

Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones

Apellidos, nombre	Fernando Cardona Serrate (fercarse@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	E.T.S. de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

La actividad del agua es un parámetro relacionado con el contenido de agua de un alimento, concretamente con el agua disponible o no ligada al soluto. Es un parámetro determinante en su vida útil, ya que es indicativo del agua disponible para el crecimiento de microorganismos y la actividad enzimática durante la conservación del alimento. Su determinación es importante, tanto en la industria como en el laboratorio, debido a que es uno de los parámetros esenciales para determinar el método y el tiempo de conservación de elección para cada alimento.

2 Introducción

La actividad del agua (a_w) se define formalmente como la presión parcial de vapor de agua en equilibrio con el alimento dividido por la presión parcial de vapor de agua en condiciones estándar, (presión de vapor parcial del agua pura a la misma temperatura).

Es un parámetro relacionado con el contenido de agua de un alimento, concretamente con el agua disponible o no ligada al soluto. Es fundamental en la vida útil de los alimentos, ya que determina el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y la actividad química y enzimática durante la conservación del alimento, que van a afectar a su calidad. Esto es debido a que los microorganismos necesitan cierta cantidad de agua libre para vivir, y las reacciones se dan en medio acuoso. Toma valores entre 0 y 1, y cuanto más se aleja de 1 (valor para el agua pura), más difícil es la actividad biológica, y por lo tanto la conservación es más fácil y la vida útil más larga. Es por ello que muchos métodos de conservación de alimentos se basan en reducir la actividad de agua mediante la deshidratación, la liofilización, la adición de azúcares o sales, la evaporación o la congelación. La a_w tiene un gran impacto tanto en la seguridad del alimento como en su calidad, ya que la actividad biológica va a influir también en su textura, sabor, color, gusto y valor nutricional, además de en el tiempo de conservación.

Su determinación es importante, tanto en la industria como en el laboratorio, debido a su uso como parámetro esencial para determinar el método y el tiempo de conservación para cada alimento. En la tabla 1 se muestra la relación entre la a_w y el crecimiento de microorganismos, así como algunos ejemplos de los alimentos susceptibles de pérdida de calidad o seguridad en ese rango de a_w .

La a_w también es determinante en las reacciones químicas y bioquímicas que deterioran el alimento, como por ejemplo el pardeamiento enzimático, los cambios en la textura provocados por la acción enzimática o la oxidación lipídica. En este caso la actividad ocurre a valores de a_w inferiores a 0,6 (Fig. 1), por lo que la disminución necesaria para detener completamente estas reacciones solo es alcanzable por algunos métodos de conservación que disminuyen mucho la a_w , como por ejemplo la congelación o la liofilización.

Intervalo de a_w	Microorganismos	Alimentos
0,95-1,00	<i>Pseudomonas</i> , <i>Escherichia</i> , <i>Proteus</i> , <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium perfringens</i> , algunas levaduras.	Alimentos frescos, fruta enlatada, vegetales, carne, pescado, leche
0,91-0,95	<i>Salmonella</i> , <i>Serratia</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Vibrio Parahemolyticus</i> <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , algunos hongos y levaduras (<i>Rhodotorula</i> , <i>Pichia</i>).	Quesos frescos, carnes curadas
0,87-0,91	Mayoría de levaduras: <i>Torulopsis</i> , <i>Candida</i> , <i>Hansenula</i> . <i>Micrococcus</i> .	Fiambres, bizcochos, quesos curados, margarinas
0,80-0,87	Mayoría de los hongos <i>Penicillium</i> . <i>Staphylococcus aureus</i> . Levaduras: <i>Saccharomyces</i> , <i>Debaryomices</i> .	Zumos de fruta concentrados, leche condensada, siropes
0,75-0,80	Bacterias halófilas. Mayoría de los hongos <i>Aspergillus</i> .	Confituras y mermeladas
0,65-0,75	Hongos xerófilos. <i>Saccharomyces bisporus</i> .	Gelatinas, melazas, azúcar de caña no procesado, algunas frutas desecadas, nueces
0,60-0,65	Levaduras osmófilas: <i>Saccharomyces rouxii</i> . Algunos hongos: <i>Aspergillus echiulatus</i> , <i>Monascus bisporus</i>	Frutas desecadas (15-20% de humedad), caramelos, miel

Tabla 1. Crecimiento microbiano en diferentes intervalos de a_w . Fuente: Fontana, 2007.

