

Determinación de la pérdida de agua de frutas y verduras por medio de termogravimetría

de Ita de la Torre Antonio Silvio, Georgina Flores, Francisca Franco Velázquez

Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco, Área de Ciencia de Materiales, Departamento de Materiales. Av. San Pablo N° 180, Colonia Reynosa Tamaulipas
México D.F. CP 02200.

add@correo.azc.uam.mx

Fecha de aceptación: 13 de agosto de 2015

Fecha de publicación: 23 de septiembre de 2015

RESUMEN

Se determinó la pérdida del contenido de agua por medio de termogravimetría (TGA) de algunas frutas y verduras, bajo las mismas condiciones experimentales. La mayor pérdida de agua se asocia al agua de su estructura. En un trabajo previo se encontró que existen frutas y vegetales que pierden el agua en una, dos y hasta tres etapas durante su calentamiento. En algunos casos parece obvio que el vegetal contiene mucha agua y en otros no, como pueden ser la sandía y el aguacate. En este trabajo se encontró que la lechuga (verdura) y la pera (fruta) presentaron la mayor pérdida de agua, mientras que la pasa y la aceituna fueron las de menor pérdida de agua.

Palabras clave: frutas, verduras, pérdida de agua.

ABSTRACT

We present the water lost curves of several fruits and vegetables obtained by Thermogravimetric Thermal Analysis (TGA). Usually the water lost is in the whole structure. In the previous work we found that this water lost occur in one, two or three stages during the heating. The common sense recognizes fruits and vegetables with high and low water content like water melon or avocado. In these work we found the lettuce and pear are the most water lost and the raisin and olive with the fewest lost of water.

Key words: fruits, vegetables, water lost.

INTRODUCCIÓN

Comúnmente se asocia a las frutas y verduras con un alto contenido de agua, con más del 80 % de su peso, aunque en general son apreciadas por el resto de sus otros componentes como son los carbohidratos o glúcidos, fibra, proteínas, vitaminas, valor calórico, etc. Pero sobre todo son preferidas por su sabor y propiedades nutritivas. Es común pensar que existen frutas con un alto contenido de agua y otras que no lo tienen como es el caso también de las verduras. Existen datos, en el campo del secado de frutas y verduras que siempre se realiza a muy bajas temperaturas para eliminar el agua, a menos de 50 °C, y tratar de preservar las otras componentes más apreciadas mencionadas arriba.

En general se considera que las frutas poseen: 90 % de agua), glúcidos entre 5 a 18 %, fibra un 2 %, proteínas, grasas de 0.5 a 0.1 %, vitaminas, sales minerales, aromas y pigmentos en muy pequeñas proporciones.

En el caso de las verduras se tiene un panorama similar: agua en promedio 77 %, carbohidratos desde 19 hasta 1.3 %, fibra entre 6.5 y 1.3 %, proteínas entre 4.4 y 0.9 %, los lípidos están entre 0.4 y 0.1 %, los minerales como calcio, carotenos y vitamina C están en trazas al igual que los aromas y pigmentos. Se reconocen tres pigmentos principales de los vegetales: el verde es de la clorofila, el naranja y amarillo de los carotenoides y el azul y rojo con la antocianina. Se puede considerar que las verduras pueden ser semillas como los frijoles, raíces como la zanahoria, tubérculos como la papa, bulbos como la cebolla, tallo como el espárrago, hojas como la lechuga, inflorescencia como la alcachofa y fruto como el tomate.

En la búsqueda de información no se encontraron datos para temperaturas mayores de las de secado. En la mayoría de las investigaciones de este tipo, **secado**, los ensayos son isotérmicos y se evalúan las pérdidas de masa con los incrementos del tiempo. Los análisis de este trabajo son isocrónicos como los del trabajo previo, (de Ita *et al.*, 2015), se evalúa la pérdida de masa a medida que se aumenta la temperatura a una velocidad de calentamiento fija.

METODOLOGÍA

En este trabajo se analizaron siete verduras: aceituna, aguacate, pimiento, papa, cebolla, zanahoria y lechuga y siete frutas: pasa, higo, papaya, fresa, toronja, frambuesa y pera. Esta lista ya se presenta en el orden en que pierden agua, de menor a mayor,

Se determinó la pérdida de peso, por medio de termogravimetría (TGA, por sus siglas en inglés, *Thermogravimetric Analysis*), en un equipo marca Shimadzu, modelo DTG-60. El intervalo de medida fue de la temperatura ambiente hasta 300 °C, la rapidez de calentamiento fue de 10 °C /min bajo una atmósfera de nitrógeno, con una velocidad de flujo de 10 ml/min. La masa utilizada en este trabajo para cada material: frutas y verduras, fue de alrededor de unos 10 miligramos de pulpa, esto quiere decir que siempre fue sin cáscara, piel exterior o hueso. No se molió o se extrajo jugo.

