

La a_w y la calidad y seguridad alimentarias.

EL DETERIORO DE LOS ALIMENTOS

- Crecimiento Microorganismos
- Estabilidad Química y Bioquímica
- Propiedades Físicas
- Isotermas de sorción de humedad



LabFerrer

Seguridad Alimentaria

Sólo en los Estados Unidos:

76 millones de casos de enfermedades

325.000 hospitalizaciones y 5.000 muertes anuales

Fuente: Centro para Control de Enfermedades (CDC)

Regulaciones para el Control Microbiológico

- http://www.aesan.msc.es/AESAN/web/cadena_alimentaria/s_ubdetalle/criterios_microbiologicos_vida_util.shtml
- 21CFR 110 - 21CFR 113 - 21CFR 114
- Norma ISO 7.218 *“Microbiology of food and animal feeding stuffs – general rules for microbiological examinations”*
- Norma ISO 21807:2004 *“Microbiology of food and animal feeding stuffs – Determination of water activity”*
- APCC – análisis de puntos críticos de control

Crecimiento Microbiano

Scott (1957) demostró que los microorganismos tienen un nivel límite de a_w por debajo del cual no crecen

Límites de a_w para el crecimiento microbiano

Bacterias $\cong 0,91$

Levaduras $\cong 0,88$

Mohos $\cong 0,70$

Levaduras osmófilas $\cong 0,60$

Es la a_w , **NO** el contenido de agua, lo que determina el límite más bajo permitido para el desarrollo microbiano

Bacterias Importantes

Producen Infecciones

E. coli, Shigella, Campylobacter, Staphylococcus aureus, Yersina, Listeris, Salmonella

Producen Toxinas

*Clostridium botulinum
Staphylococcus aureus
Bacillus cereus*

Se ha demostrado que las bacterias pueden sobrevivir por largos períodos de tiempo en alimentos con una baja a_w .

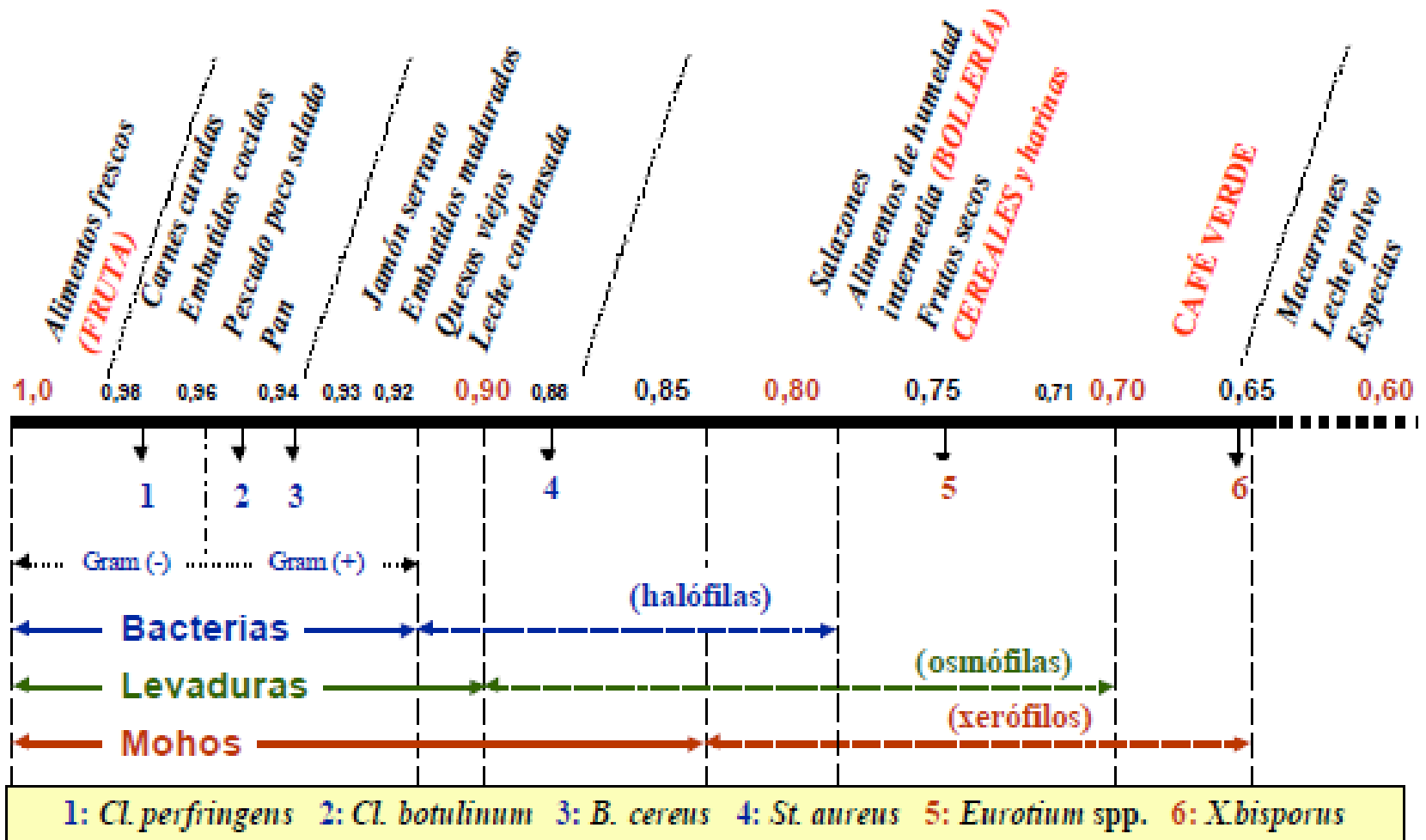
Ejemplos:

Salmonella en Chocolate a $a_w = 0,30$

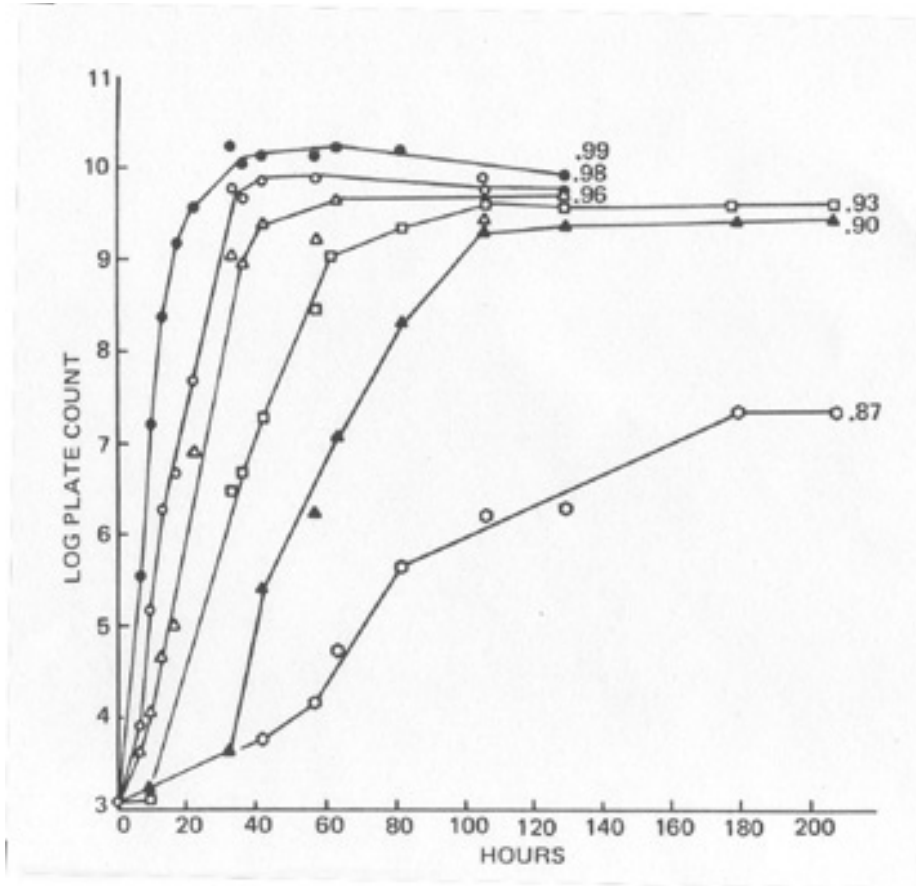
Salmonella y *S. aureus* en leche en polvo a $a_w = 0,26$

Una baja a_w no es un paso para eliminarlos, pero los microorganismos no proliferarán

Valores limite de a_w



Desarrollo de microorganismos



Efectos de distintos valores de a_w sobre las curvas de crecimiento de *Staphylococcus aureus*

Adapted from Troller, J. A. (1987). Adaptation and growth of microorganisms in environments with reduced water activity. In: Water activity: Theory and applications to food Rockland, L. B. and Beuchat, L. R. eds. Marcel Dekker, Inc. New York p.101-117.

