenido de humedad de un alimento es toda el agua en forma global y está compuesta por dos formas y estados energéticos; “agua ligada” y “agua libre” las cuales poseen distintas propiedades. El agua ligada no se congela a  $-20^{\circ}\text{C}$ , mientras que el agua libre se congela, se volatiliza, se pierde durante el calentamiento y es la principal responsable de la actividad acuosa ( $a_w$ ) (Badui Dergal, 2006).

El agua libre en un alimento se encuentra disponible para el desarrollo de microorganismos e interviene en transformaciones físicas, químicas y enzimáticas. En el caso del agua ligada, la misma está unida a la superficie sólida y no puede intervenir en dichos fenómenos (Iglesias y Chirife, 2012).

Conociendo la  $a_w$  se puede predecir la estabilidad y vida útil de un alimento. La misma refleja el grado de interacción con los constituyentes, la formulación, el control de procesos de deshidratación, rehidratación y la migración de la humedad durante el almacenamiento (Andrade *et al.*, 2011).

La  $a_w$  se relaciona con el contenido de humedad de manera no lineal mediante curvas o isotermas de sorción (adsorción y desorción).

La isoterma de adsorción representa la cinética con la que un alimento adsorbe humedad y se hidrata, refleja el comportamiento de los productos deshidratados almacenados en atmósferas húmedas (higroscopicidad). A su vez, la de desorción equivale al proceso de deshidratación y refleja la pérdida de agua. Con ambas curvas se diseñan sistemas de almacenamiento, secado y rehidratación (Iglesias y Chirife, 2012).

Estos procesos opuestos no son reversibles, fenómeno denominado histéresis (Rahman, 2007).

No existe una única isoterma para un producto determinado, los pre-tratamientos, madurez, variedad y cambios químicos influyen la forma de la isoterma. Asimismo, pueden observarse fluctuaciones debido a variabilidades inherentes a los alimentos (Iglesias y Chirife, 2012).

Varios autores (Bolin, 1980; Maroulis *et al.*, 1988; Stencl *et al.*, 1997; 1999; Tsami *et al.*, 1990) han realizado isotermas relacionando la  $a_w$  y humedad para ciruelas (*Prunus domestica*). Sin embargo; no hay información específica para la ciruela variedad d’Agen. Esta variedad y su clon (d’Agen 707), son de gran importancia para

Argentina ya que representan el 98% de la superficie implantada de ciruela para industria, con una producción promedio de ciruela deshidratada de entre 15 y 40 mil toneladas, de las cuales el 89% se exporta (Instituto de Desarrollo Rural, 2010).

Las industrias procesadoras de ciruelas generalmente poseen los medios para determinar humedad, a través del método analítico de Dean Stark o con el equipo de la DFA de California (Dried Fruit Association). Sin embargo; la mayoría de las empresas no cuenta con medidores de  $a_w$ , cuyo dato es de gran importancia al momento de tomar decisiones sobre el destino del alimento. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue proporcionar una ecuación matemática sencilla para estimar la  $a_w$  de la ciruela d'Agen en función de su humedad a temperatura ambiente.

## MATERIALES Y MÉTODO

Para la obtención de la ecuación matemática se utilizaron datos experimentales de  $a_w$  y humedad de ciruela (*Prunus domestica*) variedad d'Agen deshidratada y tiernizada. Los mismos fueron adquiridos a través de análisis realizados a industrias procesadoras locales y en trabajos de investigación efectuados en el laboratorio y la planta piloto del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Rama Caída. Se analizaron 356 muestras con una humedad comprendida entre 5 y 36%.

La determinación de  $a_w$  se realizó con un equipo Rotronic Hygropalm y la de humedad mediante el método analítico de Dean Stark.

### **Determinación de humedad por destilación directa (Método de Dean Stark)**

Se cortaron y colocaron 10 g de ciruela por muestra en el balón, se agregaron 60 ml de tolueno y se calentó el balón hasta ebullición durante 1 hora 30 minutos.

Posteriormente, se midió el volumen de agua en el colector graduado y expresó como porcentaje de humedad.

En la Figura 1 se puede observar el aparato de Dean Stark para la determinación de humedad.



Figura 1: Aparato de Dean Stark.

### **Determinación de actividad acuosa ( $a_w$ )**

La actividad acuosa se determinó con un equipo Rotronic Hygropalm.

Las muestras de ciruelas se introdujeron en cápsulas plásticas PS-40 durante 30 minutos, luego se colocaron en el equipo medidor y se leyó con el programa “ $a_w$  quick” (error  $\pm 0,005 a_w$ ).

El equipo y las cápsulas se manipularon dentro de una caja de acrílico, especialmente diseñada para ese fin, la cual se hallaba en un ambiente con temperatura estable ( $22 \pm 2$  °C) libre de corrientes de aire.

En la Figura 2 se puede observar el equipo Rotronic Hygropalm para medición de  $a_w$ .



**Figura 2:** Equipo Rotronic Hygropalm para medición de  $a_w$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos experimentales de humedad versus  $a_w$  para la ciruela d'Agen se presentan en un diagrama de dispersión desde una humedad de 5 a 36% que corresponde a una  $a_w$  de 0,40 a 0,85 (Figura 3).

Se observó que, cuando la humedad incrementaba, aumentaba la  $a_w$  en la ciruela. Por lo tanto, se efectuó un análisis de correlación de Pearson ( $r$ ) y se obtuvo un valor de  $r = 0,97$ , lo cual indica asociación positiva.