3 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

- Definir el parámetro de actividad del agua.
- Utilizar este parámetro para predecir cualitativamente la conservación y vida útil de los alimentos.
- Medir e interpretar la actividad de agua en el laboratorio.

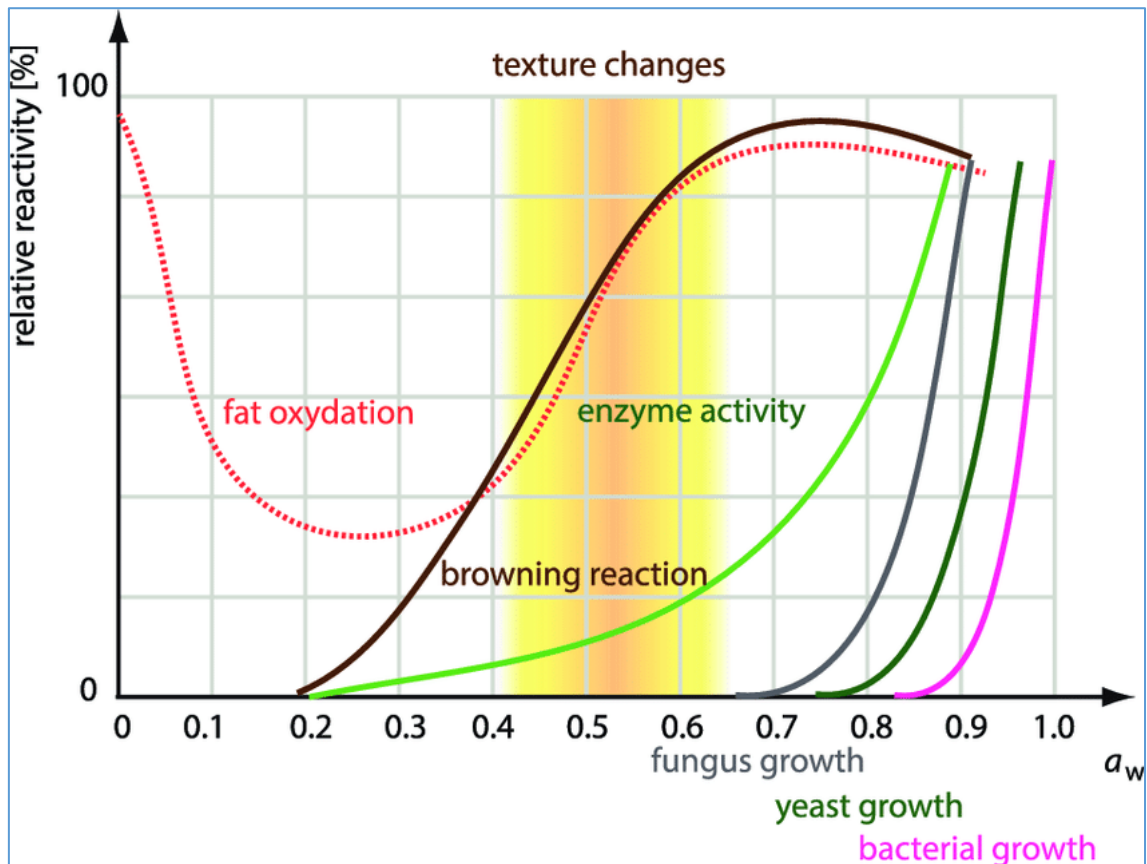


Figura 1. Relación entre reacciones bioquímicas, cambios en la textura del alimento y a_w . Fuente: Vilgis, 2015.

4 Desarrollo.

Después de introducir el concepto de a_w y sus aplicaciones en la conservación de alimentos, y de enumerar los diferentes métodos para medir la actividad del agua, desarrollaremos uno de los más utilizados en alimentos, que es la determinación mediante el higrómetro de punto de rocío. Finalmente relacionaremos brevemente la a_w con otros parámetros de la química física, la fracción molar y el coeficiente de actividad.

4.1 Medida de la actividad de agua en alimentos utilizando el higrómetro de punto de rocío

Existen diferentes técnicas para la medición de la a_w , basados en psicrometría, higrometría mecánica, higrometría eléctrica, hidrometría gravimétrica, conductividad térmica, índice de refracción, mediciones de presión y volumen, o evaluación de constantes dieléctricas.

