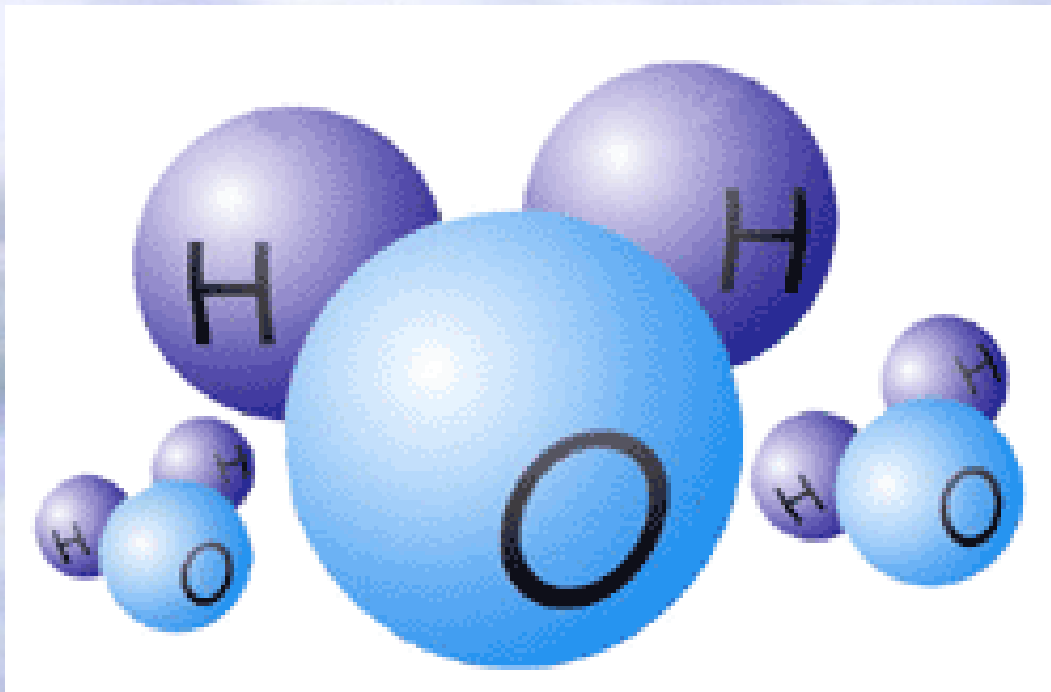


rottronics®

ATTIVITA' DELL'ACQUA





- Definizione
- Attività dell'acqua e ERH
- Isotherme 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 :

$$a_w = f/f_0$$

è il rapporto tra la fugacità **f** (la tendenza a fuggire) dell'acqua in un sistema e la fugacità **f₀** 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

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.

SIGNIFICATO:

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

$$P_o \times V = nRT =$$

$$P_s \times V = nRT =$$

$$P_o/P_s = A_w$$

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

$$dL = -RT \ln P_v/P_v_s$$

$$dL = -RT \ln A_w$$

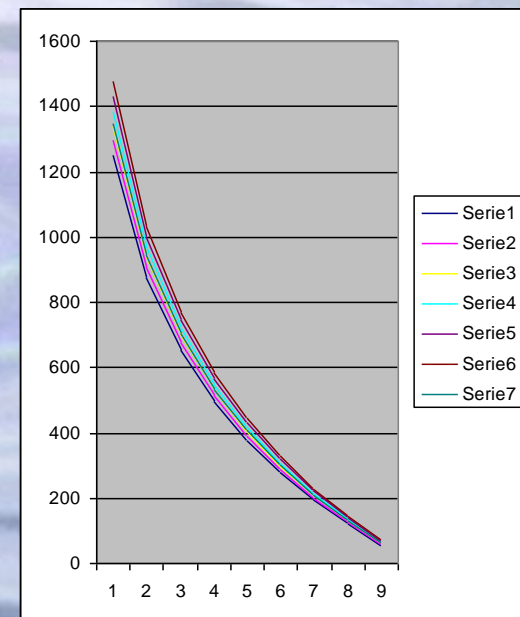
$$\ln A_w = -dL/RT$$

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

AW è un indice dell'energia necessaria per portare alla superficie l'acqua contenuta nel prodotto. Maggiore è l'Aw, 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.

