

## LETTERATURA

## Quando la pressione è bassa

*E per questo piano si va bene per dodici giornate senza abitazione, né non si truova che mangiare, se altri no' lo vi porta. Niuno uccello non vi vola, per l'alto luogo e freddo; e' fuoco non v'è il calore ch'egli hae in altre parti, né non è così cocente colà suso.*

(Marco Polo, *Il Milione* 1298)



J. McDowell

Shewa Valley, Badakhshan del Nord (Afghanistan). L'altopiano del Pamir, attraversato da Marco Polo durante il suo lungo viaggio verso l'Oriente.

Marco Polo ci racconta dell'altopiano del Pamir, attraversato durante il suo viaggio verso l'Oriente. La regione, il cui territorio è diviso fra gli attuali Tagikistan e Afghanistan, presenta altitudini intorno ai 4000 metri: l'aria è così rarefatta e povera di ossigeno che il fuoco arde male e la pressione è così bassa che rende critica la cottura dei cibi. Attentissimo osservatore e uomo curioso, il viaggiatore veneziano osserva anche i minimi particolari e riferisce ai suoi contemporanei le esperienze vissute in 24 anni di Oriente, tra culture e usanze diverse. Descrive animali esotici, leggende ascoltate, curiosità e ambienti estremi, come appunto quello a cui si riferisce in questi passaggi, caratterizzato da un'altitudine elevatissima, al limite della possibilità di vita.

## Bruciare ad alta quota

La pressione alle alte quote dell'altopiano del Pamir è di circa 0,6 atm, perciò la quantità di ossigeno scende del 40%: la combustione è dunque meno efficiente e le stesse fiamme hanno un aspetto diverso, come leggiamo nelle pagine del *Il Milione*. La combustione è infatti una reazione chimica che ha come protagonista l'ossigeno, e diventa meno efficace dove questo gas è meno abbondante. Al punto che, per risolvere il problema dei rifiuti delle spedizioni alpinistiche d'alta quota, il CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) ha progettato un apposito inceneritore componibile, da montare in sito, dotato di particolari accorgimenti per facilitare la combustione altrimenti problematica sia per la carenza di ossigeno sia per l'assenza di alimentazione elettrica.

## Cucinare ad alta quota

Marco Polo ci riferisce che nella regione attraversata è difficile cuocere i cibi come in qualsiasi altro posto: un po' perché il fuoco non arde bene, un po' perché – come sappiamo – la temperatura di ebollizione dell'acqua diminuisce al diminuire della pressione e, quindi, all'aumentare della quota. Alle altitudini dell'altopiano del Pamir l'acqua bolle a circa 85 °C e non riesce a raggiungere la temperatura di circa 100 °C, alla quale siamo abituati alle nostre altitudini, generando le difficoltà di preparazione del cibo lamentate da Marco Polo.

La cottura dei cibi ad alta quota è influenzata dalla differente temperatura di ebollizione dell'acqua.



EWK2CNR

Un inceneritore portatile è stato progettato nei laboratori d'alta quota del Comitato Ev-K2-CNR, impegnato in progetti di ricerca multidisciplinari per lo sviluppo sostenibile delle aree montane e per la salvaguardia degli ecosistemi fragili d'alta quota.



Maksym Gorpenyuk / Shutterstock

**DOMANDA** Alle pressioni dell'altopiano del Pamir ci aspettiamo che il ghiaccio fonda a una temperatura maggiore o minore di 0 °C? Rispondi in 5 righe analizzando il diagramma di stato dell'acqua.

# CHIMICA

## Calore latente tascabile

Il cosiddetto scaldamani a soluzione supersatura è un'utile applicazione del calore latente ceduto da una sostanza durante la sua solidificazione. Si tratta di un sacchetto di plastica riempito con una soluzione di acqua e acetato di sodio che a temperatura ambiente si presenta allo stato liquido. Nel sacchetto, sigillato, è in genere presente una placchetta metallica a superficie curva che, quando viene premuta, cambia convessità con uno scatto. Tale scatto provoca un repentino movimento delle molecole del fluido e innesca la transizione: il fluido inizia a solidificarsi cristallizzando e cede calore latente per tutta la durata del processo, che in genere dura una ventina di minuti.

