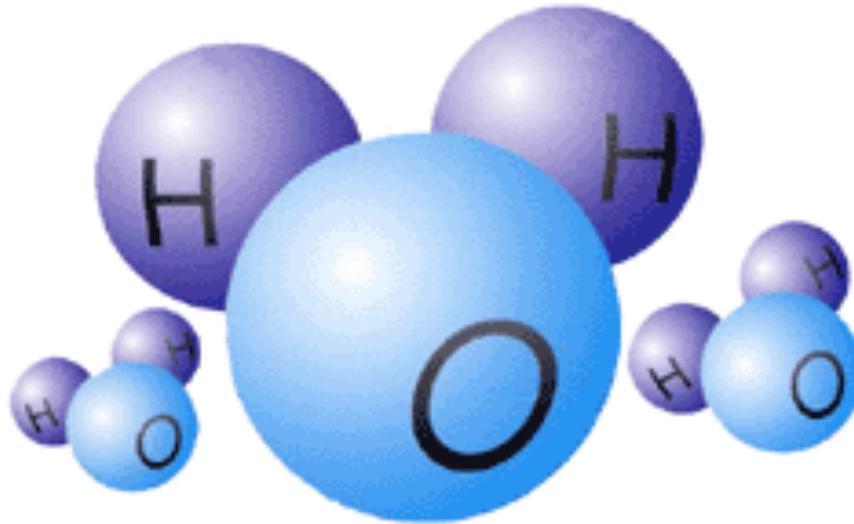


ATTIVITA' DELL'ACQUA



- » Definizione
- » Attività dell'acqua e ERH
- » Isoterme di assorbimento
- » Come si misura

Attività dell'acqua

L'attività dell'acqua un indice del grado di libertà dell'acqua presente in un materiale.

L'attività dell'acqua determina direttamente le caratteristiche fisiche, meccaniche, chimiche e microbiologiche di un materiale, nonché i fenomeni di interazione tra i materiali, quali, per esempio la scorrevolezza, la formazione di grumi, la coesione, l'elettricità statica, ecc.

Nell'industria alimentare l'attività dell'acqua è un fattore essenziale per determinare la durata dei prodotti intermedi o finiti.

Attività dell'acqua - Definizione

L'attività dell'acqua è definita :

$$a_w = f/f_o$$

è il rapporto tra la fugacità **f** (la tendenza a fuggire) dell'acqua in un sistema e la fugacità **f_o** dell'acqua pura alla stessa Temperatura.

L'equilibrio si ottiene quando, la “tendenza a fuggire” da una fase è uguale alla “tendenza a fuggire” da un'altra fase. Le due fasi sono quindi in equilibrio .

Perciò la misura della fase del vapore determina l'attività dell'acqua del campione.

Attività dell'acqua - Definizione

Per applicazioni pratiche la fugacità è con un ottimo grado di approssimazione, la pressione di vapore ($f \simeq p$) quindi si desume che:

$$a_w = f/f_o \simeq p/p_o$$

In questo contesto si definisce pertanto:

$$a_w = p/p_o$$

p: è la tensione di vapore dell'acqua all'interno del prodotto

p_o: è la tensione di vapore dell'acqua pura alla stessa temperatura

Attività dell'acqua - Umidità di equilibrio

La precedente espressione costituisce pure la definizione dell'umidità relativa di equilibrio (ERH) in una miscela aria-vapore.

Risulta infatti:

$$Rh = P_v / P_s$$

P_v : pressione parziale del vapore sulla superficie del prodotto

P_s : pressione di saturazione del vapore alla stessa temperatura T

VALORE COMPRESO TRA 0 e 1

Attività dell'acqua - Umidità di equilibrio

Ovvero quando un solido umido è in equilibrio con l'atmosfera circostante, la sua attività eguaglia l'umidità relativa dell'atmosfera stessa.

Pertanto possiamo assumere:

$$A_w = P_v/P_s = ERH/100$$

Questa definizione sarà la base di tutti i metodi usati per la misura dell'attività dell'acqua.