Estabilidad Química y Bioquímica

La a_w es un indicador que permite predecir qué tipo de reacciones ocurrirán, en base a la composición del producto

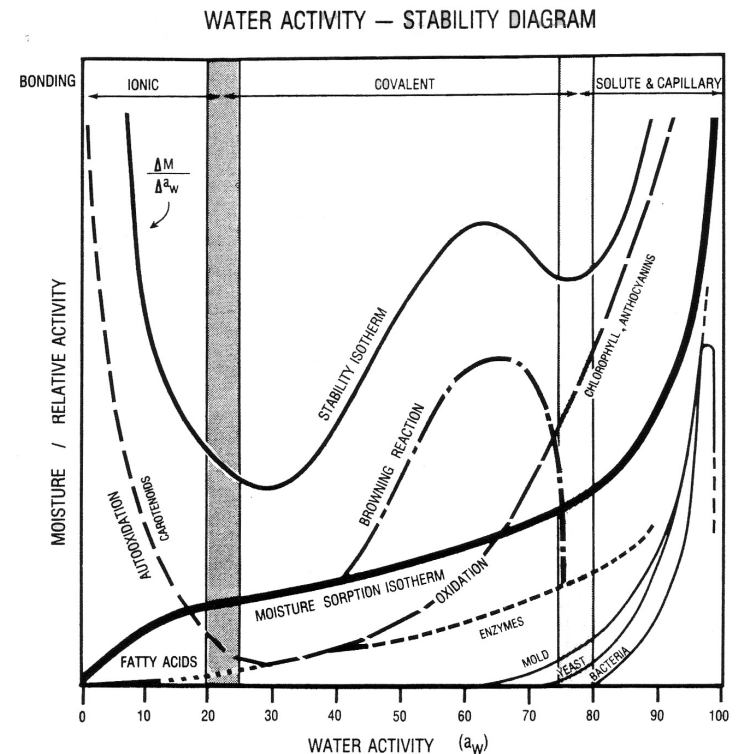
La a_w influye en la velocidad de las reacciones.

El agua puede actuar como:

Solvente

Reactivo

Cambia la movilidad de los reactantes (viscosidad)



Estabilidad Química y Bioquímica

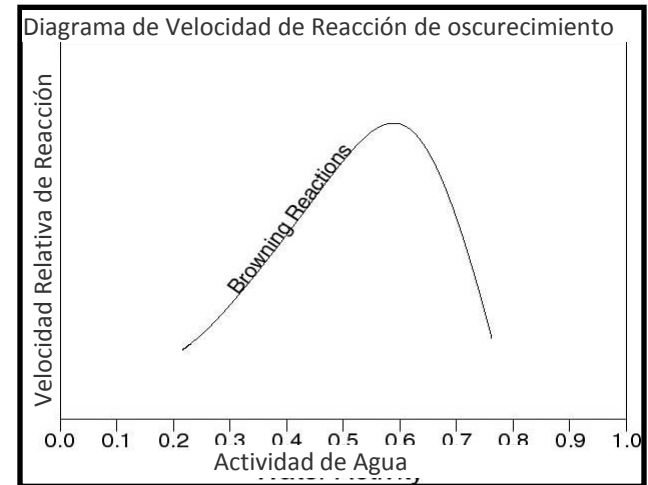
- *Oscurecimiento No Enzimático*
- *Oxidación Lipídica*
- *Degradación de Nutrientes*
- *Reacciones Enzimáticas*



Oscurecimiento No Enzimático

Tipos de reacciones

- Reacción de Maillard
- Oxidación del ácido ascórbico
- Peroxidación de lípidos
- Caramelización a alta temperatura



Las reacciones Maillard son una compleja serie de reacciones

Forma compuestos heterocíclicos de N, altamente coloreados

La mayor pérdida de N ocurre a 0,65-0,70 a_w

Oscurecimiento No Enzimático II

Afecta el valor nutricional, color, sabor, aroma y textura de los alimentos

Puede modificar la aceptabilidad del alimento.