### Soluzione soprasatura

Si dice soprasatura (o supersatura) una soluzione in cui il soluto è disciolto nel solvente con una concentrazione superiore a quella che di solito è consentita come massima possibile, cioè oltre la quale il soluto non si scioglie più nel solvente. Per esempio, se sciogliamo del sale da cucina in acqua osserviamo che oltre una certa concentrazione ciò non è più possibile, e nella soluzione, ormai satura, possiamo continuare a distinguere i granelli solidi. È possibile tuttavia, con determinati accorgimenti, sciogliere ancora sale nella soluzione satura e ottenere dunque una soluzione soprasatura, cioè con concentrazioni che vanno oltre il valore di saturazione. In condizioni di soprasaturazione basta una piccola perturbazione all'interno della soluzione per innescare il processo di cristallizzazione del soluto.

### Soluzione soprafusa

La soluzione di acetato di sodio degli scaldamani, oltre a essere soprasatura, è anche soprafusa. Un liquido soprafuso è allo stato liquido anche al di sotto della temperatura di solidificazione alle condizioni di pressione in cui si trova. Può accadere, per esempio, all'acqua. Se mettiamo dell'acqua in un congelatore è possibile che essa resti liquida anche al di sotto della temperatura di 0 °C: basta però una rapida scossa al contenitore o un urto sulle pareti che l'acqua solidifica in ghiaccio sotto i nostri occhi.

La soluzione di acetato di sodio degli scaldamani riesce a rimanere soprafusa alle temperature ordinarie, nonostante la sua temperatura di solidificazione alla pressione ordinaria sia 54 °C. Essa è dunque molto stabile, ma è sufficiente la piccola scossa generata dalla placchetta per innescare la cristallizzazione, con conseguente rilascio di energia. Lo scaldamani si porta rapidamente alla temperatura di 54 °C, la quale resta costante per tutta la durata del processo.

### Un processo reversibile

Una volta cristallizzato l'acetato di sodio si riporta all'equilibrio termico con l'ambiente, ma basta inserirlo in acqua calda per riportarlo nuovamente allo stato liquido. La soluzione recupera dunque il calore latente ceduto in precedenza, pronta a restituirlo in un nuovo processo di cristallizzazione. Se si fa attenzione a sciogliere anche il più piccolo cristallo, ciò avviene solo in seguito a un urto o al brusco movimento della placchetta.



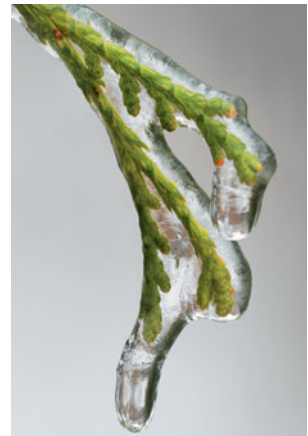
Helios

Uno scaldamani a soluzione supersatura sfrutta la proprietà della materia di rilasciare energia durante il processo di cristallizzazione.



Karl Allgaeuer / Shutterstock

Con una soluzione soprasatura di acqua e zucchero, ottenuta semplicemente raffreddando una soluzione satura di acqua calda e zucchero, si possono realizzare cristalli decorativi e commestibili.



Douglas Knisely

Quando acqua soprafusa cade in forma di pioggia, gela al contatto con piante e oggetti, avvolgendoli in uno spesso strato di ghiaccio. Questo fenomeno è detto *gelicidio*.

**DOMANDA** Qual è la temperatura minima che deve avere l'acqua calda in cui immergere uno scaldamani affinché i cristalli di acetato di sodio fondano?