Tabella Aw/ energia

		°k	°k	°k	°k	°k	°k	°k
In aw	aw	273	283	293	303	313	323	295
-2,30	0,1	1247,009	1292,68	1338,36	1384,04	1429,72	1475,39	1347,5
-1,61	0,2	872,9	904,88	936,85	968,83	1000,8	1032,77	943,25
-1,20	0,3	650,61	674,44	698,27	722,1	745,94	769,77	703,044
-0,91	0,4	493,38	511,45	529,52	547,59	565,67	583,74	533,14
-0,693	0,5	375,72	389,49	403,25	417,01	430,78	444,54	406
-0,510	0,6	276,51	286,63	296,76	306,89	317,025	327,15	298,79
-0,356	0,7	193,01	200,08	207,15	214,22	221,29	228,36	208,56
-0,223	0,8	120,9	125,33	129,76	134,19	138,62	143,04	130,64
-0,105	0,9	56,99	59,01	61,09	63,18	65,26	67,35	61,51
0,000	1,0	0	0	0	0	0	0	0



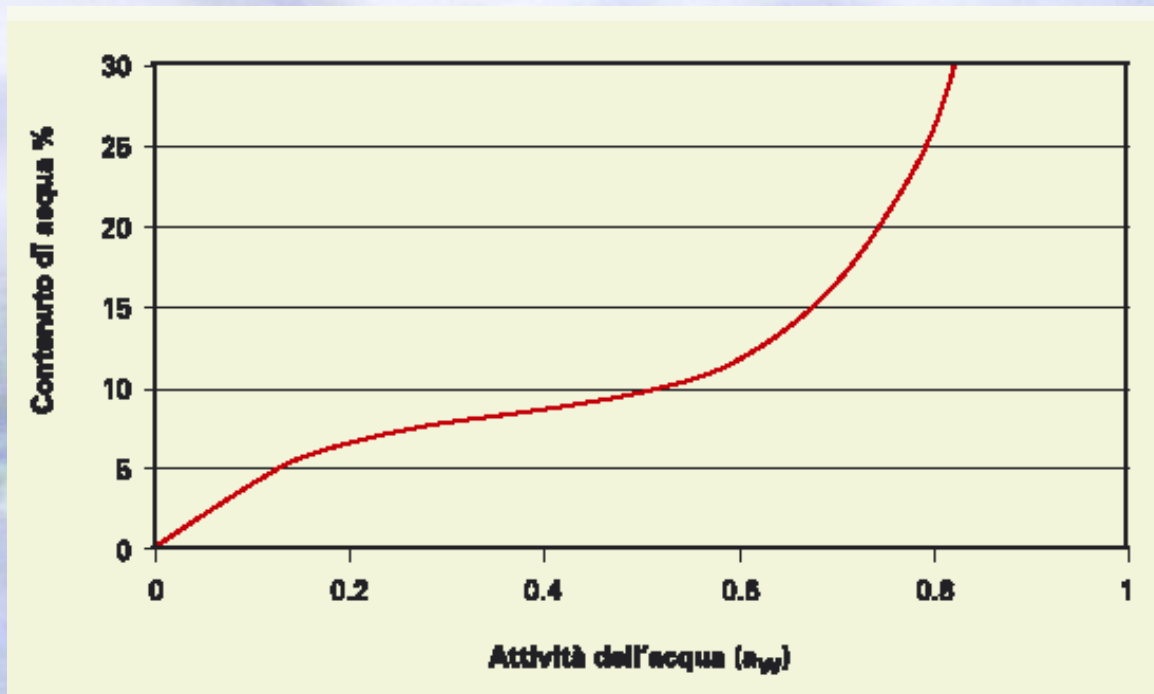
Legenda

- A_w = Attività dell'acqua
- P_o = Pressione parziale del vapore acqueo
- P_s = Pressione di saturazione del vapore acqueo a temp. definita
- $P V = nRT$ = equazione di stato dei gas
- P = pressione
- V = volume
- n = numero mole gas
- R = Costante dei gas = 1,986 cal/mole °K
- T = temperatura in °K
- dL = Lavoro per mole
- \ln = log. Naturale
- $e = 2,7172..$

Isoterme di assorbimento - Contenuto di acqua

In un prodotto esiste una relazione diretta 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 è difficile determinare le isoterme in via matematica.