Ejemplos deseables: caramelización, carne asada, café, corteza de pan

Ejemplos no deseables: oscurecimiento de la leche en polvo, carne seca se endurece y se vuelve amarga, pérdida de proteínas

Oxidación Lipídica

Una de las mayores causas de deterioro de alimentos.

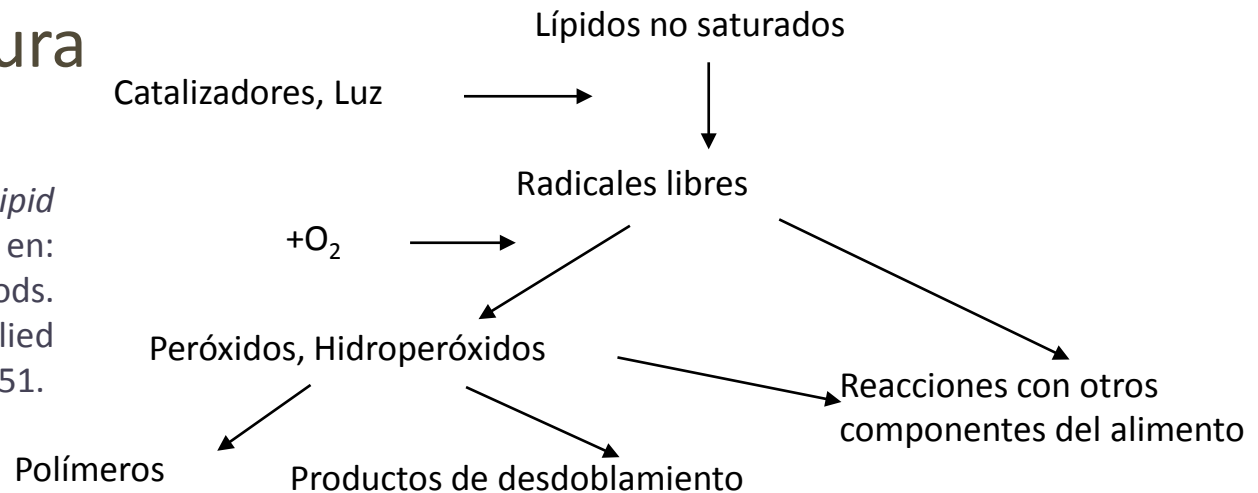
Produce:

Olores y sabores desagradables

Disminución de la calidad nutricional

Algunos productos son potencialmente tóxicos

Todas las etapas de esta reacción se ven afectados por la a_w y la Temperatura



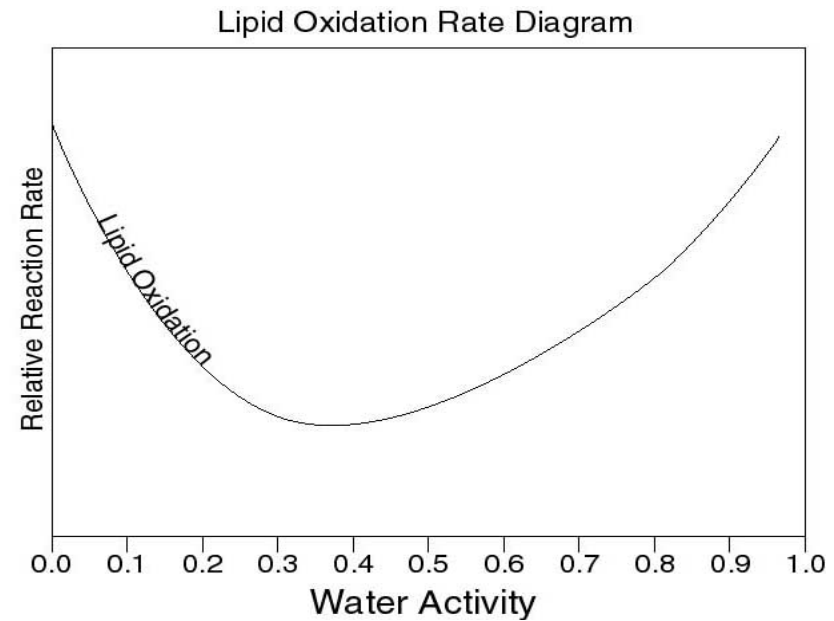
Karel, M. (1986). "Control of lipid oxidation in dried foods". en: Concentration and drying of foods. MacCarthy, D. eds. Elsevier Applied Science Publishers, London p.37-51.

