

# Acqua come alimento attività dell'acqua

Prof. Anna Maria Giusti

Dipartimento di Medicina Sperimentale

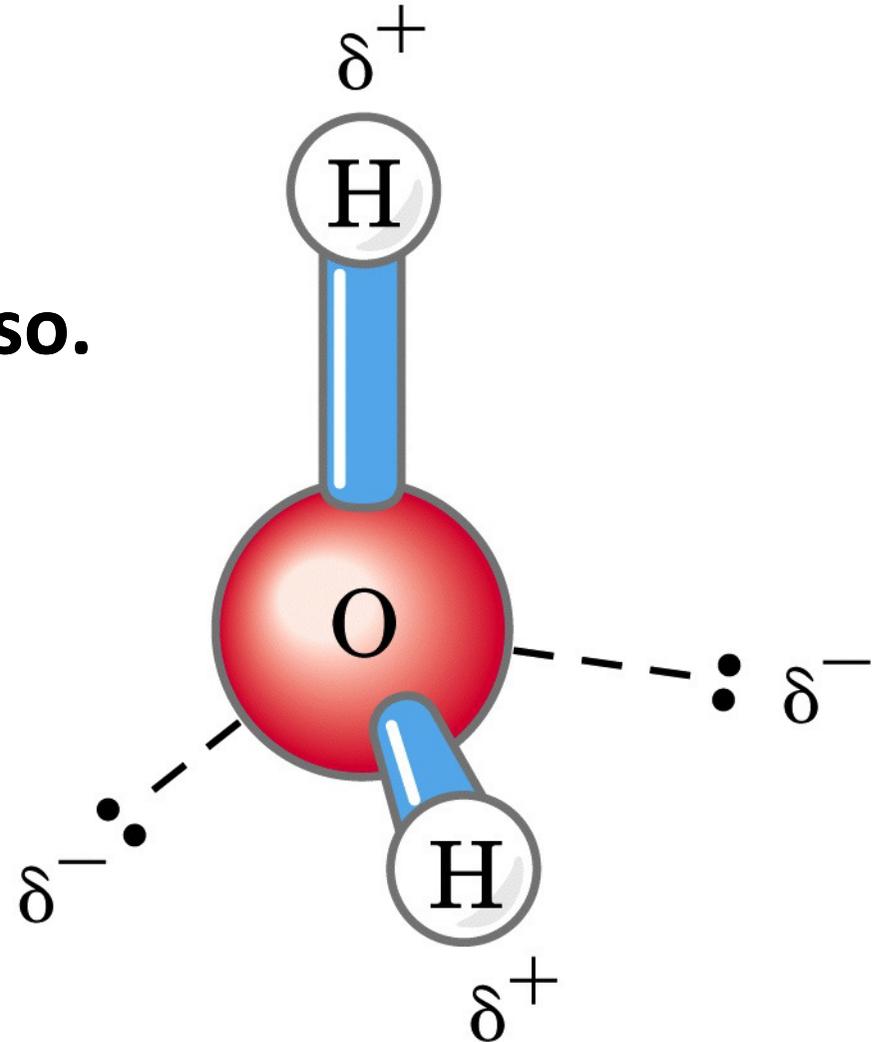
Sapienza Università di Roma

# ACQUA

**Composto chimico più abbondante della crosta terrestre e nella materia vivente**

**Nel corpo umano rappresenta il 60% in peso.**

**Si può trovare allo stato solido, liquido e vapore**



# ACQUA

**Importanti proprietà solventi**, soprattutto nei confronti dei composti ionici

**Elevato punto di fusione** ( $0^{\circ}\text{C}$  rispetto a  $-90^{\circ}\text{C}$  ipotizzabili in base al peso molecolare e al tipo di composto).

**Elevato punto di ebollizione** ( $100^{\circ}\text{C}$ ) che fanno sì che l'acqua sia liquida a temperatura ambiente

**Elevato calore specifico e calore latente di evaporazione:** l'acqua assorbe notevoli quantità di calore sia nello scaldarsi che nell'evaporare, con minime variazioni di temperatura. In base a ciò, essa svolge un ruolo importante nel livellare la temperatura ambiente durante l'arco della giornata e dell'anno e nel mantenere costante la temperatura corporea.

**Densità massima  $4^{\circ}\text{C}$**  (il ghiaccio ha una minore densità e galleggia sull'acqua)

## Attività dello ione H<sup>+</sup>

La concentrazione dello **ione idrogeno** (H<sup>+</sup>) in soluzione acquosa esprime l'acidità o la basicità di un'acqua. Infatti, l'acidità si misura mediante la **scala di pH**, che dipende dalla concentrazione degli ioni idronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>), e quindi dagli ioni H<sup>+</sup>, secondo la relazione  $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ . Un'acqua è definita acida se il suo pH è < 7, basica, se il suo pH è > 7, mentre a pH = 7 si può parlare di perfetta neutralità. In generale, le acque fornite dagli acquedotti per uso domestico hanno un pH compreso nell'intervallo 6,8-8,0.

**Il D. Lgs. n. 31/2001 colloca il pH nella categoria dei parametri indicatori e prevede che il suo valore sia compreso nell'intervallo  $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ .**

I parametri indicatori sono indici di modifiche della qualità delle acque e non sono direttamente correlabili a rischi per la salute.

## Conducibilità elettrica specifica

La **conducibilità elettrica specifica** definisce la capacità di una soluzione acquosa di condurre la corrente elettrica, proprietà che non possiede l'acqua distillata. **La conducibilità elettrica specifica è determinata dagli elettroliti disciolti dotati di carica elettrica, sotto forma di ioni positivi e di ioni negativi.** Questo parametro è quindi direttamente proporzionale al contenuto di ioni disciolti, ma non fornisce alcuna indicazione sulla loro natura.

Può essere invece messo in relazione con il **residuo secco**, ossia il contenuto totale delle sostanze disciolte, assumendo che nelle acque la maggior parte delle specie solubilizzate si trovino in forma ionica. **La conducibilità elettrica specifica è espressa in microsiemens per centimetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) a una data temperatura; in genere ci si riferisce a  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) e per la sua determinazione si impiega un apposito strumento denominato conduttimetro.**

**Il D. Lgs. n. 31/2001 colloca anche la conducibilità elettrica specifica tra i parametri indicatori e indica un valore **limite massimo pari a  $2500\ \mu\text{S}/\text{cm}$  a  $20^\circ\text{C}$ .****

## **Residuo secco determinato a 180 °C (o residuo calcolato)**

**Il residuo secco determinato a 180 °C (o residuo calcolato)** indica la quantità totale di sali minerali presenti nell'acqua ed è espresso in mg/L. In generale, è una grandezza che può essere correlata al valore della conducibilità elettrica specifica. **Questo parametro si determina direttamente con una particolare procedura analitica, oppure è calcolabile a patto che siano stati analizzati e valutati quantitativamente tutti i singoli componenti principali di un'acqua.**