## CON GLI OCCHI DI UN FISICO

### Raffreddare

#### Il ghiaccio nell'antichità

Anticamente il ghiaccio era un bene di lusso: difficile da conservare, perché soggetto a fondere a temperature superiori allo zero. I greci e i romani lo acquistavano al mercato a prezzi elevatissimi: con il ghiaccio rinfrescavano vini, bevande e la stessa acqua che, per questioni igieniche, doveva spesso essere bollita prima di essere consumata. I greci raffreddavano il vino mettendolo in un apposito vaso in terracotta stretto alla base, detto *psykter*, il quale a sua volta veniva inserito in un secchio pieno di acqua fresca o ghiaccio. Il vino all'interno del vaso si raffreddava per conduzione, cedendo energia al vaso e poi al ghiaccio che lentamente fondeva.

Per i romani la neve era addirittura un ingrediente per una cucina raffinata, da mescolare direttamente al cibo, come testimonia il ricettario di Apicio, vissuto tra il I secolo a.C. e il I secolo d.C. In queste antiche usanze si può intravedere un antenato del gelato, quando il ghiaccio veniva mescolato con frutta tritata e miele.



Campana Collection, 1861

Durante i banchetti gli antichi greci raffreddavano le bevande in appositi vasi detti *psykter*, che venivano immersi in recipienti pieni di ghiaccio o acqua fredda.

#### Produrre il ghiaccio

Prima dell'introduzione di tecniche di refrigerazione artificiale, il ghiaccio poteva essere prodotto solo se la temperatura dell'ambiente era sufficientemente bassa. Il ghiaccio allora poteva essere ricavato pressando la neve in appositi ambienti sotterranei o comunque situati in luoghi freschi, detti «nevriere». Queste ghiacciaie venivano riempite durante l'inverno e il loro isolamento termico era tale che l'acqua restava ghiacciata anche durante l'estate. Oltre alla neve naturale, raccolta sulle montagne e trasportata a valle, vi si conservava ghiaccio prodotto facendo gelare di volta in volta piccole quantità d'acqua in luoghi particolarmente freddi, così come facciamo oggi nei freezer domestici. Venivano anche creati laghetti artificiali inondando depressioni esposte a nord, o comunque non raggiunte dai raggi del Sole, fino alla formazione di strati ghiacciati che venivano poi raccolti e conservati.

Benché si tratti di tecniche antiche delle quali è difficile rintracciare l'origine, è certo che nel Medioevo ebbero una notevole diffusione, al punto che fra le numerose tasse dell'epoca vi si trova anche quella sulla neve. Il ghiaccio era molto usato per la conservazione degli alimenti deteriorabili, accanto alla salatura e all'essiccazione, e a scopi terapeutici nella cura di determinate malattie.



Giovanni Dall'Orto

Resti di una neviera medievale a Coriano di Romagna (Riccione).

**PAROLA CHIAVE** **Calore latente**

**DOMANDA** Di quanto si abbassa la temperatura di un kilogrammo di acqua salata in seguito alla fusione di 50 g di ghiaccio? (Assumi che il calore specifico dell'acqua salata sia pari a 3900 J/kg K.)

**PAROLA CHIAVE** **Stato di aggregazione**

**DOMANDA** Quali stati di aggregazione riconosci in un gelato?



## Miscele refrigeranti

Nel IX secolo gli arabi erano in Sicilia. E in Sicilia c'erano gli ingredienti giusti perché facesse fortuna il sorbetto, termine probabilmente derivante dall'arabo *sherbeth*. C'erano la neve dell'Etna, il sale delle saline, frutti succulenti e il clima ideale per la crescita della canna da zucchero. Quest'ultima forniva l'ingrediente fondamentale, alternativo all'uso del miele che rende troppo bassa la temperatura di formazione dei cristalli di ghiaccio e impedisce l'addensamento del sorbetto. In Oriente anziché mescolare la frutta direttamente con miele e ghiaccio, come facevano i romani, la mettevano insieme allo zucchero in un recipiente raffreddato in un bagno ghiacciato e ottenevano così l'addensamento diretto dello sciroppo. Inoltre divenne noto che, se del sale viene mescolato al ghiaccio, esso abbassa notevolmente la sua temperatura e fonde più lentamente.