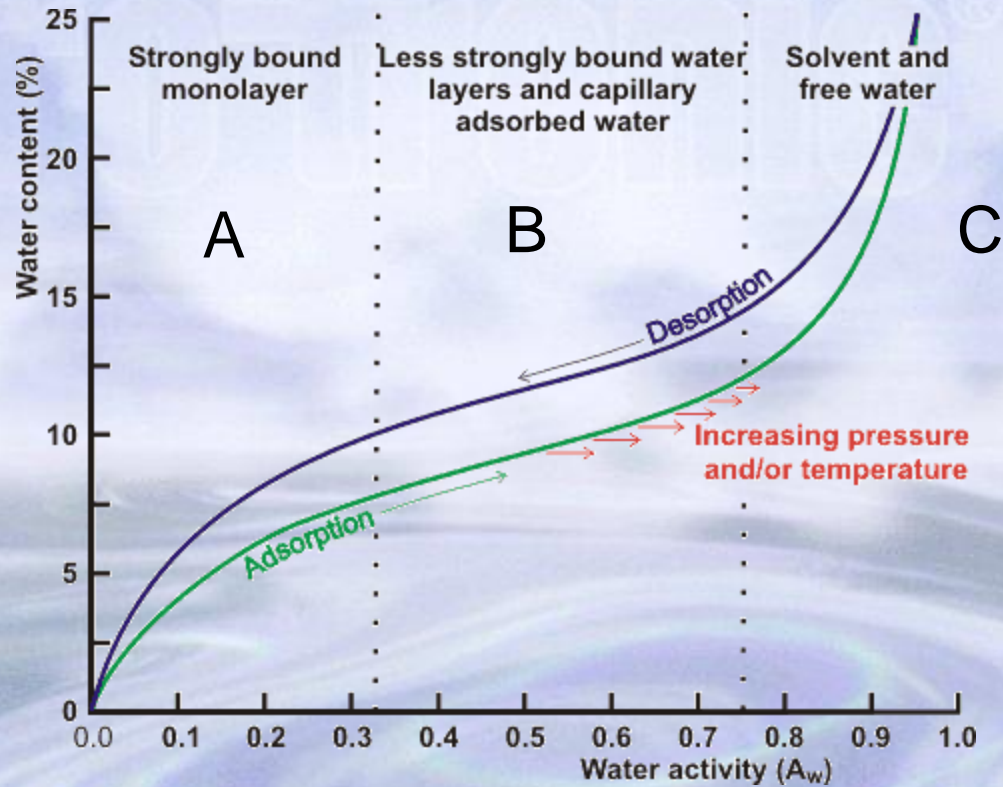
Perciò è necessario rilevarle in forma sperimentale, per ogni singolo prodotto e per ogni singola Temperatura.

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.

Isoterme di assorbimento

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 indicate con le lettere A, B e C. Per valori sufficientemente bassi di $a_w < 0.2; 0.3$ (regione A) le molecole di acqua sono saldamente legate al solido 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

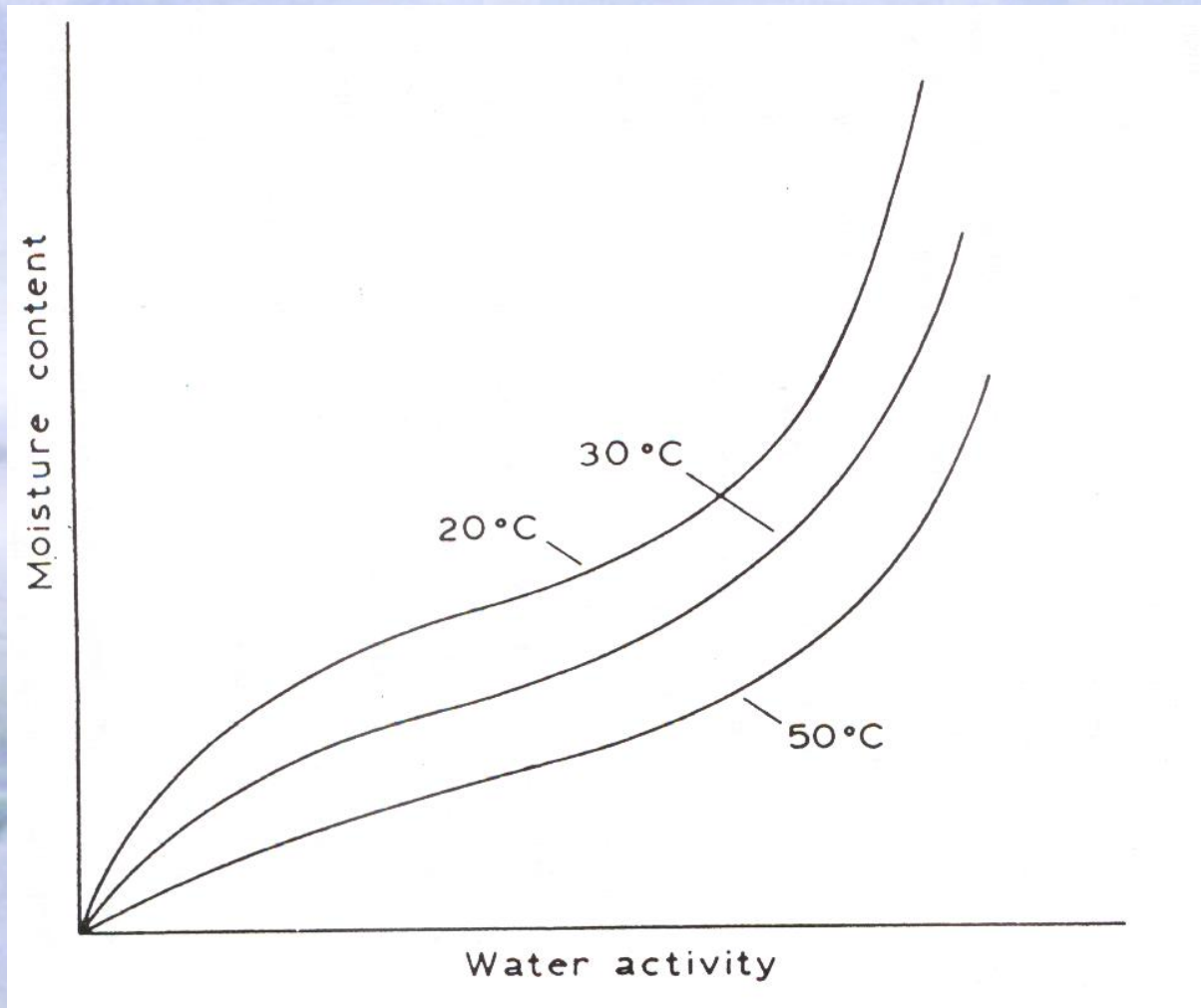
All'interno delle regioni indicate con B e C le molecole di acqua sono gradualmente sempre meno impegnate in legami con il substrato e una parte rilevante di ciò che è stato adsorbito è presente come liquido "libero".