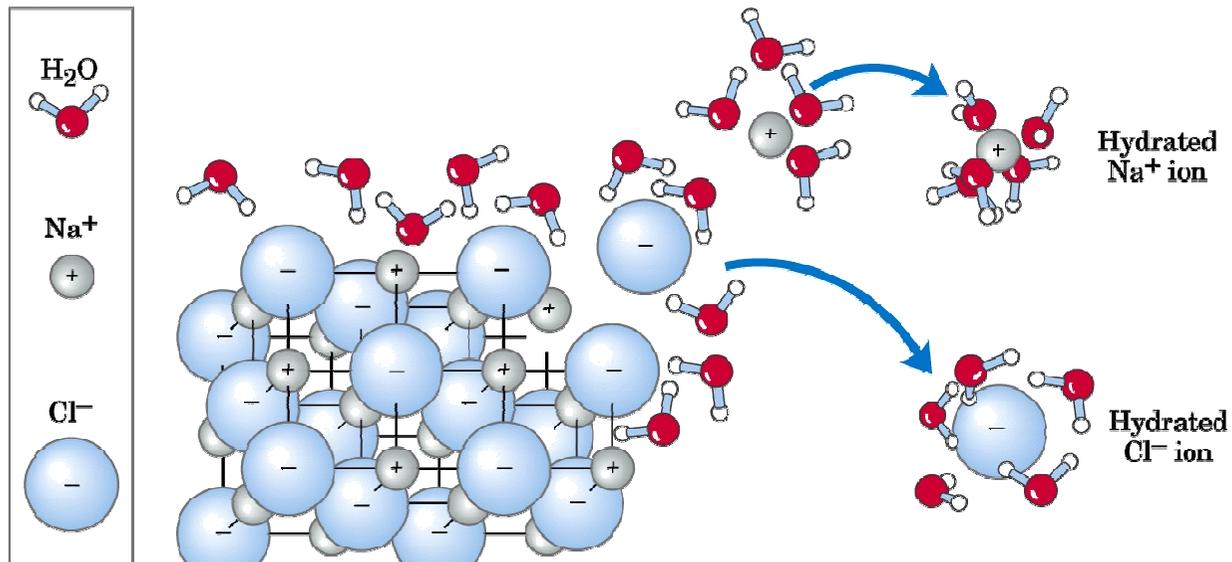
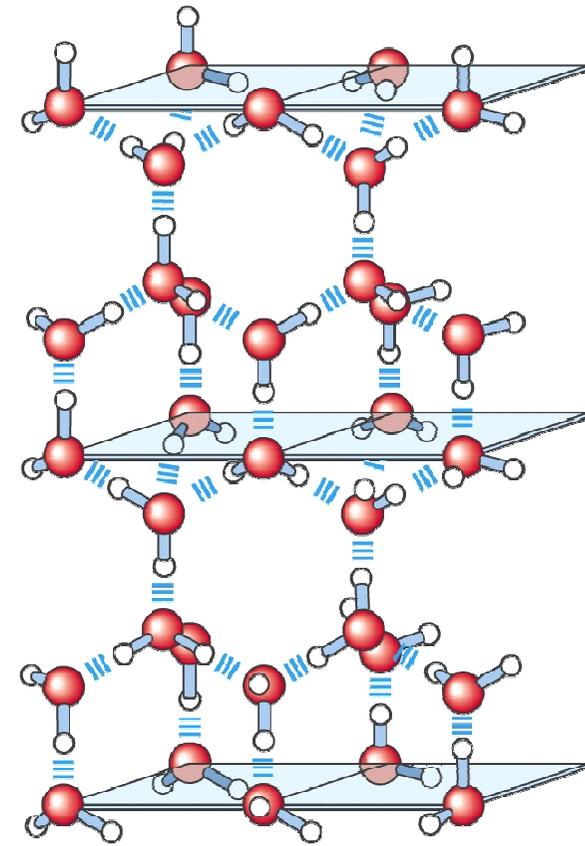
**Il D. Lgs. n. 31/2001 classifica il residuo secco nei parametri indicatori e indica solo il valore massimo consigliato, pari a 1,500 mg/L**

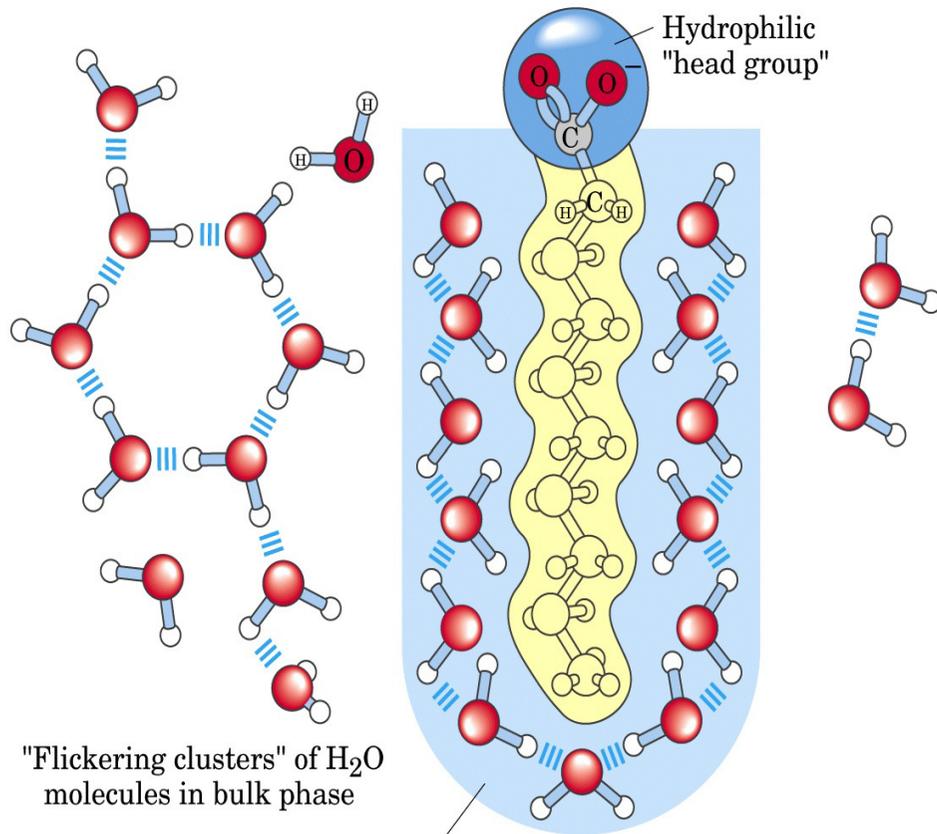
# L'acqua influenza

**la forma tridimensionale delle macromolecole**

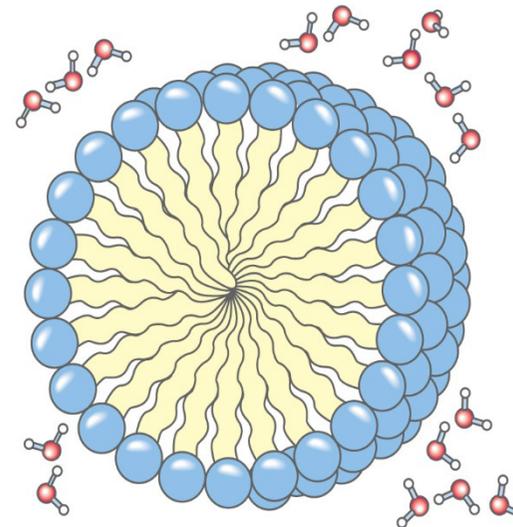
**la ionizzazione delle molecole**

**l'associazione particolare di alcuni tipi di lipidi**





(a)



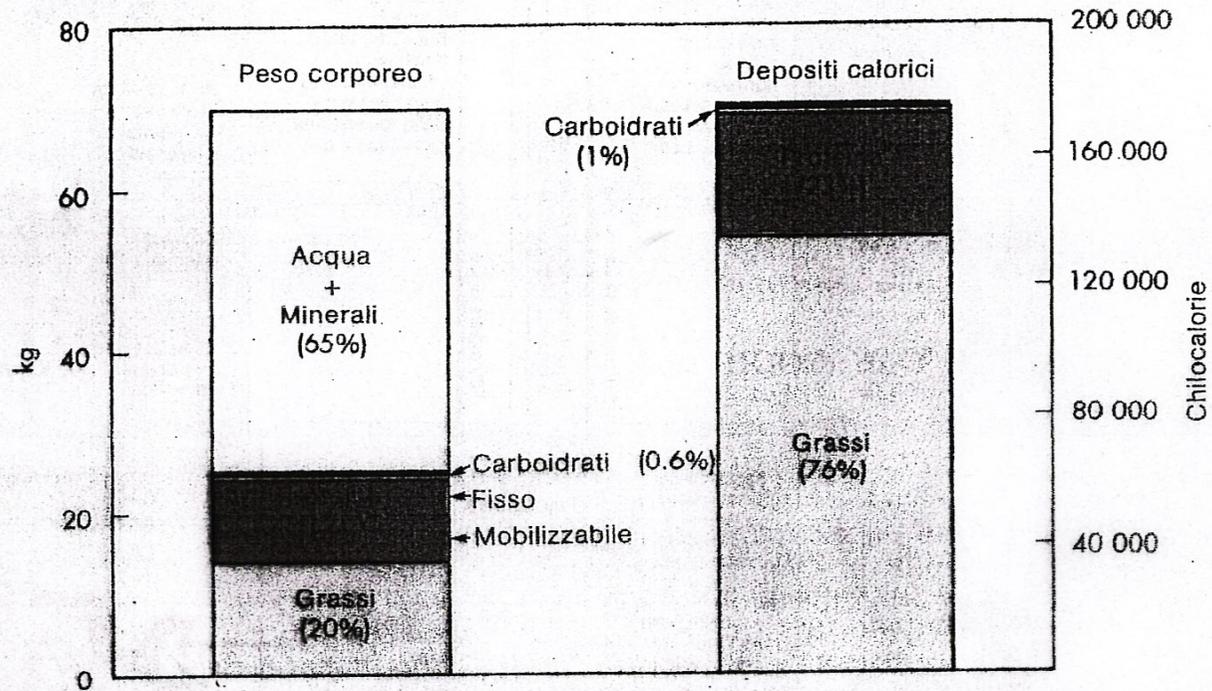
### Micelles

All hydrophobic groups are sequestered from water; ordered shell of H<sub>2</sub>O molecules is minimized, and entropy is further increased.