Attività dell'acqua - Umidità di equilibrio

La formula base dell'AW non ci aiuta a capire il significato in modo esauriente,

$$A_w = P_o/P_s$$

è il rapporto tra due pressioni ed è quindi un numero senza dimensioni.

Prendiamo a prestito dalla legge generale dei gas:

$$P \times V = nRT$$

le dimensioni di questa equivalenza sono Kg x metro = (lavoro)

infatti P è una pressione Kg/m² e V è un volume m³

Attività dell'acqua - Umidità di equilibrio

$$P_o \times V = nRT$$

$$P_s \times V = nRT$$

$$P_o/P_s = AW$$

AW = rapporto tra due energie dovute alle differenti pressioni del vapore nella condizione di equilibrio termico

$$dL = -RT \ln P_v/P_{vs}$$

$$dL = -RT \ln AW$$

$$\ln A_w = -dL/RT$$

$$A_w = e^{-dL/RT}$$

$$A_w = 2,7172 \cdot e^{-dL/RT}$$

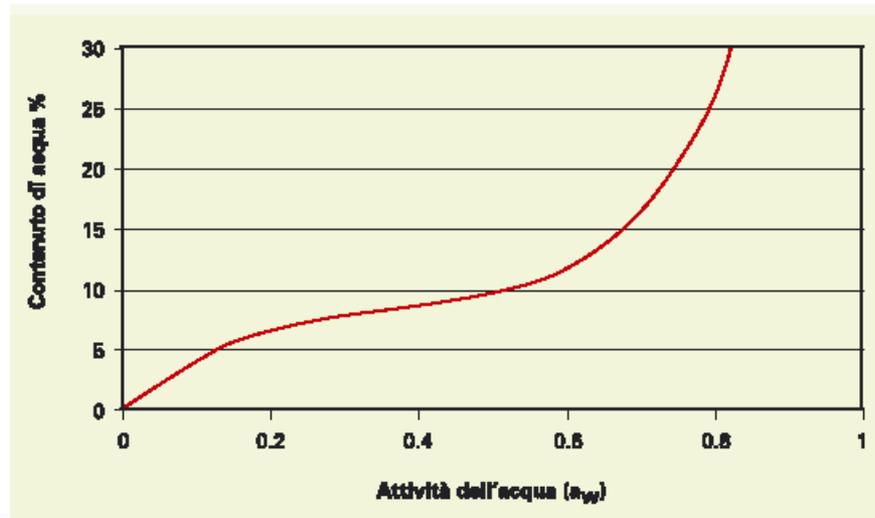
A_w è un indice dell'energia necessaria per portare alla superficie l'acqua contenuta nel prodotto.

Maggiore è l' A_w , meno forte è il legame dell'acqua con il prodotto, minore è l'energia necessaria per avere disponibile l'acqua sulla superficie e viceversa.

I microrganismi per crescere devono spendere questa energia, se non ne hanno le caratteristiche osmotiche, la possibilità o la forza, crescono meno rapidamente.

Isoterme di assorbimento

In un prodotto esiste una correlazione tra il valore A_w e il contenuto d'acqua in percentuali di peso, tale relazione è detta **“Isoterma di assorbimento”**.



Isoterme di assorbimento

Per ogni valore di umidità relativa l'isoterma di assorbimento indica la percentuale d'acqua di un materiale ad una data temperatura costante.

Con il variare della composizione o della qualità del materiale, varia anche il processo di assorbimento.

A causa della complessità delle procedure di assorbimento non è possibile determinare le isoterme per via matematica.