Il grafico evidenzia, inoltre, il fenomeno della **Isteresi**, presente nella quasi totalità dei processi di adsorbimento in misura variabile con la natura e lo stato del substrato, secondo il quale la curva di desorbimento non coincide con quella di adsorbimento (in genere giace al di sopra); il solido, a parità di a_w rilascia una quantità minore di acqua rispetto a quella che adsorbe nelle medesime condizioni.

Isoterme di assorbimento

Ripetendo le misurazioni e la corrispondente costruzione della curva per valori crescenti di T si constata una traslazione verso destra della isoterma, che evidenzia come, per un fissato valore di a_w , la quantità di acqua che l'alimento adsorbe 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.

Vantaggi:

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

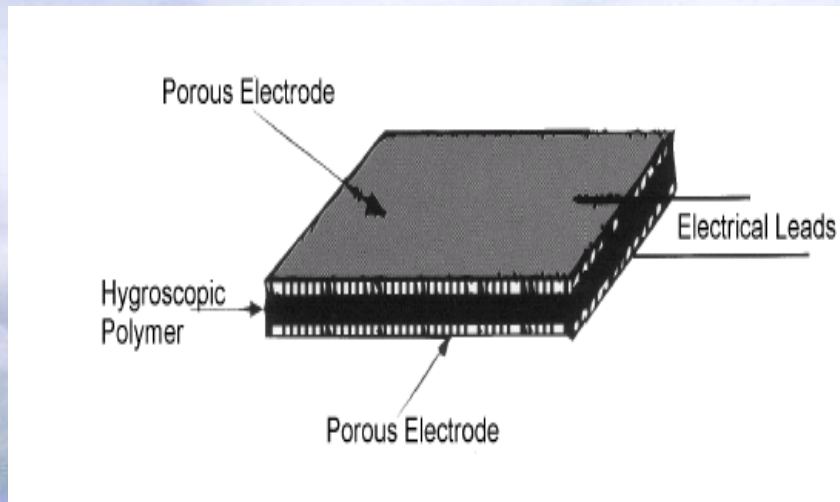
Equilibrio Isopiastico

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:

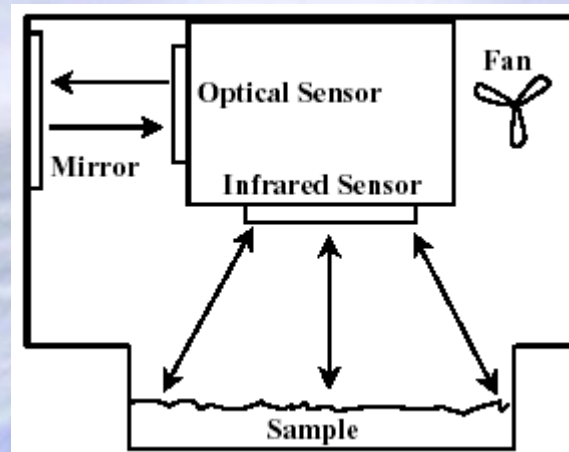
- Accuratezza: 0,01 aw
- poca influenza agli elementi volatili
- misura aw sull'intero range (0..1 aw)
- buon rapporto qualità prezzo

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