## L'acqua nell'organismo umano

- ❑ L'acqua è il principale costituente dell'organismo umano, rappresenta il 55 e il 60% circa del peso corporeo rispettivamente di una donna e di un uomo adulto normopeso e arriva a costituire fino al 75% del peso corporeo nel neonato.
- ❑ L'acqua è di fondamentale importanza per lo svolgimento di tutte le funzioni fisiologiche dell'organismo; è il solvente in cui avvengono tutte le reazioni metaboliche. **Per mezzo dell'acqua si eliminano le scorie dall'organismo.**
- ❑ Le fonti idriche per l'organismo umano sono: l'acqua delle bevande, l'acqua contenuta negli alimenti e l'acqua metabolica derivante dall'ossidazione dei substrati energetici introdotti con la dieta.
- ❑ L'acqua introdotta con gli alimenti contribuisce al mantenimento del bilancio idrico, aiuta l'organismo a regolare la temperatura corporea e il volume del sangue circolante, rappresenta, inoltre, una buona fonte di sali minerali. **La quantità di acqua da introdurre deve garantire l'equilibrio delle osmolarità in tutti i liquidi corporei.**
- ❑ A mantenere l'equilibrio idrico concorrono due meccanismi principali: quello della sete e quello dell'emuntorio renale.
- ❑ La disidratazione (ipoidratazione) e la iperidratazione provocano seri danni all'organismo, l'uomo non tollera variazioni del contenuto di acqua superiori al 7%

## Composizione corporea di un uomo del peso di 70 kg



**Figura 50.1.** Composizione di un uomo del peso di 70 kg rappresentata in termini di peso (a sinistra) e di depositi calorici (a destra). Si noti l'enorme sproporzione tra i depositi di carboidrati e quelli di grassi.

*Donna → 12% in più di FM rispetto all'uomo*

*Il tessuto adiposo contiene solo il 10% dell'acqua totale corporea.*

*Quando un soggetto ingrassa, aumenta il grasso di deposito e parallelamente si riduce l'acqua corporea*

*Ogni g di proteine che l'organismo perde è accompagnato da una perdita di 8g di acqua corporea*

**TABELLA 13.2 - DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA CORPOREA NEI VARI COMPARTIMENTI IN RELAZIONE AL SESSO E ALL'ETÀ**

ETÀ (ANNI)	UOMO (% PESO CORPOREO)			DONNA (% PESO CORPOREO)		
	ATC	LIC	LEC	ATC	LIC	LEC
10-16	58,9	39,3	19,6	57,3	38,2	19,1
17-39	60,6	40,4	20,2	50,2	33,5	16,7
40-59	54,7	36,5	18,2	46,7	31,1	15,6
60-80	51,5	34,3	17,2	45,5	30,3	15,2

**TABELLA 13.3 - ACQUA CORPOREA (ADULTO DI 70 kg):  
DISTRIBUZIONE NELL'ORGANISMO UMANO**

TESSUTO/ORGANO	%	% RISPETTO AL PESO CORPOREO	LITRI
Sangue	83,6	7,7	4,47
Reni	82,7	0,4	0,23
Cuore	79,2	0,5	0,28
Polmoni	79,0	0,7	0,39
Milza	75,8	0,2	0,11
Muscolo	75,7	41,6	22,10
Encefalo	74,8	2,0	1,05
Intestino	74,5	1,8	0,94
Cute	72,0	18,0	9,07
Fegato	68,3	2,3	1,10
Scheletro	31,0	15,8	3,45
Adipe	10,0	9,0	0,63
<b>Totale</b>			<b>43,82</b>
<b>Valore medio nel corpo umano</b>	<b>62,6</b>		

LEC = liquido extra-gl-  
lulare comprende:  
1) liquido interstiziale 28%.  
2) plasma 7%.  
3) liquido transcellulare 11%.  
4) linfa 2%.

LIC = liquido intracellula-  
re in relazione stretta  
con la massa cellulare  
metabolicamente attiva

$\frac{LEC}{LIC} \Rightarrow$  massimo nel  
neonato, si riduce  
progressivamente  
con l'età

$\frac{LEC}{LIC}$  aumenta in caso  
di alcune patologie  
come (scompenso  
cardiaco, cirrosi epato-  
litica, sindrome  
nefroica)

Un uomo di 70 kg avrà 42 L  
di acqua di cui 28 nel LIC  
e 14 nel LEC; di questi  
ultimi 3,1L compongono il  
plasma

# ACQUA INTRODotta CON GLI ALIMENTI E LE BEVANDE E ACQUA ENDOGENA

L'introduzione di acqua avviene prevalentemente attraverso il consumo di bevande (75-80%, 800-1500 mL/die) e il consumo di alimenti contenenti acqua (20-25 %, 500-900 mL/die) (***bevande + alimenti = acqua esogena***).

Le bevande alcoliche o contenenti caffeina (caffè, tè e bevande a base di cola) non sono buoni sostituti dell'acqua. Infatti, alcol e caffeina agiscono come diuretici causando una perdita di liquidi da parte dell'organismo. In particolare l'etanolo agisce reprimendo l'azione dell'ormone vasopressina (ormone antidiuretico, ADH), e questo può portare alla perdita di acqua corporea e alla disidratazione.

## Contenuto medio di acqua in alcuni alimenti

<b>Quantità di acqua ( %di parte edibile)</b>	<b>Alimento</b>
<b>0</b>	Olio, zucchero (saccarosio)
<b>2-10</b>	Biscotti, corn flakes, fette biscottate, frutta secca (arachidi, noci, pinoli)
<b>10-20</b>	Burro, farina, fichi secchi, legumi secchi, margarina, miele, pasta, riso, uva secca
<b>20-40</b>	Formaggi stagionati (grana, groviera, parmigiano, pecorino, provolone), pane, pizza,
<b>40-60</b>	Formaggi freschi (caciotta fior di latte, gorgonzola, mascarpone, robiola), salumi (mortadella, prosciutto crudo)
<b>60-80</b>	Carne, pesce, uova, piselli freschi, fagioli cotti, olive verdi
<b>80-90</b>	Aglione, cozze, ciliegie, fave fresche, kiwi, latte, mandarini, mele, merluzzo, ostriche, pere, piselli freschi, seppie, vongole, yogurt
<b>&gt; 90</b>	Frutta fresca (fragole, melone, pesche, cocomero), barbabietole, funghi, lattuga, pomodori, peperoni, spinaci, zucca, zucchine

Fonte: CRA-NUT (ex INRAN): Tabelle di Composizione degli Alimenti, 1997

# Fattori che influenzano il contenuto di acqua negli alimenti

Il contenuto di acqua negli alimenti è fortemente influenzato sia dalle modalità di conservazione che da quelle di cottura.

L'acqua negli alimenti, data la presenza di più soluti come nel caso dei non elettroliti (per esempio gli zuccheri), **va in contro a modificazioni dei valori della tensione di vapore, del punto di ebollizione, del punto di congelamento e l'instaurarsi di una certa pressione osmotica.**

Mentre, nel caso di soluti ionici (come i sali, gli acidi e le basi), questi determinano anche **va-riazione della conducibilità elettrica e del valore di pH.**

Tutti fattori che le tecnologie alimentari devono tenere in grande considerazione per la corretta gestione delle procedure di lavorazione e trasformazione degli alimenti.

# Acqua endogena proveniente dall'ossidazione dei macronutrienti

Oltre all'acqua assunta con le bevande e gli alimenti, una quota di circa **300 mL/die** deriva anche **dal metabolismo ossidativo dei substrati energetici** contenenti idrogeno (*acqua endogena*).