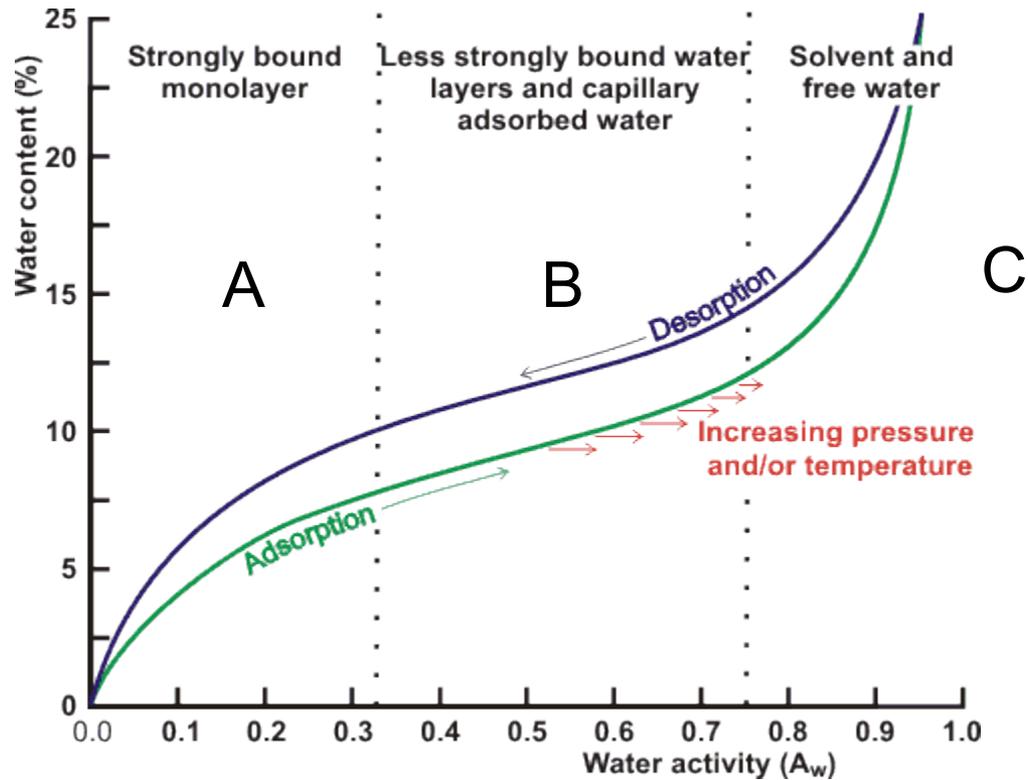
Perciò è necessario rilcavarle in forma sperimentale, per ogni singolo prodotto e per ogni singola temperatura.

Isoterme di assorbimento

Si ottiene sperimentalmente essiccando l'alimento di cui si vuole costruire l'isoterma e portandolo, successivamente, a contatto con un ambiente ad umidità nota fino al raggiungimento di condizioni di equilibrio.

Sulla base di questa esperienza si considerano nella pratica d'impiego la percentuale d'acqua e l'attività dell'acqua come due parametri indipendenti, ma in reciproco rapporto tramite l'isoterma di assorbimento.

Isoterme di assorbimento



Isoterme di assorbimento

Osservando l'andamento caratteristico di una tale curva, si riconoscono tre zone principali A, B e C.

Per valori sufficientemente bassi di $a_w < 0.2; 0.3$ (regione A) le molecole di acqua sono saldamente legate grazie all'insorgenza di legami ad idrogeno o interazioni elettrostatiche tra le stesse molecole di acqua e gruppi fortemente polari.

In tali condizioni l'acqua non è disponibile per favorire lo sviluppo microbico o la comparsa di reazioni chimiche che producano delle alterazioni.

Isoterme di assorbimento

All'interno delle regioni indicate con B e C le molecole di acqua sono gradualmente sempre meno impegnate in legami con il substrato e una parte rilevante di ciò che è stato assorbito è presente come liquido "libero".

Il grafico evidenzia, una significativa **Isteresi**, presente nella quasi totalità dei processi di assorbimento.