En este artículo veremos la determinación mediante el higrómetro de punto de rocío de espejo enfriado, que es uno de los más precisos entre los comúnmente disponibles. El punto de rocío es la temperatura a la que una muestra (el vapor de agua en equilibrio con la muestra) a presión constante alcanza la saturación del vapor de agua. A esta temperatura de saturación, el enfriamiento adicional se traduce en la condensación del agua en el espejo del higrómetro, lo que es detectado mediante un mecanismo optoelectrónico. La temperatura del espejo está controlada electrónicamente para mantener un equilibrio

dinámico entre la evaporación y la condensación en el espejo, manteniendo la medición cerca de la temperatura del punto de rocío. Estos dispositivos necesitan una limpieza frecuente y calibración periódica para alcanzar buenos niveles de precisión.

Como ejemplo veremos la determinación con un higrómetro AquaLab (Fig. 2). Estos aparatos se calibran con $K_2Cl_2O_7$, que tiene una a_w de 0,915 (Fig. 2a) en las condiciones del laboratorio. Tanto el calibrado del aparato como la medida de la muestra deben hacerse con unas cápsulas específicas para el aparato, llenándolas hasta la línea indicadora, y con la cápsula destapada (Fig. 2b). Con el equipo calibrado y previo a la medida de la muestra, es necesario establecer el blanco con agua pura (Fig. 2c y 2d), girando el potenciómetro hacia la derecha. Para la medida se procede de la misma manera (Figura 2e y 2f), y en todos los casos hay que esperar hasta la señal acústica que indica que ha terminado la medición.

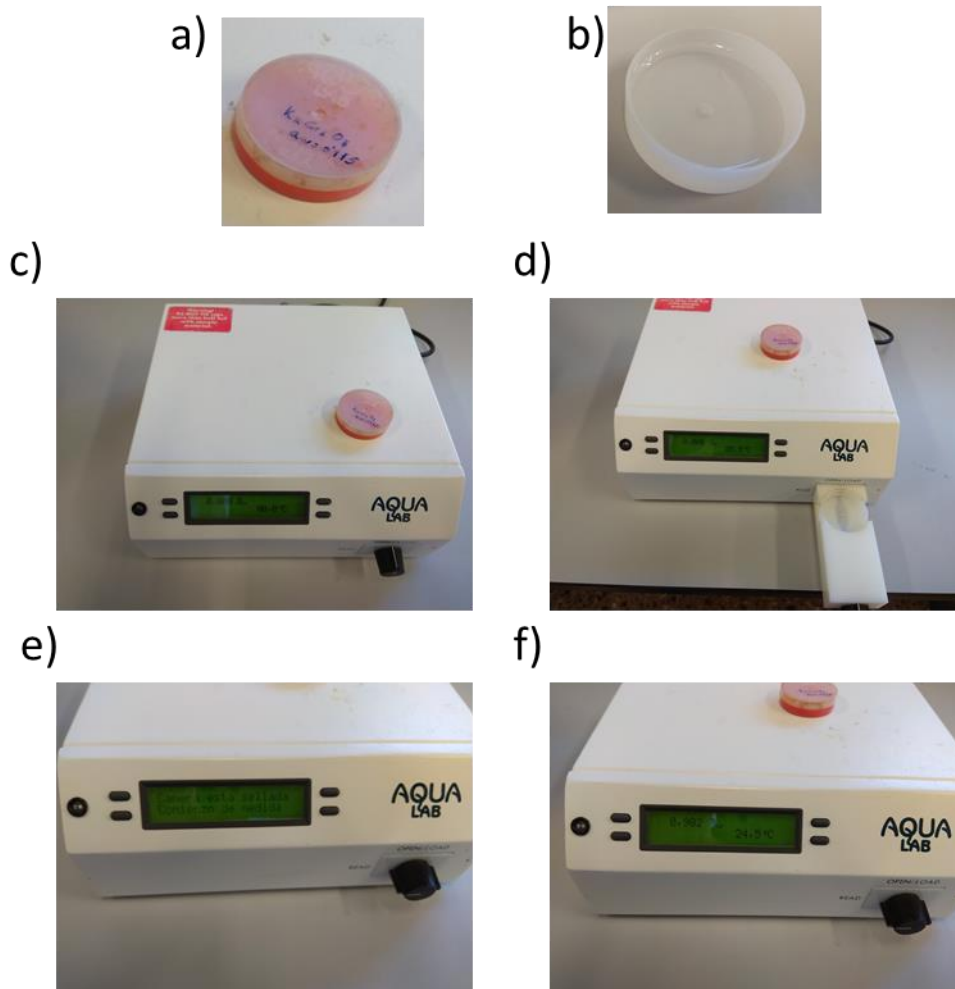


Figura 2. Higrómetro de punto de rocío AquaLab para medir a_w . Fuente: elaboración propia.