Con-siderando un soggetto adulto di 70 kg con un apporto calorico giornaliero di 2400 kcal, costi-tuito da:

12% da proteine (70 g)

58% da carboidrati (350 g)

30% da lipidi (80 g)

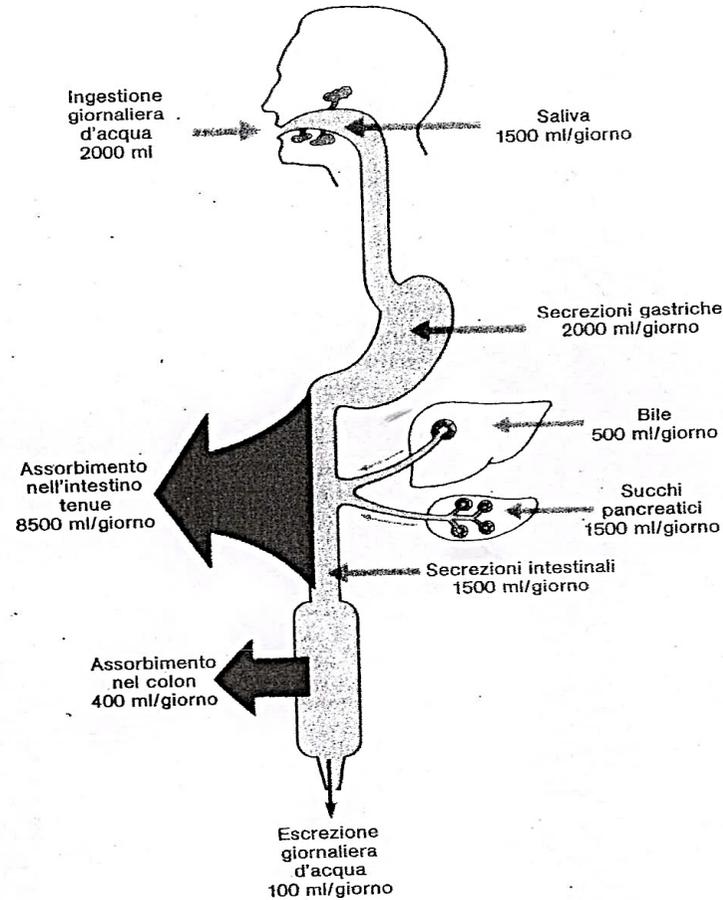
la completa ossidazione di questi nutrienti produce  
**310 ml di acqua.**

Generalmente la produzione metabolica di acqua aumenta linearmente con la spesa energetica e durante l'esercizio fisico può raggiungere 13 volte la velocità osservata a riposo.

# Acqua endogena

- **Carboidrati** → 0,6 g di H<sub>2</sub>O /g di glucosio (se il glucosio ossidato proviene dall'idrolisi del glicogeno vanno aggiunti ulteriori 2.7 mL di acqua prodotti per ogni grammo di glicogeno).
- **Proteine** → 0,4 g di H<sub>2</sub>O /g di proteina (dipende dalla struttura molecolare delle proteine stesse e, in modo particolare, dalla produzione dell'urea conseguente al loro catabolismo: 0,35 g di urea per grammo di proteina ossidata)
- **Grassi** → 1,07 g di H<sub>2</sub>O /g di acido grasso ossidato, la produzione di acqua attraverso l'ossidazione dei grassi varia a seconda del tipo di substrato lipidico (trigliceridi, acidi grassi liberi) e dal grado di instaurazione degli acidi grassi.

# Bilancio totale dei liquidi nel tratto gastrointestinale dell'uomo



Bilancio totale dei liquidi nel tratto gastrointestinale dell'uomo. Giornalmente vengono ingeriti circa 2 litri di acqua, che vanno ad aggiungersi ai 7 litri derivanti dalle diverse secrezioni del

tratto gastrointestinale. Di questi 9 litri totali, 8,5 litri vengono assorbiti nell'intestino tenue. Circa 500 ml raggiungono il colon, che in genere assorbe dall'80% al 90% dell'acqua che vi giunge.

L'organismo umano non tollera eccessive variazioni del contenuto di acqua.

Una diminuzione dell'ATC del 2%. basta per alterare la termoregolazione e influire negativamente sul volume plasmatico → O<sub>2</sub> e nutrienti non sufficienti. Urticaria al collo e desud.

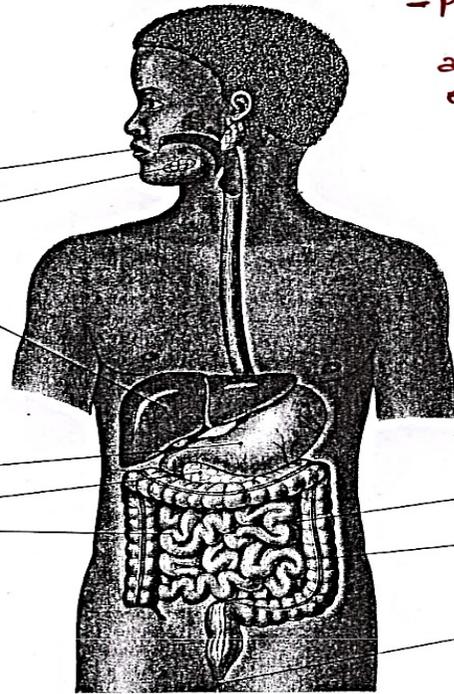
Una diminuzione del 3%. genera crampi

Diminuz. 7-7%. si hanno allucinazioni e pericolo di vita

**Entrate**

- 2,0 L Cibi e bevande  
*500-900 ml alimenti*
- 1,5 L Saliva  
(ghiandole salivari)
- 0,5 L Bile (fegato)

- 2,0 L Secrezioni gastriche
- 1,5 L Secrezioni pancreatiche
- 1,5 L Secrezioni intestinali
- 9,0 L Entrate totali nel lume



**Perdite:**  
 - perspiratio insensibilis  
 (600-1000 ml) Vapore  
 acqueo che satura l'aria  
 espirata e acque perdute  
 attraverso la cute

**Perdite renali:**  
 ~ 1300 ml/die  
 per rimuovere i  
 metaboliti.

**Assorbimento**

- 8,5 L Dall'intestino tenue
- 0,35 L Dall'intestino crasso

**Escrezione**

- 0,15 L Nelle feci
- 9,0 L Rimossi dal lume

Figura 20-6 Equilibrio di massa giornaliero nel sistema digerente

Tab. 25.3. Ricambio dell'acqua giornaliero (ml) nel tratto gastrointestinale<sup>1</sup>.

Ingerita		2000
<b>Secrezioni endogene</b>		7000
Ghiandole salivari	1500	
Stomaco	2500	
Bile	500	
Pancreas	1500	
Intestino	1000	
	7000	
<b>Apporto totale</b>		9000
<b>Riassorbita</b>		8800
Digiuno	5500	
Ileo	2000	
Colon	1300	
	8800	
<b>Perduta nelle feci</b>		200 ml