RESULTADOS

Se puede observar en la Figura 1 las curvas obtenidas para las frutas y en la Figura 2 las curvas correspondientes para las verduras. En el eje vertical está la masa en por ciento y en el eje horizontal la temperatura en grados centígrados.

La mayoría de estos materiales tiene un comportamiento semejante. Así en la Figura 1, la primera curva es la de la pasa, en color azul. Como se sabe la pasa es una fruta que se obtiene del secado de un cierto tipo de uvas. La curva completa presenta una pérdida total de 61 % de su masa original y no parece haber llegado a un equilibrio a los 300 °C es decir, parece que perderá más masa a mayor temperatura. La curva muestra cuatro escalones perdiendo 11, 9, 36 y 5 % en cada etapa como se muestra en la

Tabla 1 y en la Figura 2. Las temperaturas asociadas a esas pérdidas son: 100, 160, 250 y 300 °C. En general estas temperaturas se aplicarán para todas la demás frutas aunque hay algunos casos donde solo se presentan dos o tres perdidas, como se muestra en la Tabla 1.

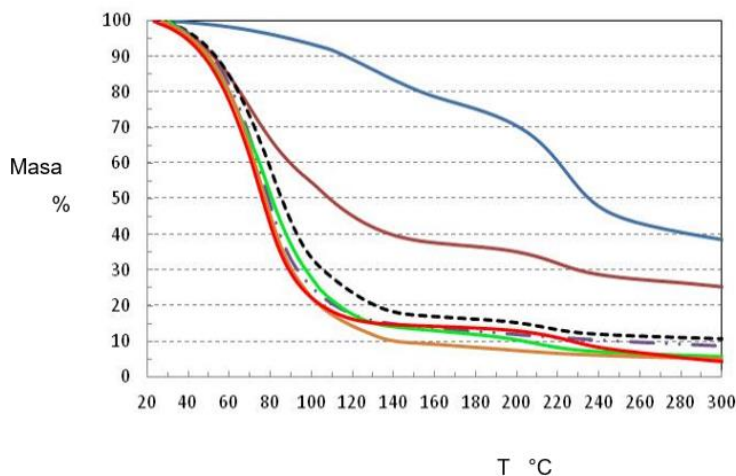


Tabla 1.

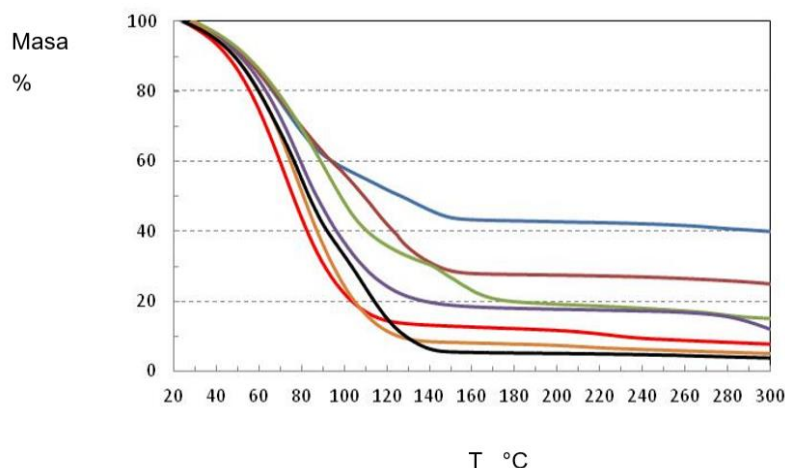
Azul	UVA PASA
Café	HIGO
Negra	PAPAYA
Morada	FRESA
Verde	TORONJA
Café C.	FRAMBUESA
Rojo	PERA

Figura 1. Pérdida de masa de las frutas.

La segunda curva es la del higo, la línea en color café, la pérdida total es de 74 % y en este caso hay solo tres escalones muy claros y los valores de pérdida de masa son de 58,12 y 4 % respectivamente. Aquí también parece, por la pendiente final, que el higo aún podrá perder algo más de masa a mayores temperaturas.