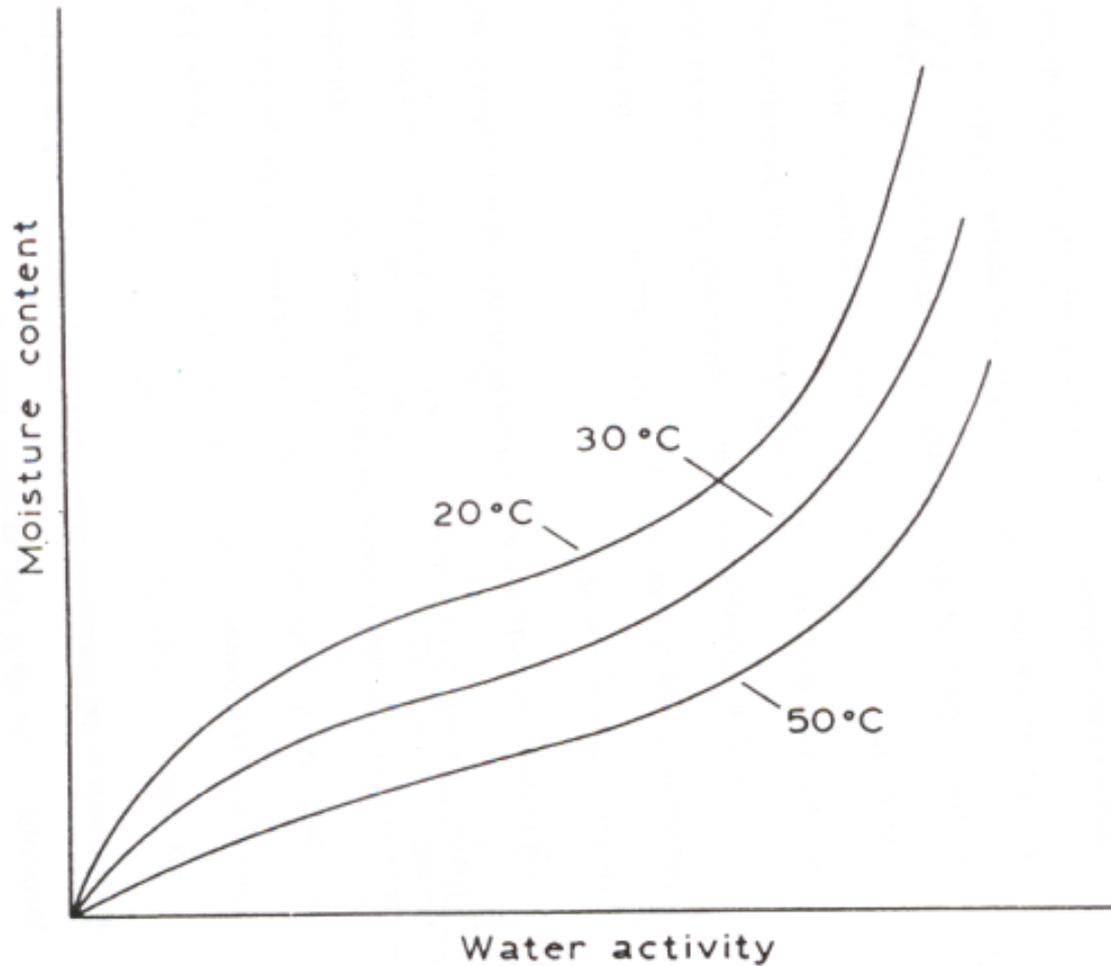
Varia in funzione della natura e dello stato del substrato, la curva di desorbimento non coincide con quella di assorbimento (in genere giace al di sopra).

Il materiale, a parità di A_w rilascia una quantità minore di acqua rispetto a quella che assorbe nelle medesime condizioni.

Isoterme di assorbimento

Ripetendo le misurazioni e la corrispondente costruzione della curva per valori crescenti di T , si nota una traslazione verso destra dell'isoterma, che evidenzia come, per un fissato valore di a_w , la quantità di acqua che l'alimento assorbe fino a portarsi in condizioni di equilibrio decresca con il progressivo aumento della temperatura.

Isoterme di assorbimento



Metodi di misura

Metodi:

- » Igrometro a capello o polimerico
- » Equilibrio Isopiastico
- » Sensori dielettrici
- » Igrometri a specchio raffreddato

Igrometro a capello o polimerico

Questo metodo è basato sulla variazione della lunghezza di un capello o un polimero al variare dell'umidità.