grazie all'effice-  
 ce meccanismo di recupe-  
 ro da parte del colon

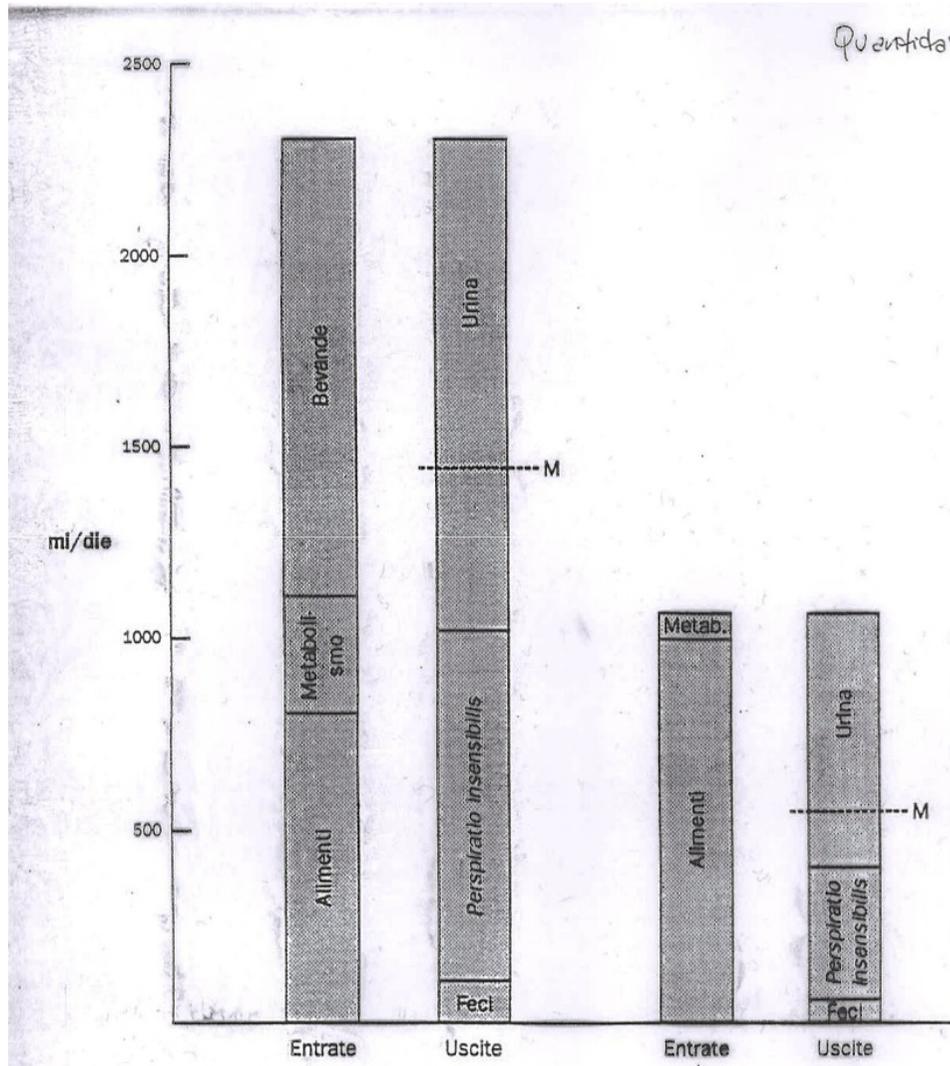
Per quanto riguarda i livelli di assunzione di acqua per la popolazione italiana, questi sono espressi come valori di assunzione adeguata (Adequate Intake, AI) per tutte le fasce di età, compresi gli stati fisiologici particolari come la gravidanza e l'allattamento

Tabella 8.4 LARN PER L'ACQUA (mL/die)					
		AR Fabbisogno medio	PRI Assunzione raccomandata per la popolazione	AI Assunzione adeguata	UL Livello massimo tollerabile di assunzione
<b>LATTANTI</b>	6-12 mesi			800	nd
<b>BAMBINI-ADOLESCENTI</b>					
	1-3 anni			1200	nd
	4-6 anni			1600	nd
	7-10 anni			1800	nd
<b>Maschi</b>	11-14 anni			2100	nd
	15-17 anni			2500	nd
<b>Femmine</b>	11-14 ann			1900	nd
	15-17 anni			2000	nd
<b>ADULTI</b>					
<b>Maschi</b>	18 -29 anni			2500	nd
	30 -59 anni			2500	nd
	60-74 anni			2500	nd
	≥75 anni			2500	nd
<b>Femmine</b>	18-29 anni			2000	nd
	30-59 anni			2000	nd
	60-74 anni			2000	nd
	≥75 anni			2000	nd
<b>GRAVIDANZA</b>				+350	nd
<b>ALLATTAMENTO</b>				+700	nd

Per le fasce d'età si fa riferimento all'età anagrafica; ad esempio per 4-6 anni s'intende il periodo fra il compimento del quarto e del settimo anno di vita. L'intervallo 6-12 mesi corrisponde al secondo semestre di vita.

Modificata da LARN: Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed Energia per la popolazione italiana IV revisione, ottobre 2014.

# Bilancio idrico giornaliero in un adulto e in un neonato



Quantitativi di acqua raccomandati:

1ml/Kcal adulto  
1.5ml/Kcal bambino

} differenze attribuite a:

- 1) maggiore quantità di acqua corporea per unità di peso nel bambino
- 2) al turnover più veloce dell'acqua corporea
- 3) ridotte capacità del rene nello eliminare il carico di soluti.

Aumenti del fabbisogno si hanno:

in gravidanza, in allattamento e in alcune condizioni patologiche (stati febbrili, diarrea, vomito)

In condizioni fisiologiche il turnover giornaliero di acqua nell'adulto è di circa il 4% del peso corporeo, con valori che arrivano fino al 15% nei primi mesi di vita.

**M: valore minimo urinario alla massima concentrazione di soluti**

Fabbisogno di acqua varia da individuo ed individuo è influenzato da: alimentazione, composizione corporea, temperatura ambiente, quantità delle perdite, attività muscolare

## L'Acqua come alimento

L'acqua è idonea all'alimentazione (ovvero è potabile) allorquando ha una concentrazione di minerali pari a 0,5 g/Lt e non presenta indici chimici e batteriologici di contaminazione.

Le sostanze disciolte nell'acqua sono in stretta relazione con le rocce, il suolo e i vari minerali che incontra nel suo percorso. Si tratta comunque di specie chimiche in forma ionica, **come i cationi calcio, magnesio, sodio, potassio e gli anioni cloruri, solfati, bicarbonati, fluoruri, o in una forma indissociata, come, per esempio, la silice e il boro.**

**Il D. Lgs. n. 31/2001 indica per alcune di esse un valore di riferimento che tiene conto di aspetti di natura organolettica, come per esempio le concentrazioni dei cloruri e dei solfati che possono conferire un sapore caratteristico all'acqua, oppure di aspetti assimilabili a un rischio sanitario, come per esempio il sodio, che in elevata concentrazione favorisce l'ipertensione nei soggetti predisposti che consumano abitualmente queste acque.**

La **durezza** rappresenta la quantità dei soli sali di calcio e magnesio disciolti in un'acqua. **Normalmente si esprime in gradi francesi (°F) (1°F equivale a 10 mg/L di CaCO<sub>3</sub>)**

**Il D. Lgs. n. 31/2001 indica un intervallo consigliato tra 15°F e 50 °F.**

Per il caso di **addolcimento** dell'acqua, che è generalmente condotto all'interno delle abitazioni, si intende la sostituzione dei cationi calcio e magnesio con lo ione sodio.

La normativa prescrive che vale il limite inferiore 15 °F: in altre parole, l'uso di acqua addolcita non è consentito se la durezza delle acque di partenza risulta essere inferiore a questo valore.

## Ferro manganese e cloro

**Ferro e manganese** sono normalmente presenti nelle acque del sottosuolo in concentrazione superiore ai valori di riferimento riportati nel D. Lgs. n. 31/2001, che è di 200 µg/L per il ferro e 50 µg/L per il manganese. **La loro origine è dovuta a ragioni esclusivamente naturali e non è associabile alle attività umane.** Il problema principale causato dalla presenza nelle acque di queste sostanze sono i precipitati solidi di colore rossastro per il ferro e di colore bruno per il manganese, costituiti dai rispettivi idrossidi idrati che, essendo visibili anche in bassa concentrazione, alterano nettamente le caratteristiche organolettiche delle acque rendendole poco gradevoli dal punto di vista sensoriale. **In genere, negli impianti di potabilizzazione, per abbattere queste sostanze è utilizzata una corrente di ossigeno; più raramente sono utilizzati agenti chimici ossidanti come l'ozono, il permanganato ecc.** Il ferro e il manganese sono classificati come “parametri indicatori”.

**Il cloro non è presente nelle acque naturali, ma è aggiunta durante il trattamento di sterilizzazione o, più spesso, per mantenere inalterate nella rete di distribuzione, le caratteristiche di sicurezza microbiologica.** In linea generale, per bonificare le acque sono utilizzate due diverse sostanze quali **l'ipoclorito e il biossido di cloro.** In genere, la concentrazione di queste sostanze è compresa tra 0,10 e 0,20 mg/L, valori idonei a garantire una qualità microbiologica perfetta.