Ciò si spiega perché aggiungendo il sale all'acqua e al ghiaccio la temperatura di solidificazione della miscela salata si abbassa, e quindi resta liquida pur trovandosi a temperature pari o inferiori a 0 °C. Di contro il ghiaccio fonde, assorbendo il calore latente di fusione dalla miscela, che a sua volta si raffredda. Lentamente, quindi, il ghiaccio si scioglie sottraendo energia al sistema, che raggiunge temperature sempre più basse, diventando un refrigerante più efficace per lo sciroppo di frutta che vi è immerso.



Bernhard J. Schieuvens

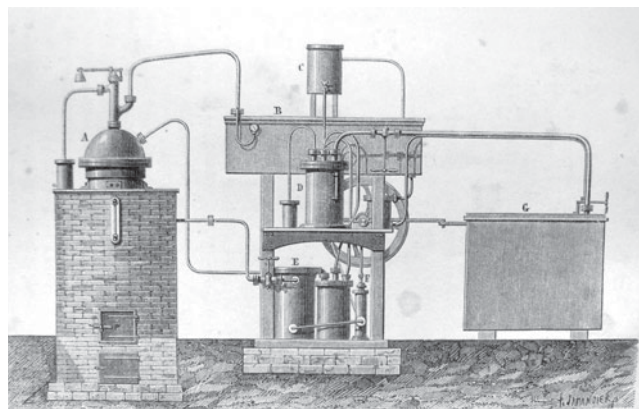
Chiesa di San Cataldo a Palermo, di epoca normanna, edificata da maestranze miste cristiane e islamiche. Gli arabi dominarono la Sicilia dall'827 al 1091, introducendo la loro arte, la loro cultura e le loro tradizioni culinarie. Tra queste l'uso di alimenti refrigerati che possiamo considerare i primi sorbetti in senso moderno.

## Refrigerare a gas

Fino alla metà del XIX secolo le tecniche di refrigerazione prevedevano esclusivamente l'uso del ghiaccio: gli oggetti venivano raffreddati semplicemente per contatto con una miscela di acqua e ghiaccio, la quale assorbiva calore fondendo e scaldandosi. Si poteva quindi raffreddare per un periodo limitato e tutte le migliori erano concentrate sulla riduzione degli scambi termici con l'ambiente, per prolungare l'efficacia della refrigerazione.

Nel 1850 ci fu una svolta: già da tempo gli studi teorici avevano previsto la possibilità di raffreddare mediante l'evaporazione ciclica di un gas, ma risale a questa data l'ideazione del primo frigorifero vero e proprio. L'ingegnere francese Ferdinand Carré mise a punto in quegli anni una macchina frigorifera *ad assorbimento*, con la quale la temperatura veniva abbassata dall'ammoniaca che, nel passaggio dallo stato liquido allo stato gassoso, assorbiva calore dal sistema. Il ciclo si chiudeva mediante il ritorno dell'ammoniaca allo stato liquido in soluzione acquosa, cedendo calore all'ambiente esterno.

Negli anni Trenta ai cicli ad assorbimento si aggiunsero i cicli a *compressione*, che ancora oggi troviamo nei frigoriferi domestici. Dopo essere evaporato estraendo energia dal sistema, il gas torna allo stato liquido grazie all'azione di un compressore azionato da un motore elettrico, scaricando calore nell'ambiente circostante. Allo scopo furono sintetizzati i clorofluorocarburi (CFC), o freon, il cui uso è attualmente regolamentato per legge perché contribuiscono in modo considerevole alla diminuzione dell'ozono stratosferico, la cui presenza impedisce a radiazioni dannose di raggiungere la superficie.



Disegno dell'apparato di Ferdinand Carré per la refrigerazione ad assorbimento (illustrazione dal libro *L'acqua*, di Gaston Tissandier).

**PAROLA CHIAVE** **Transizione**

**DOMANDA** Individua le transizioni di fase coinvolte nei vari sistemi di refrigerazione illustrati.