A continuación está un grupo de frutas desde la papaya, línea negra e intermitente hasta la pera, línea de color rojo, con la mayor pérdida de masa, que alcanza un 95 % en comparación con la papaya que es de 88 %. Estas dos presentan tres escalones con los valores que se incluyen en la tabla 1. Mientras que la fresa, línea morada y discontinua, y la frambuesa, línea café más clara, solo presentan dos escalones, con las pérdidas anotadas en la tabla 1. Hay que notar que el valor inicial de todas la curvas no es igual algunas se inician más pronto que otras pero dentro de un intervalo muy corto, las que primero empiezan a perder peso son por los 24 °C, como es para la pera y las más tardías inician por los 31 °C, como es el caso de la pasa. El resto de las frutas inician su pérdida de agua entre estas dos temperaturas.

En la figura 3 se muestra en detalle los escalones de la pérdida de agua para la pera en rojo y en verde el pimiento.



Azul	ACEITUNA
Café	AGUACATE
Verde	PIMIENTO
Morado	PAPA
Rojo	CEBOLLA
Café	ZANAHORIA
Negro	LECHUGA

Figura 2. Pérdida de masa de las verduras.

En el caso de las verduras, Figura 2, hay un poco de más variedad en cuanto a pérdida total de agua como muestra en la Tabla 2. Encontramos con pérdidas desde 60 hasta 95 % de agua, pero casi todas varían entre sí. La primera es la aceituna, la línea es de color azul, (que solo se encontró en salmuera y rellena con pimiento, y cuyo análisis se presenta en la curva 3 de color verde), con tres escalones donde se pierden 39, 17 y 4 % haciendo un total de 60 % en la pérdida total de agua. La segunda curva es el aguacate que presenta dos etapas con 71 y 4 % respectivamente teniendo una pérdida total de 75 % como lo muestra la Tabla 2. La tercera curva la de color verde es la del pimiento que muestra 4 etapas con 68, 11, 4 y 1 %, consiguiendo un total de 84 %.

Tabla 1. Pérdida de masa de las frutas

	EN %	TOTAL	1 ^{era}	2 ^{da}	3 ^{era}	4 ^a	Bibliografía
1	Aceituna	60	39	17	4	-	63
2	Aguacate	75	71	-	4	-	74
3	Pimiento	84	68	11	4	1	92*
4	Papa	90	81	3	6	-	78*
5	Cebolla	91	86	2	3	-	89*
6	Zanahoria	94	91	-	3	-	89*
7	Lechuga	95	94	-	1	-	96*

La papa es la línea de color morado con 3 etapas: 81, 3 y 6 % para dar un total de 90 %, aquí se observa claramente que se presentará otra etapa, ya que se muestra una gran pendiente en la parte final de la curva. La cebolla es la curva que sigue y la línea es de color rojo, con tres pérdidas de 86, 2 y 3 % para tener un 91 % total.

A continuación está la zanahoria, línea de color café claro, con solo dos escalones 91 y 3 % para obtener un 94 % de pérdida total y finalmente está la lechuga línea de color negro también con solo dos etapas 94 y 1 % para ser la de mayor pérdida con 95 %. De la misma forma que en las frutas, las verduras tampoco inician la deshidratación a la misma temperatura, en este caso casi comparten el inicio de su pérdida de agua: la lechuga, la papa y la zanahoria cerca de los 23.2 °C, mientras que el pimiento es el que inicia a mayor temperatura, por los 29.4 °C y el resto inicia entre estas dos temperaturas.

Tabla 2. Pérdida de masa de las verduras

	EN %	TOTAL	1 ^{era}	2 ^{da}	3 ^{era}	4 ^a	Bibliografía
1	Pasa	61	11	9	36	5	70
2	Higo	74	58	12	4	-	80
3	Papaya	88	82	5	1	-	90
4	Fresa	91	84	-	7	-	91*
5	Toronja	94	86	5	3	-	90
6	Frambuesa	95	89	-	6	-	87
7	Pera	95	85	5	5	-	83

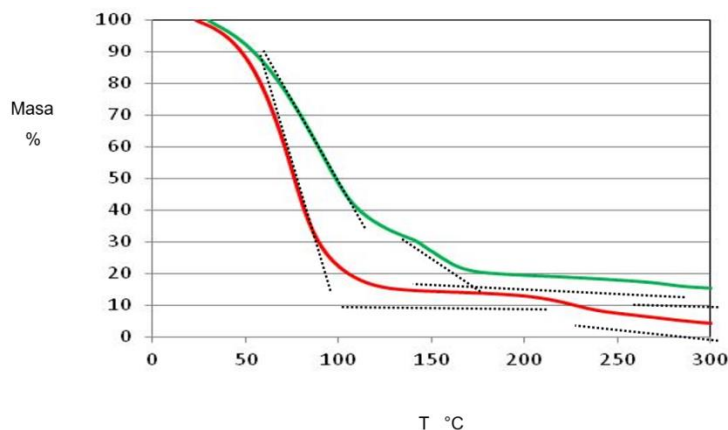


Figura 3. Se muestran tres escalones en la pérdida de masa de la pera, en rojo y pimiento en verde.