## Sostanze azotate

La definizione “**sostanze azotate**” raggruppa le specie chimiche inorganiche contenenti azoto, quali **gli ioni ammonio, nitrito e nitrato**. Si tratta dell’ultimo anello della catena di trasformazione delle sostanze organiche di natura proteica e **sono spesso associate a un possibile inquinamento proveniente dalle acque reflue di scarico**. Queste tre forme di azoto sono collegate tra loro perché i vari processi biochimici di ossidazione e riduzione possono originare nell’acqua una sola specie oppure più specie presenti contemporaneamente. **In realtà, nelle acque sotterranee utilizzate per scopi potabili, il livello di protezione è tale da non consentire un inquinamento di questo tipo e, infatti, i parametri microbiologici, che accompagnano sempre la ricerca delle sostanze azotate nelle acque di scarico, risultano nella norma**. L’origine nel sottosuolo dell’ammonio, che spesso nel trattamento di potabilizzazione si trasforma in nitrato, è legata alla trasformazione di sostanze organiche, ma l’evento è avvenuto in epoche talmente remote da potersi definire “geologico”. Spesso in questi casi la presenza dello ione ammonio è accompagnata anche dalla presenza di ferro e di manganese. Il D. Lgs. n. 31/2001 prevede per queste sostanze i seguenti valori di riferimento: per l’ammonio, collocato tra i parametri indicatori, è prevista una concentrazione massima di 0.5 mg/L; per i nitrati ed i nitriti, classificati tra i parametri chimici, è prevista rispettivamente una concentrazione di 50 e 0,50 (0,10) mg/L (il valore tra parentesi per i nitriti vale per acque sottoposte a trattamento di potabilizzazione). Per queste due ultime sostanze deve inoltre valere la relazione  $\{[\text{NO}_3]/50 + [\text{NO}_2]/5\} \leq 1$ .

## Parametri microbiologici

Gli esami microbiologici assicurano che l'acqua non veicoli dei microrganismi patogeni e, poiché questi ultimi sono innumerevoli e di difficile ricerca e identificazione, si utilizzano alcuni indicatori molto più semplici da ricercare e molto più resistenti in ambiente acquoso, la cui assenza assicura l'assenza dei microrganismi patogeni. **I principali indicatori utilizzati a questo scopo sono l'*Escherichia coli*, gli enterococchi, il *Clostridium perfringers*, il valore complessivo delle colonie a 22 °C e i batteri coliformi.** Tra l'altro, i primi due microrganismi sono classificati dal D. Lgs. n. 31/2001 tra i parametri microbiologici mentre i restanti sono collocati tra i parametri indicatori. **Possono essere ricercati anche ulteriori parametri indicati come accessori, come le alghe, il batteriofago anti *E. coli*, gli elminti, gli enterobatteri patogeni, gli enterovirus, i funghi, i protozoi, lo *Pseudomonas aeruginosa* e gli stafilococchi patogeni.** Normalmente, come indicatore di qualità microbiologica si utilizza anche la conta delle colonie che si sviluppano a 37 °C. Il D. Lgs. n. 31/2001 prescrive per i parametri accessori soltanto la costante assenza degli enterovirus, del batteriofago anti *E. coli*, degli enterobatteri patogeni e degli stafilococchi patogeni. Per le colonie che si sviluppano a 22 °C, parametro caratteristico della situazione ambientale, non sono indicati valori, ma è segnalato soltanto che non devono presentarsi situazioni di variazioni anomale.

**Le acque destinate al consumo umano** sono raggruppabili in tre distinte categorie:

- **acque potabili;**
- **acque di sorgente;**
- **acque minerali naturali.**

Ognuna di tali categorie presenta requisiti e parametri definiti dalle normative che le riguardano.

Con **acque potabili** si intende tutte le acque trattate o non trattate, fornite tramite una rete di distribuzione, mediante cisterne, in bottiglie o contenitori. Esse devono essere salubri e pulite, limpide e inodore, insapori nonché innocue, dunque prive di microrganismi patogeni e sostanze chimiche in concentrazioni tali da poter compromettere la salute umana.

Con **acque di sorgente** ci si riferisce alle acque naturali imbottigliate alla sorgente, che, avendo origine da una falda o da un giacimento tellurico, provengono da una sorgente con una o più emergenze naturali o perforate.

si definiscono **acque minerali naturali**, le acque che hanno origine sotterranea e protetta e confezionate all'origine; per essere definite come tali devono inoltre essere attribuibili di purezza batteriologica, proprietà chimiche stabili e di effetti benefici per la salute umana. Si noti che acqua microbiologicamente pura non vuol dire assenza assoluta di batteri, ma eventuale presenza di un certo numero e di certe specie di microrganismi non patogeni che rappresentano la “faces microbica” caratteristica di un'acqua.

## Attuali Direttive sulle Acque

Per quanto riguarda le acque destinate al consumo umano attualmente vige la **Direttiva 98/83/CE** (adottata dal Consiglio europeo il 3 novembre 1998), questa è stata recepita dallo Stato italiano con **D.Lgs 31/2001**.

L'obiettivo prefissato dalla Direttiva 98/83/CE consiste nel garantire la salubrità e la pulizia delle acque destinate al consumo umano preservandole dalla contaminazione e con il fine ulteriore di proteggere la salute umana.

## Attuali Direttive sulle Acque

I parametri relativi alla salubrità delle acque sono previsti dalla **Direttiva 80/777/CE**, recepita nell'ordinamento giuridico italiano con il **D.Lgs 105 del 1992** (relativa all'utilizzazione e commercializzazione delle acque minerali naturali), la quale regola i criteri di valutazione delle caratteristiche delle acque minerali naturali e stabilisce i metodi di analisi per la valutazione delle caratteristiche microbiologiche e di composizione congiuntamente alle modalità di analisi. Le acque minerali naturali che si presentano come tali alla sorgente possono subire esclusivamente il trattamento di separazione degli elementi chimicamente instabili, quali i composti di ferro, magnesio, arsenico e zolfo, che si avvale dell'uso dell'ozono.

**Le acque minerali naturali, in relazione al residuo fisso, possono riportare le seguenti indicazioni in etichetta (D.Lgs 105/1992):**

- “Oligominerale” o “leggermente mineralizzata” (residuo fisso non superiore a 500 mg/L);
- “Minimamente mineralizzata” (residuo fisso non superiore a 50 mg/L);
- “Ricca di Sali minerali” (residuo fisso superiore a 1500 mg/L).

**Inoltre, le acque minerali naturali a seconda del tipo di sali minerali che contengono possono riportare in etichetta le seguenti indicazioni:**

- “Contenente bicarbonato” (bicarbonato superiore a 600 mg/L);
- “Solfata” (solfati superiori a 200 mg/L);
- “Clorurata” (cloruro superiore a 200 mg/L);
- “Calcica” (calcio superiore a 150 mg/L);
- “Magnesiaca” (magnesio superiore a 50 mg/L);
- “Florurata” (fluoro superiore a 1 mg/L);
- “Ferruginosa” (ferro bivalente superiore a 1 mg/L);
- “Acidula” (anidride carbonica libera superiore a 250 mg/L);
- “Sodica” (sodio superiore a 200 mg/L);
- “Indicata per le diete povere di sodio” (sodio inferiore a 20 mg/L).