Oxidación Lipídica II

La velocidad mínima de reacción es para un valor de a_w de aproximadamente 0,3 - 0,5 a_w

A valores de a_w bajos, la reacción es más rápida debido a la menor unión entre el agua y los hidroperóxidos

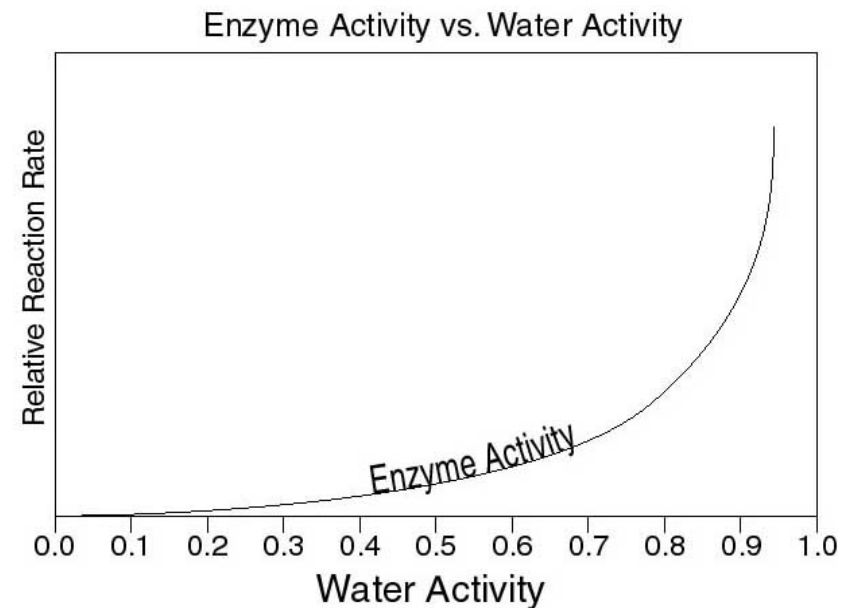
A valores de a_w elevados, la velocidad de reacción aumenta por la disolución de iones metálicos, lo que facilita la formación de radicales libres



Actividad Enzimática

Las enzimas se emplean en la industria para una gran variedad de aplicaciones, desde el procesamiento del azúcar y almidón hasta la producción de embutidos y quesos.

- La actividad de las enzimas aumenta al aumentar el a_w
- La a_w influye en la movilidad del sustrato y el producto(s) de la reacción.
- La estabilidad (almacenaje o inactivación) de las enzimas está influenciada por la a_w