DISCUSIÓN

En la literatura se pueden encontrar muy variados valores de pérdidas de agua. Encontramos que el mejor reporte es el de DH, (2013), desgraciadamente contiene muy pocas frutas y verduras, pero explica con mucho detalle las técnicas y procedimientos para la determinación de los componentes de las frutas y verduras. Por ejemplo, en el caso del agua, que ahí le nombran humedad, lo hacen a 102 °C con una mezcla con arena y por métodos gravimétricos, según las normas inglesas. Los valores obtenidos en ese trabajo se anotan con una estrella en las Tablas 1 y 2.

Normalmente en el caso de las arcillas se aceptan varias pérdidas de agua lo que se llama agua suelta o no estructural a menos de 100 °C, agua de estructura a menos de 200 °C y radicales OH a mayores temperaturas. En muchos trabajos de química se acepta que el agua se pierde entre 100 y 120 °C. En este trabajo las temperaturas se podrían colocar en valores más bajos para las 4 etapas como 100, 160, 250 y 300 °C, aunque con mucha variación para cada fruta y verdura.

En el estudio de DH, (2013), la pérdida de agua fue medida a 102 °C, de acuerdo a una norma inglesa, y en nuestro caso llegamos a los 300 °C, así que en general sus valores son menores a los nuestros salvo en un par de casos, como son el pimiento rojo que se extrajo del relleno de las aceitunas y estas estaban preparadas en un tipo de salmuera.

Para saber si todas las pérdidas son causadas por el agua hay que hacer ciertas consideraciones. Para ello lo que se podría hacer es determinar la influencia en porcentaje de los otros componentes que no son el agua. Pero al hacerlo se encuentra que su contribución es muy pequeña cuando se compara con la del agua.

CONCLUSIONES

En este nuevo estudio se encontró que se repiten las etapas de la pérdida de agua que en trabajo previo (de Ita *et al.*, 2015), pero que se pueden encontrar frutas y verduras con más etapas para la pérdida de agua, como son la uva pasa y el pimiento. Además existen vegetales y frutas que después de 300 °C aún pueden perder más masa como son la papa y la uva pasa y el higo.

Por otro lado, materiales pre - secados como la uva pasa no parecen haber perdido toda su agua de baja temperatura o quizá se rehidrataron con el tiempo.

Se encuentra que existe diferencia de contenido de agua entre el aguacate y la lechuga, como un resultado razonable, pero por otro lado, la diferencia de contenido de agua entre la sandía y la zanahoria es muy pequeña para mostrar tanta diferencia en su dureza total. Lo que indica que la estructura de ambas no solo depende del contenido de agua.

El comportamiento de muchas frutas es muy similar en cuanto a pérdidas totales de agua, no así en el caso de las verduras cuyo comportamiento es muy diferente en este aspecto.

Se requieren, por lo tanto, estudios con mayor profundidad en este campo, un ejemplo es la estabilidad térmica de cada componente presente en las frutas y verduras y su variación con la temperatura.

REFERENCIAS

De Ita A., Flores G., Franco F. (2015). Fruits and vegetables dehydration, VII International Congress of Engineering Physics, *IOP Publishing, Journal of Physics: Conference Series*, 582, 1-5 012065, doi:10.1088/1742-6596/582/1/012065.

Department of Health, (DH), U. K, (2013), Nutrient analysis of fruit and vegetables, www.dh.gov.uk/publications, consultado en enero 2015.

Harlan J. R, (1987). *Les plantes cultivées et l'homme*, Presses universitaires de France, Paris, Francia.

López R., de Ita A., Vaca M. (2007). Energy efficiency of drying of prickly cladodes in a forced convection tunnel. Proceedings 3th International Energy, Energy and Environment Symposium, Évora, Portugal, 1-5 July.

López R., de Ita A., Vaca M. (2009). Drying of prickly pear cactus cladodes (*Opuntia ficus indica*) in a forced convection tunnel, *Energy Conversion and Management*, 50: 2119 – 2126.

Lopez R., de Ita A., Vaca M., Lizardi A. (2010). Analysis of the specific energy in microwave drying of pickle pear cactus cladodes, 44th Annual Symposium of International Microwave Power Institute's. Denver, Colorado, USA, Julio 14-16.

Pennington J. A., Spungen J. S. (2010). *Bowes & Church's Food Values of Portions Commonly Used*. Multimedia CD.