# Parametri chimici e microbiologici relativi alle acque potabili e alle acque minerali naturali

ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO ALIMENTARE						
PARAMETRI	ACQUE A USO POTABILE			ACQUE MINERALI NATURALI		
	D.P.R. n.236/88	D. CE n. 83/1998	D.lgs. n. 31/2001	D.M. Sanità 12/11/1992 n. 542	D.M Sanità 31/05/2001 n. 321	D.M Sanità n. 50 10/02/2015
<i>Sostanze indesiderabili</i>	CMA	Valore di parametro	Valore di parametro	Concentrazione massima ammissibile	Tenore massimo Ammissibile	Limite massimo ammissibile
1 Cianuri	50 µg/L	50 µg/L	50 µg/L	0,1 mg/L	0,01 mg/L	0,01 mg/L
2 Fenoli (esclusi quelli naturali che non reagiscono con il cloro)	5 µg/L	/	/	0,0005 mg/L	assente limite di rilevabilità del metodo	/
3 Agenti tensioattivi (MBAS anionici)	0,2 µg/L	/	/	0,2 mg/L	assente limite di rilevabilità del metodo	50 µg/L
4 Oli Minerali -Idrocarburi disciolti o emulsioni	10 µg/L	/	/	0,01 mg/L	assente limite di rilevabilità del metodo	10 µg/L
5 Idrocarburi aromatici policiclici	2 µg/L	0,1 µg/L. (somma singoli IPA)	0,1 µg/L	0,0002 mg/L	assente limite di rilevabilità del metodo	0,006 µg/L
6 Pesticidi e Bifenili policlorurati	5 µg/L	5 µg/L. (tot)	5 µg/L. (tot)	0,0001 mg/L. (per componente separato)	assente limite di rilevabilità del metodo	
7 Composti organoalogenati (che non rientrano nella voce 6)	30 µg/L	/	/	0,001 mg/L	assente limite di rilevabilità del metodo	0,5 µg/L
8 Arsenico	50 µg/L	10 µg/L	10 µg/L	0,05 mg/L	0,05 mg/L. (tot)	0,010 mg/L. (tot)
9 Boro		1 µg/L	1 µg/L	10 mg/L	1 mg/L	5 mg/L
10 Borati		1 µg/L	1 µg/L	30 mg/L	5 mg/L	
11 Cadmio	5 µg/L	5 µg/L.	5 µg/L.	0,01 mg/L	0,003 mg/L	0,003 mg/L
12 Cromo IV	50 µg/L	50 µg/L.	50 µg/L.	0,05 mg/L	0,05 mg/L. (tot)	0,05 mg/L
13 Mercurio	1 µg/L	1 µg/L.	1 µg/L.	0,001 mg/L	0,001 mg/L	0,001 mg/L
14 Manganese	50 µg/L	5 µg/L.		2 mg/L	2 mg/L	0,05 mg/L
15 Nitrati	50 µg/L	50 µg/L.		45 (10 mg/L. per acque destinate all'infanzia)	45 (10 mg/L. per acque destinate al consumo umano)	45 (10 mg/L. per acque destinate al consumo umano)
16 Nitriti	0,1 µg/L.	0,5 µg/L.		0,03 mg/L.	0,02 mg/L.	0,02 mg/L.
17 Piombo	50 µg/L.	10 µg/L.		0,05 mg/L.	0,01 mg/L.	0,01 mg/L.
18 Rame	1 µg/L.	1 µg/L.	1 µg/L.	1 mg/L.	1 mg/L.	1 mg/L.
19 Selenio	10 µg/L.	10 µg/L.	10 µg/L.	0,01 mg/L.	0,01 mg/L.	0,01 mg/L.

## Attività dell'acqua

L'acqua, presente nei tessuti animali e vegetali, è distribuita in modo eterogeneo e può avere proprietà e reattività diverse in zone diverse del prodotto e si può ri-trovare essenzialmente sotto due forme:

- **acqua legata o incongelabile**
- **acqua libera**

L'acqua cosiddetta legata può essere fissata più o meno fortemente e lo stato dell'acqua presente negli alimenti ha una grande importanza ai fini della stabilità e della conservabilità dell'alimento.

Per quanto riguarda l'acqua legata o incongelabile è possibile distinguere tra:

**acqua di struttura e di cristallizzazione**, le cui molecole occupano posizioni ben pre-cise all'interno del reticolo cristallino dei solidi e della struttura delle macromolecole;

**acqua dello strato monomolecolare**, fortemente legata a gruppi polari o carichi di carboidrati, proteine e di sali. Ha un'attività molto ridotta e non congela al congelare degli alimenti;

**acqua immobilizzata** in molteplici strati, successivi al precedente, vicino al soluto. Di solito, si include in quest'ultima categoria anche l'acqua dei microcapillari con dia-metro inferiore a 10 nm. L'attività di quest'acqua è ancora considerevolmente ridotta e la sua eliminazione ostacola la maggior parte delle reazioni chimiche e inibisce la cre-scita batterica.

**L'acqua libera** è invece rappresentata da quella contenuta nei macrocapillari, detta anche *acqua di imbibizione*. Essa costituisce la maggior parte dell'acqua degli alimenti, è trattenuta solo da forze fisiche e congela a temperature inferiori all'acqua pura, in relazione al quantitativo di sali disciolti. Viene allon-tana facilmente mediante adeguata pressione e la sua attività è di poco inferiore a quella dell'acqua pura. L'attività microbica e quindi le al-terazioni degli alimenti dipendono solo da questa fra-zione di acqua non legata, disponibile alla crescita microbica.

Ciò che permette di misurare più facilmente questa acqua “disponibile” nei diversi alimenti è **l'attività dell'acqua ( $a_w$ )**, definita dall'abbassamento della pressione parziale del vapore dell'acqua dovuta ai soluti:

$$a_w = \frac{P_w}{p_w^\circ}$$

Dove  $P_w$  = pressione parziale del vapore d'acqua di una soluzione o di un alimento

$p_w^\circ$  = pressione parziale del vapore d'acqua pura alla stessa temperatura

Il valore di  $a_w$  fornisce un'indicazione della stabilità degli alimenti nei confronti delle alterazioni causate dai microrganismi. Infatti, i costituenti chimici presenti fissano parzialmente l'acqua diminuendo la sua capacità di vaporizzarsi, e la sua reattività chimica.

**VALORI MINIMI DI ATTIVITÀ DELL'ACQUA PER LA CRESCITA DI MICRORGANISMI**

GRUPPO DI MICRORGANISMI	A <sub>w</sub> MINIMA PER LA CRESCITA
Batteri (la maggior parte)	0,88-0,91
Lieviti (la maggior parte)	0,88
Muffe (la maggior parte)	0,80
Batteri alofili	0,75
Muffe xerotolleranti	0,71
Muffe xerofile e lieviti osmofili	0,60-0,62

**VALORI DI A<sub>w</sub> PER ALCUNI ALIMENTI**

ALIMENTO	A <sub>w</sub>	ALIMENTO	A <sub>w</sub>
Frutti e ortaggi	0,97-1,00	Zucchero	0,19
Pollame o pesce fresco	0,98-1,00	Marmellata	0,75-80
Carni fresche	0,95-1,00	Gelatine	0,92-0,94
Uova	0,97	Riso	0,80-0,87
Farina	0,67-0,87	Succhi di frutta e ortaggi	0,97
Melassa	0,76	Pane	0,96
Miele	0,54-0,75	Mollica	0,94-0,97
Frutta secca	0,55-0,80	Crosta	0,30
Formaggi (la maggior parte)	0,95-1,00	Cioccolatini	0,69
Parmiggiano	0,68-0,76	Caramello	0,60-0,65
Carni curate	0,87-0,95	Fettuccine all'uovo	0,50
Dolci (cotti in forno)	0,90-0,94	Uovo essiccato	0,40
Pasta per biscotti refrigerata	0,94	Biscotti	0,30
Sciroppo d'acero	0,90	Latte intero in polvere	0,20
Tuorlo d'uovo salato	0,90	Vegetali disidratati	0,20
Cibi per animali umidi	0,83	Cereali	0,10-0,20

**Essendo l'attività dell'acqua pura posta per convenzione uguale a 1, i valori di a<sub>w</sub> misurati negli alimenti risultano sempre inferiori all'unità.**

Numerosi alimenti di uso comune, come la carne e le verdure, hanno una a<sub>w</sub> compresa tra 0,98-0,99; questo permette praticamente la crescita di tutti quei microrganismi che presentano un optimum di attività compreso tra 0,99-1

# Misurazione dell'attività dell'acqua

La misurazione dell'attività dell'acqua viene quasi universalmente effettuata **con igrometri** adatti. Il campione di alimento viene posto in un contenitore (talvolta termostato) sul quale viene posto un sensore per l'umidità. L'alimento si equilibra con l'atmosfera e l'igrometro legge direttamente l'umidità relativa del campione in esame. Va sottolineato che l'umidità relativa e l'attività dell'acqua sono grandezze direttamente proporzionali legate dall'equazione:

$$a_w = \frac{\text{umidità relativa} \times 100}{100}$$



# Misurazione dell'attività dell'acqua

Oltre alle suddette tecniche convenzionali, negli ultimi anni si è affermata un'altra tecnica che consente di studiare le interazioni fra acqua e matrice alimentare:

**la Risonanza Magnetica Nucleare nel dominio dei tempi (TD NMR), detta anche rilassometria NMR a basso campo.**

La TD NMR permette di ottenere indicazioni su alcune proprietà molecolari dell'acqua come la mobilità, la sua distribuzione e la diffusività molecolare, poiché “osserva” i protoni presenti nel campione che, nel caso degli alimenti, sono dovuti in massima parte all'acqua.