Si misura l'umidità di equilibrio

Vantaggi:

- » Accuratezza: +/- 0,03 aw – 0,05 aw
- » Semplicità d'uso
- » Economico

Svantaggi:

- » Lento a raggiungere l'equilibrio
- » Non lineare
- » Contaminato da elementi volatili
- » Isteresi

Equilibrio Isopiastico

Si considera l'assorbimento di un materiale di riferimento, in genere cellulosa microcristallina e se ne determina l'isoterma di assorbimento.

Il campione di materiale viene posto in un essiccatore a vuoto e si attende l'equilibrio per 24/48 h.

L'umidità è determinata sul materiale di riferimento e l' a_w è determinata tramite l'isoterma di assorbimento.

Equilibrio Isopiastico

Vantaggi:

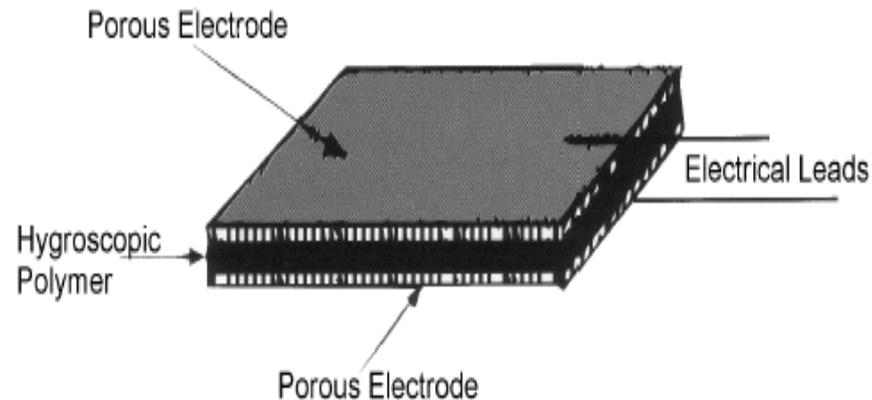
- buona accuratezza a alte aw
- semplicità d'uso
- economico

Svantaggi:

- Lento a raggiungere l'equilibrio 24/48 h
- Necessita di essicatori

Sensori dielettrici

Si misura l'umidità di equilibrio, tramite un sensore capacitivo, il cui dielettrico varia al variare dell'umidità.



Sensori dielettrici

Vantaggi:

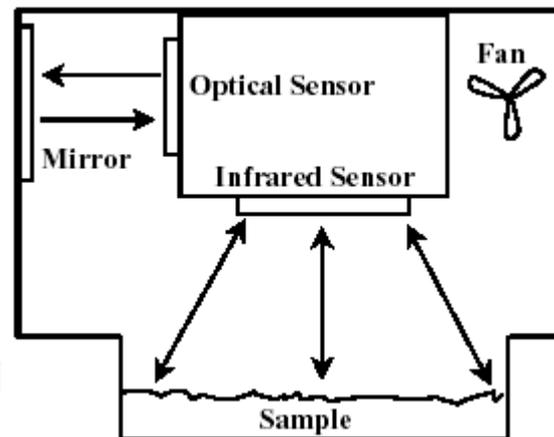
- Accuratezza: 0,008 aw
- poca influenza agli elementi volatili
- misura aw sull'intero range (0...1 aw)
- buon rapporto qualità prezzo

Svantaggi.

- La misura necessita di una compensazione in temperatura
- Isteresi del sensore (calibrare una volta all'anno)

Igrometri a specchio raffreddato

Il metodo si basa sulla misura della temperatura di saturazione, tramite l'osservazione della condensazione su una superficie a specchio.



Igrometri a specchio raffreddato

Vantaggi:

- Accuratezza: 0,003 aw
- velocità di misura
- misura aw su quasi l'intero range (0,03..1 aw)

Svantaggi:

- Pulizia dello specchio delicata
- Sensibilità agli alcoli e ai glicoli
- Costi elevati