4.2 Relación entre la actividad y otros parámetros físico-químicos. Disoluciones reales. Relación entre la fracción molar y la actividad. Coeficiente de actividad.

Cualquier sistema de al menos dos componentes, incluso los sistemas sólidos, pueden tratarse a nivel químico-físico como una disolución, denominándose A al disolvente de la disolución (normalmente el componente en mayor proporción) e i al soluto. La actividad se utiliza en las disoluciones reales en lugar de la fracción molar, y es una medida directa del potencial químico, es decir, de la tendencia a reaccionar del componente de la disolución. Las disoluciones reales (DR) son aquellas que no cumplen los modelos de las Disoluciones Ideales (DI) ni de las Disoluciones Diluidas Ideales (DDI):

- La fracción molar (x) se define como el cociente entre los moles (n) de un componente i y el total de moles de la disolución (ecuación 1).

$$x_i = \frac{n_i}{n_{tot}}$$

- Ecuación 1. Definición de fracción molar

- Modelo DI: asume que las moléculas de todas las especies son tan parecidas que pueden reemplazarse sin que se varíe la estructura espacial de la disolución ni la energía de las interacciones intermoleculares.
- Modelo DDI: debido a la elevadísima dilución de los solutos, se asume que las moléculas de soluto sólo interaccionan con las de disolvente.
- DI y DDI: El potencial químico (μ) de cada componente (i) se expresa en función de su fracción molar (x) y el potencial químico en condiciones estándar (μ^*) a una T y P dadas (ecuación 2).

$$\mu_i = \mu_i^*(T, P) + RT \ln x_i$$

- Ecuación 2. Definición de potencial químico para disoluciones ideales (DI y DDI)

- DR: El potencial químico (μ) de cada componente (i) se expresa en función de su actividad (a) y el potencial químico en condiciones estándar (μ^*) a una T y P dadas (ecuación 3).

$$\mu_i = \mu_i^*(T, P) + RT \ln a_i$$

- Ecuación 3. Definición de potencial químico para disoluciones reales

Al igual que la x , la a solo puede tomar valores entre 0 y 1

- La a se relaciona con la x a través del coeficiente de actividad (γ) (ecuación 4)



$$a_i = \gamma_i X_i$$

Ecuación 4. Relación entre actividad y x

siendo γ un parámetro que mide la desviación de la idealidad de la disolución:

-para disoluciones ideales $\gamma=1$ ($a = x$).

-para disoluciones reales $\gamma \neq 1$; pudiendo desviarse de la idealidad positivamente $\gamma > 1$; $a > x$ (disoluciones inestables) o negativamente $\gamma < 1$; $a < x$ (disoluciones muy estables).

El valor de γ_i depende de la composición: cuanto más se aproxime x_i a 1, más se aproxima el sistema al modelo DDI, γ_i se aproxima a 1, y a_i se aproxima a x_i .

5 Cierre

A lo largo de este artículo docente hemos visto el concepto de a_w y sus aplicaciones en la conservación de alimentos, así como los métodos para medirla. También hemos puesto en contexto la actividad con otros parámetros de la química física, la fracción molar y el coeficiente de actividad.

6 Bibliografía

6.1 Libros

Fontana, A.J. (2007). Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications. Appendix D: Minimum Water Activity Limits for Growth of Microorganisms. Book Editor(s): Barbosa-Cánovas, G.V.; Fontana Jr., A.J.; Schmidt, S.J.; Labuza, T.P. doi: 10.1002/9780470376454.app4

6.2 Artículos científicos

Vilgis, T. (2015). Soft matter food physics - The physics of food and cooking. Reports on progress in physics. Physical Society (Great Britain). 78 (12): 124602. doi: 10.1088/0034-4885/78/12/124602

6.3 Referencias de fuentes electrónicas:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Higrómetro>

https://es.wikipedia.org/wiki/Actividad_acuosa