**Il monitoraggio di queste proprietà dell'acqua in ingredienti e matrici alimentari permette di studiare processi di maturazione, metodi di conservazione e trasformazioni tecnologiche e di dare indicazioni sulla stabilità, conservabilità e accettabilità dei prodotti.**

## Rilassometria NMR a basso campo

Con questa tecnica è possibile misurare la **densità di spin protonica** (quantità di acqua per unità di volume) che può essere considerata un *marker* dell'acqua contenuta nel campione. Inoltre, la misurazione del segnale NMR, dei tempi di rilassamento longitudinale (T1) e trasversale (T2) fornisce indicazioni sulla compartimentalizzazione dell'acqua e sulla sua interazione con le macromolecole presenti. A tale proposito, si osserva che mentre l'acqua libera dà luogo a un decadimento della magnetizzazione caratterizzato da una singola costante di tempo (T1 o T2), l'acqua compartimentalizzata nei sistemi eterogenei, come le matrici alimentari, dà luogo a decadimenti multi-esponenziali caratterizzati da costanti di tempo multiple (T1, iT2, i)



# L'Acqua come alimento

L'acqua è idonea all'alimentazione (è potabile) allorché ha una mineralizzazione intorno a 0.5 g/l e non contiene indici chimici e batteriologici di contaminazione.

I sali minerali sono costituiti soprattutto da:

carbonati, solfati, cloruri, e fosfati di calcio, sodio, potassio, magnesio, ferro, bario, alluminio, silicio, manganese presenti nelle rocce o nel terreno attraversato.

Grado di durezza dell'acqua: **1 grado francese = 1 g di  $\text{CaCO}_3$  / 100 ml acqua**

Le acque minerali (provenienti da sorgente naturali e con caratteristiche igieniche particolari e proprietà favorevoli alla salute) sono classificate in base alla **quantità e qualità dei sali minerali** (contenuto salino totale  $\rightarrow$  residuo secco o fisso a  $180^\circ\text{C}$ )

**Acque minimamente mineralizzate:** se il contenuto di sali è inferiore a 50 mg/l

**Acque oligominerali:** contenuto di sali non oltre 500 mg/l  $\rightarrow$  stimolano la diuresi

**Acque minerali propriamente dette:** presenza di sali tra 500 e 1500 mg/l ogni sale disciolto nelle acque minerali oltre a conferire un particolare sapore svolge un ruolo biologico e in alcuni casi un'azione terapeutica

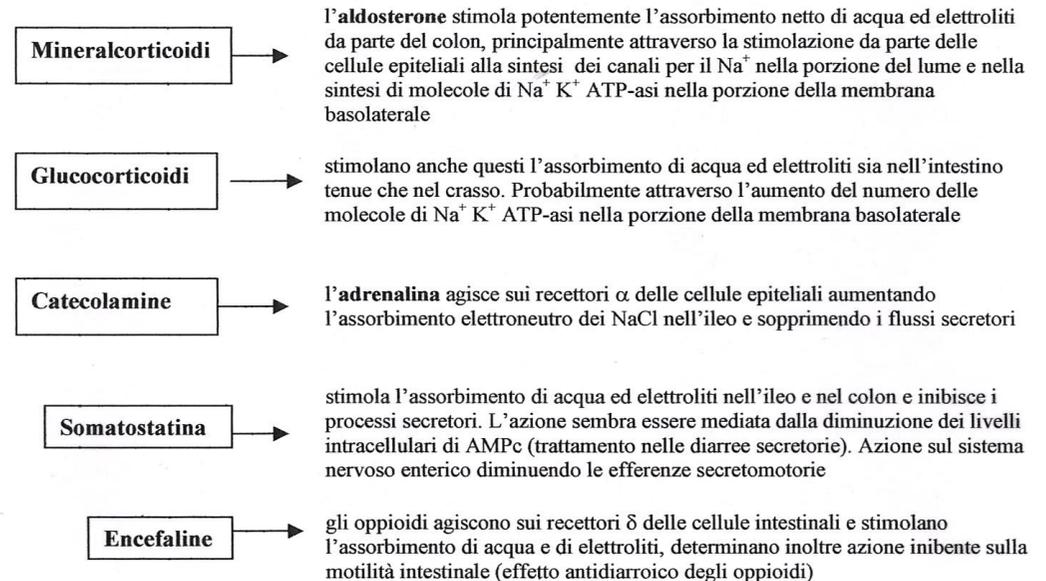
- $\rightarrow$  **Acque solfate**  $\rightarrow$  lieve azione lassativa  $\text{SODIUM SO}_4$  (200 mg/l)
- $\rightarrow$  **Acque clorate**  $\rightarrow$  equilibrano funzioni intestinali, vie biliari, fegato
- $\rightarrow$  **Acque calciche**  $\rightarrow$  soddisfano maggior fabbisogno di calcio
- $\rightarrow$  **Acque bicarbonatate**  $\rightarrow$  favoriscono processi digestivi, temperano acid. gastrica
- $\rightarrow$  **Acque ferruginose**  $\rightarrow$  utili nei casi di anemia sideropenica ( $\text{Fe}^{2+} > 1 \text{ mg/l}$ )
- $\rightarrow$  **Acque sodiche**  $\rightarrow$  consigliate per chi pratica intensa attività fisica no ipertensione!
- $\rightarrow$  **Acque magnesiche**  $\rightarrow$  azione purgativa, prevenzione aterosclerosi
- $\rightarrow$  **Acque fluorurate**  $\rightarrow$  prevenzione carie

## Fattori che influenzano l'assorbimento di acqua da parte delle cellule epiteliali dei villi intestinali

Le cellule **epiteliali mature**, localizzate in prossimità dell'apice dei villi intestinali, sono specializzate nell'**assorbimento netto di acqua e di elettroliti**, mentre le **cellule immature delle cripte di Lieberkühn** sono responsabili della **secrezione netta di acqua e ioni**.

L'assorbimento di acqua e di elettroliti viene controllato da agenti fisiologici e farmacologici:  
ormoni  
sistema nervoso autonomo (simpatico e parasimpatico)  
sistema nervoso enterico  
cellule immunitarie presenti nel tratto gastrointestinale

va sottolineato che questi sistemi interagiscono in maniera complessa tra loro.  
Tra gli ormoni che sono in grado di influenzare i processi di assorbimento e di secrezione vanno ricordati:



L'attività dei **neuroni secretomotori localizzati nei gangli sottomucosi e mioenterici**, consiste nella **stimolazione dell'attività secretoria**. I neuroni secretomotori dei gangli sottomucosi liberano **acetilcolina**, e/o **VIP**, in questo modo stimolano la secrezione.

L'azione dei neuroni secretomotori dei gangli sottomucosi esercitata sulle cellule epiteliali, è modulata da alcuni riflessi mediati dal sistema nervoso enterico.

Alcuni di questi riflessi sono evocati da stimoli che agiscono nel lume quali: **pH acido, sali biliari, etanolo, tossina colerica o antigeni** (ai quali è già avvenuta una sensibilizzazione). Si tratta di quegli stessi stimoli che aumentano anche l'attività propulsiva dell'intestino.

**Sistema nervoso parasimpatico:** la stimolazione dei nervi parasimpatici **diminuisce la velocità dell'assorbimento di acqua ed elettroliti** e aumenta l'attività secretoria

**Sistema nervoso simpatico:** la stimolazione **provoca un aumento netto dell'assorbimento di acqua ed elettroliti**. Alcune fibre simpatiche innervano direttamente le cellule epiteliali, che presentano recettori di tipo  $\alpha$  sui quali agisce la noradrenalina provocando l'aumento dell'assorbimento

table 4-3

Solubilities of Some Gases in Water			
Gas	Structure*	Polarity	Solubility in water (g/L) <sup>†</sup>
Nitrogen	$\text{N}\equiv\text{N}$	Nonpolar	0.018 (40 °C)
Oxygen	$\text{O}=\text{O}$	Nonpolar	0.035 (50 °C)
Carbon dioxide	$\begin{array}{c} \delta^- \quad \delta^- \\ \longleftarrow \quad \longrightarrow \\ \text{O}=\text{C}=\text{O} \end{array}$	Nonpolar	0.97 (45 °C)
Ammonia	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad   \quad / \\ \text{N} \\ \downarrow \delta^- \end{array}$	Polar	900 (10 °C)
Hydrogen sulfide	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{S} \\ \downarrow \delta^- \end{array}$	Polar	1,860 (40 °C)

\*The arrows represent electric dipoles; there is a partial negative charge ( $\delta^-$ ) at the head of the arrow, a partial positive charge ( $\delta^+$ ; not shown here) at the tail.

<sup>†</sup>Note that polar molecules dissolve far better even at low temperatures than do nonpolar molecules at relatively high temperatures.