Actividad Enzimática II

Minimum a_w Values for Enzymatic Reactions in Selected Food and Model Systems

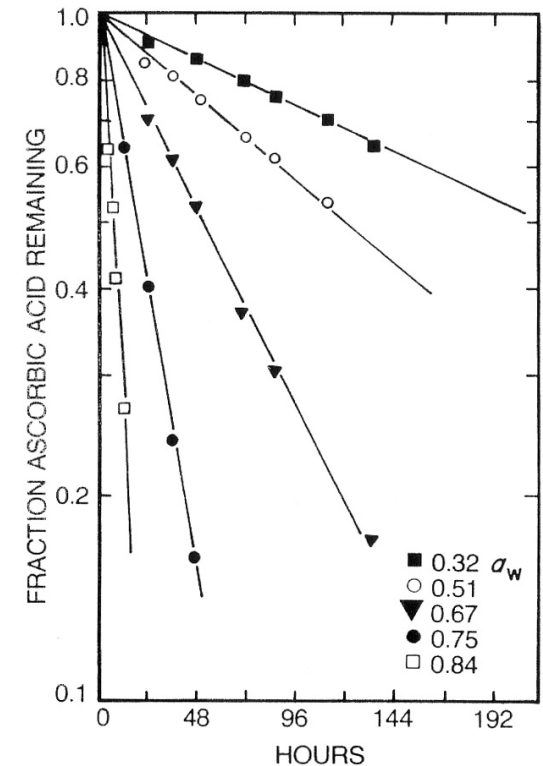
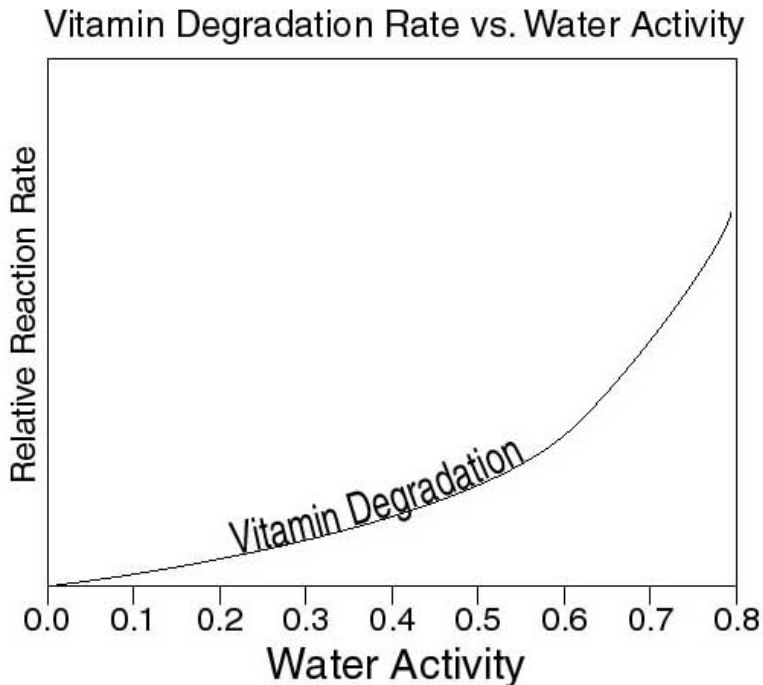
Product/Substrate	Enzyme	T(°C)	a_w Threshold
Grains	Phytases	23	0.90
Wheat germ	Glycoside-hydrolases	20	0.20
Rye flour	Amylases	30	0.75
Macaroni	Proteases		
Wheat flour dough	Phospholipases	25–30	0.45
Bread	Proteases	35	0.96
	Amylases	30	0.36
	Proteases		
Casein	Trypsin	30	0.50
Starch	Amylases	37	0.40/0.75
Galactose	Galactosidase	30	0.40–0.60
Olive Oil	Lipase	5–40°C	0.025
Triolein, Trilaurin	Phospholipases	30	0.45
Glucose	Glucose oxidase	30	0.40
Linoleic acid	Lipoxygenase	25	0.50/0.70

Drapron, R. (1985) Enzyme activity a function of water activity. In *Properties of Water in Foods*. Simato, D. and Multon, J.L. (ed.), Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Degradación de Nutrientes

La degradación de las vitaminas aumenta al aumentar la a_w

Ejemplo: disminución de la cantidad de Vitamina C con el paso del tiempo



Degradación del ácido Ascórbico a distintos valores de a_w y a 35°C

Labuza, T. P. 1974. Storage stability and improvement of intermediate moisture foods. NAS Contract 9-125-60, Phase II, Final Report:10-81.

a_w *versus* Propiedades Físicas

- Textura
- Migración de humedad
- Apelmazamiento y aglomeración



Textura

Productos Duros o Crujientes

- baja a_w
- se quiebran cuando se les aplica fuerza, son crujientes
- se ablandan cuando se someten a a_w elevadas



Productos Suaves (Blandos)

- a_w de intermedio a alto
- se doblan cuando se les aplica presión
- son húmedos, jugosos y suaves
- se endurecen cuando se someten a a_w bajas