Se realizó un análisis de regresión simple y se obtuvo un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,94$ , lo cual significa que la humedad explica el 94% de la variabilidad observada en el contenido de  $a_w$  de la ciruela.

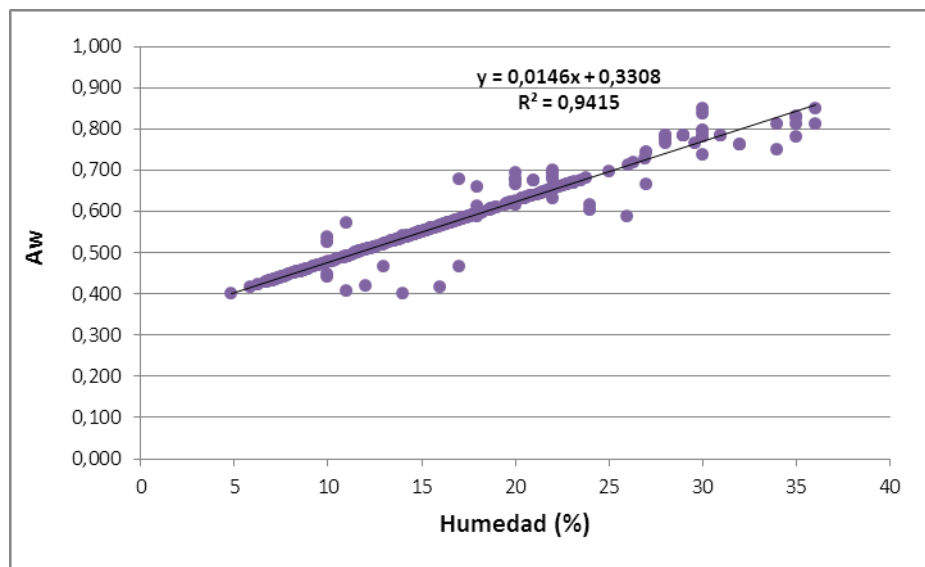
Ecuación del modelo:

$$Y = 0,0146x + 0,3308$$

Dónde:

Y:  $a_w$

X: Humedad (%)



**Figura 3:** Humedad versus  $a_w$  en ciruela d'Agen a  $22,5 \pm 2,2^\circ\text{C}$ .

En el caso de conocer la  $a_w$ , es posible estimar la humedad mediante la siguiente ecuación:

$$Y = 64,379x - 20,332$$

Dónde:

Y: Humedad (%)

X:  $a_w$

Este modelo matemático sencillo, sólo puede utilizarse en la zona lineal de la curva sigmoide comprendida entre una humedad de 5 y 36% ( $a_w$  de 0,40 y 0,85).

Bolin (1980) efectuó una relación entre el contenido de humedad y  $a_w$  en ciruela (sin especificar con qué variedad trabajó) y obtuvo valores similares a los expuestos en el presente trabajo para el mismo rango lineal.

## CONCLUSIÓN

La ecuación matemática obtenida en el presente trabajo es sencilla y práctica para poder estimar la  $a_w$  de la ciruela deshidratada y tiernizada cuando no se cuenta con el equipamiento necesario para determinarla.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE P. R. D., LEMUS M. R., PÉREZ C. C. E. 2011. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. ISSN 0121-4004 / ISSNe 2145-2660. Volumen 18 número 3. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. págs. 325-334.
- BADUI DERGAL, S. 2006. Química de los alimentos. Cuarta edición Pearson Educación, México. ISBN: 970-26-0670-5, páginas: 736.
- BOLIN, H.R. 1980. Relation of moisture to water activity in prunes and raisins. Journal of Food Science Volume 45, Issue 5, pages 1105 – 1453.
- IGLESIAS, H. A., CHIRIFE, J. 2012. Handbook of Food Isotherms: Water Sorption Parameters for Food and Food Components. Academic Press, pages 1982 – 347.
- INSTITUTO DE DESARROLLO RURAL, MENDOZA – ARGENTINA, 2010. Ciruela para industria, censo frutícola provincial 2010, Mendoza – Argentina. URL: <http://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2012/07/Informe-Ciruela-Industria.pdf>
- MAROULIS Z. B., TSARNI E., MARINOS-KOURIS D., 1988. Application of the GAB Model to the Moisture Sorption Isotherms for Dried Fruits. Journal of Food Engineering 7, pages 63-78.
- RAHMAN M. S., 2007. Handbook of Food Preservation, Second Edition. CRC Press. ISBN 9781574446067, 1088 Pages.

- STENCL J., HOMOLA P., GOTTHARDOVA J., 1997. Influence of temperature on sorption isotherms of prunes. IFAC Proceedings Volumes. Volume 30, Issue 26, pages 231–235.
- STENCL J., OTTEN L., GOTTHARDOVA J., HOMOLA P., 1999. Model comparisons of equilibrium moisture content of prunes in the temperature range of 15–45°C. Journal of Stored Products Research. Volume 35, Issue 1, pages 27-36.
- TSAMI, E., MARINOS-KOURIS D., MAROULIS Z.B., 1990. Water Sorption Isotherms of Raisins, Currants, Figs, Prunes and Apricots. Journal of Food Science. Volume 55, Issue 6, pages 1594–1597.