Textura II

Soluciones,

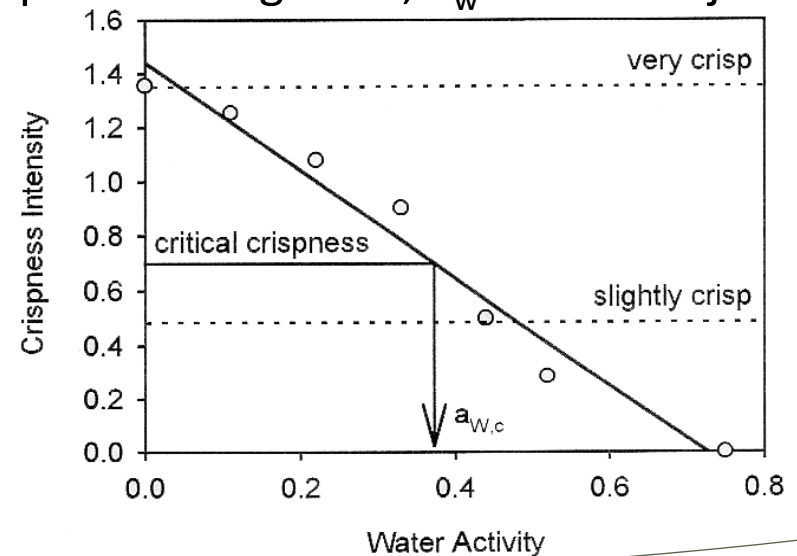
Mantener la a_w dentro de los límites críticos para tener las características de textura apropiadas

Prevenir la migración de humedad en productos multi-componentes

Barreras en los envases

Katz, E.E. and Labuza, T.P. (1981) Effect of water activity on the sensory crispness and mechanical deformation of snack food products. *J. Food Sci.* 46: 403-409

Ejemplo en una galleta, a_w versus crujiente



Migración de Humedad

Sistemas Multi-Componente

Zonas distintas con diferentes a_w

El agua se mueve desde zonas de mayor a_w hacia las de menor a_w



La fuerza motriz de la migración del agua está directamente relacionada con la diferencia de a_w

La velocidad de migración depende de las propiedades de estructura /difusión

Migración de Humedad II

La migración de humedad lleva a:

- cambios en la textura
- crecimiento microorganismos
- reacciones de degradación
- cambios organolépticos



Ejemplos de sistemas Multi-componente

queso / galletas, cereales con frutas, masas horneadas – rellenos, masa para pizza congelada – salsas, helados en barquillos, sandwiches, bocadillos

Soluciones para la Migración de Humedad

- Trabajar con componentes con el mismo valor de a_w (conocer la isoterma de cada producto)
- Retardar el proceso de difusión entre componentes (viscosidad)
- Aplicar barreras, películas o cubiertas comestibles que evitan la migración del agua entre los diferentes ingredientes de un alimento compuesto. Ejemplos de productos: bases de pizza congelada con salsa, helados en barquillo con cubierta de chocolate
- Envasar por separado

Apelmazamiento

El apelmazamiento es un proceso que depende de la a_w , tiempo y temperatura

Los pasos del apelmazamiento son:

humedecimiento, formación de uniones, aglomeración, compactación, deliquesencia

Este problema es omnipresente en las industrias alimentaria y farmacéutica

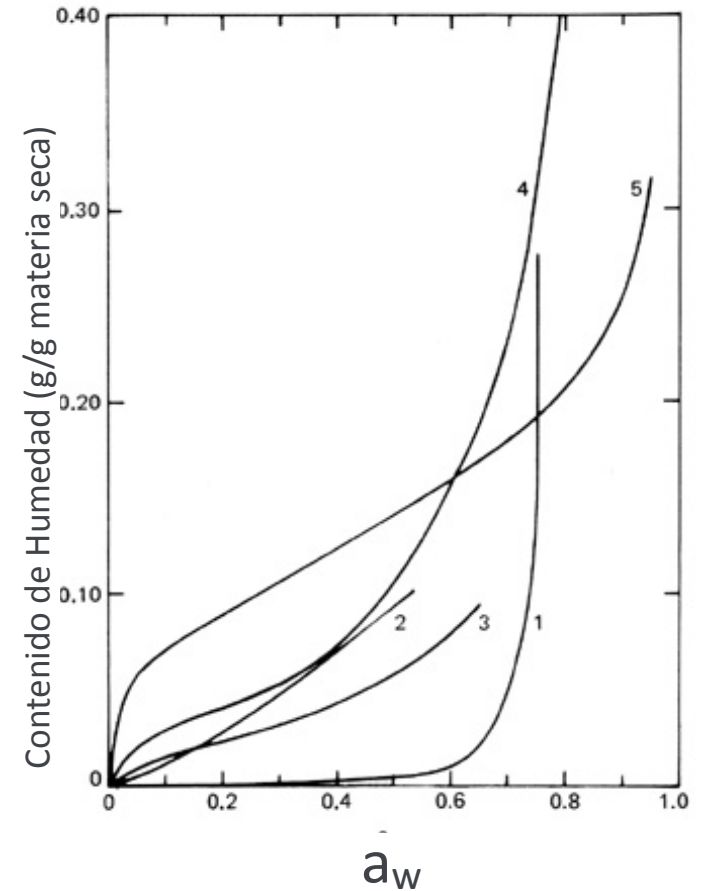
Prevención del Apelmazamiento

Para mantener las propiedades de fluidez de los partículas pulverulentas y prevenir el apelmazamiento:

- Llevar a un bajo contenido de humedad (a_w)
- Tratar el producto en polvo en atmósferas de baja humedad
- Envasar con barreras de alta humedad
- Conservar a bajas temperaturas
- Añadir agentes anti-aglomerantes

Isotermas de sorción de Humedad

Cada producto tiene su propia y única Isoterma de Sorción de Humedad – debido a las diferentes interacciones (coligativas, capilaridad, ...) entre el agua y los componentes sólidos a diferentes contenidos de humedad

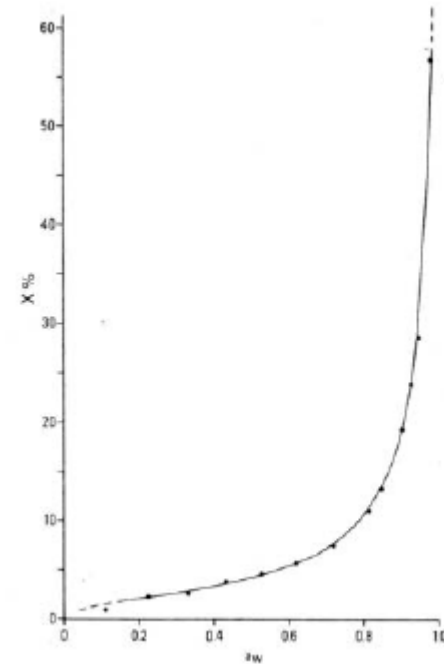
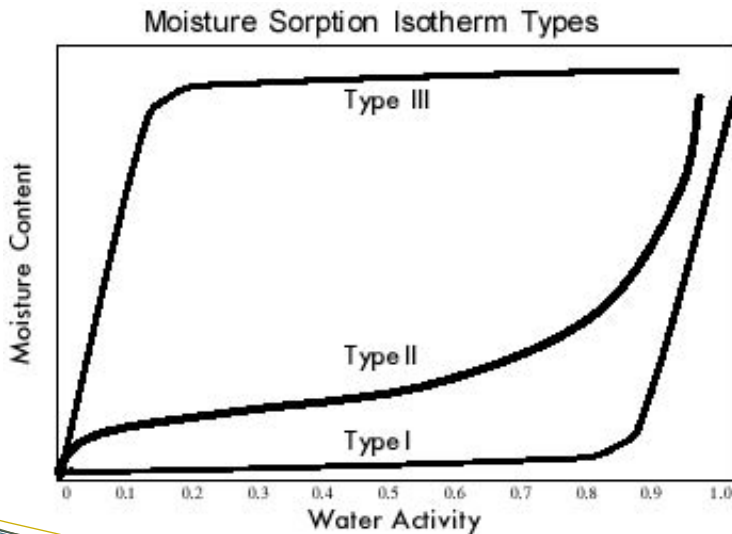


Tipos de Isotermas de Sorción

Tipo I, Azúcares cristalinos

Tipo II, Mayoría de Alimentos

Tipo III, antiaglomerantes



Isoterma de un queso
Emmental de 90 días de curado

Usos de las Isotermas

Estabilidad y velocidad de Reacción Química

Cálculo de Estimaciones de Vida Útil

Cambios Físicos

- modificaciones en la textura
- apelmazamiento de partículas en polvo
- productos húmedos que al perder agua se vuelven duros y gomosos

Necesidades de Envasado

Mezclas de Ingredientes, productos

Cambios de Temperatura

