

NOTE di documentazione per lo stand FISICA dell' Atelier Scientifico "Il Sapere aumenta il sapore" 2022

Secondo il celebre antropologo Richard Wrangham, autore del testo "L'intelligenza del fuoco", siamo qui che siamo proprio grazie alla cottura dei cibi. Ogni popolazione del nostro pianeta usa il calore per trasformare le materie prime in cibo e, senza dubbio, l'uso controllato e sistematico del fuoco per la cottura dei cibi risale ad almeno 400.000 anni fa, con buone possibilità che questa datazione sia arretrabile a poco meno di due milioni di anni fa. Senza dubbio l'uomo è fatto per mangiare soprattutto cibi cotti ed è l'unico essere vivente che cucina. Senz'altro la pratica della cottura ha favorito la socialità e la crescita delle comunità.

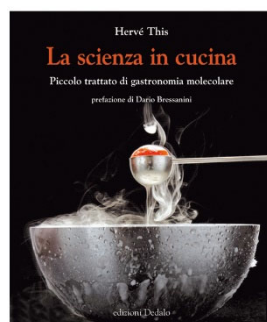


(dalla rete)

Cosa ci sta a fare la Scienza in cucina? La fisica e la chimica, a fianco dell'esperienza diretta in cucina, ci insegnano quali alimenti migliorano le loro qualità nutrizionali e organolettiche con la cottura, quali materie prime sono edibili solo dopo cottura e, infine, quale metodo di cottura è più appropriato per un dato alimento. Non solo: nuove tecniche e nuove ricette derivano dall'applicazione alla cucina di conoscenze scientifiche, in linea di principio anche estranee al mondo del cibo. La cosiddetta "cucina molecolare" ne è un moderno esempio. La parola "molecolare" sta ad indicare che l'analisi del processo di manipolazione del cibo si spinge fino allo studio delle trasformazioni che avvengono a livello delle molecole che costituiscono la materia prima del processo trasformativo.

Copertina del testo di Hervé This (dalla rete)

Calore che viene, calore che va...



Qualunque sia lo strumento usato e il procedimento di cottura, quando scaldiamo un alimento forniamo ad esso energia sotto forma di CALORE e così facendo aumentiamo la sua TEMPERATURA. Il calore accelera il processo di interazione e trasformazione delle molecole che costituiscono la materia prima poiché aumenta la loro mobilità, favorendo la rottura di certi legami e la formazione di nuovi composti.

Il processo opposto, cioè la sottrazione di calore attraverso il raffreddamento rallenta, anche molto, i processi di trasformazione e, quindi, aiuta a preservare un alimento o un cibo crudo o cucinato. Frigoriferi, freezer e abbattitori sono gli strumenti che oggi sono a nostra disposizione per questo scopo.

La conoscenza delle proprietà del calore e la disponibilità di strumenti che gestiscano il flusso del calore tra corpi in modo controllabile sono fondamentali in cucina. La **Termodinamica** è una branca della Fisica, sviluppatasi nel 1800, che si occupa, da un punto di vista macroscopico e microscopico, delle proprietà dei corpi in relazione alle trasformazioni relative al calore, alla temperatura, al lavoro e all'energia. Dunque possiamo dire che è proprio in questo secolo che inizia la collaborazione tra lo scienziato e lo chef: c'è infatti un sacco di Termodinamica in cucina!

Pellegrino Artusi, che nel 1891 ha pubblicato il suo famosissimo trattato intitolato “La Scienza in cucina e l’Arte di mangiar bene”, sulla base di una consapevolezza, consolidatasi nel secolo in cui egli è vissuto, delle possibilità che la scienza può offrire alla creatività culinaria, riassume in questo libro che è ancora un punto di riferimento per i cuochi di tutto il mondo, questa felice collaborazione tra “scienza del cibo” e “arte del cibo”.



(francobollo commemorativo del duecentesimo anniversario della nascita di Pellegrino Artusi, immagine dalla rete)

PARTE LABORATORIALE

CALORE CHE VIENE

Abbiamo capito che il calore sarà il protagonista degli esperimenti che vi proponiamo.

Ma cos'è il calore? Per un fisico possiamo dire che il calore è “una energia in trasferimento”, cioè una forma di energia che si trasmette da un corpo a un altro quando tra i due corpi c'è una differenza di temperatura, fluendo dal corpo a temperatura maggiore a quello a temperatura minore.

In cucina il modo più comune di aumentare la temperatura di un corpo è fornire calore che proviene da un corpo più caldo. In questo modo il corpo scaldato aumenta la sua energia. L'energia che un corpo acquista

grazie al riscaldamento va ad aumentare l'energia interna del corpo e può essere poi trasformata in altre forme di energia.

L'assorbimento della stessa quantità di energia non provoca lo stesso aumento di temperatura in tutti i corpi. Il CALORE SPECIFICO di una sostanza è uguale alla quantità di energia necessaria per aumentare di 1 grado la temperatura di 1 kg di sostanza.

Sostanza	Calore specifico (J/kg k)	Sostanza	Calore specifico (J/kg k)
Acqua	4186	Idrogeno	14300
Alluminio	880	Mercurio	138.1
Anidride carbonica	820	Oro	129
Argento	240	Ottone	380
Aria	1004.6	Ossigeno	920.9
Elio	5100	Rame	387
Ferro	460	Vapore d'acqua	2000
Carbonio	850	Vetro	800

Dunque, la quantità di calore assorbito o ceduto da una massa m di una determinata sostanza per aumentare o diminuire la sua temperatura, è

Calore specifico x massa x (temperatura finale- temperatura iniziale)

Tavolo 1: Propagazione del calore

Conduzione, avviene attraverso i corpi solidi a temperature diverse posti a contatto (esempio: tegame di metallo sul fuoco). La rapidità con cui il calore fluisce attraverso la materia dipende dalla CONDUCEBILITÀ TERMICA. Essa determina la rapidità di trasmissione del calore dalla fiamma o da una superficie rovente al tegame e dal tegame all'alimento. Nella Tabella che segue (p. 168 Amaldi) osserviamo la grande variabilità dei valori di conducibilità termica nelle diverse sostanze.

COEFFICIENTI DI CONDUCEBILITÀ TERMICA

Sostanza	$\lambda_c \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$
Argento	430
Rame	390
Alluminio	240
Acciaio (30% Ni)	105
Ferro	80
Vetro pyrex	1,4
Vetro	0,93
Acqua	0,68
Legno	0,20
Aria secca	0,02

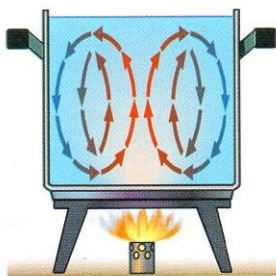
ESPERIMENTI al tavolo: scaldiamo con un accendino l'estremità di barrette di sostanze diverse (un metallo, un vetro, una ceramica...) e controlliamo con una termocoppia la temperatura dell'altra estremità

I nostri antenati cuocevano gli alimenti utilizzando pietre calde, riuscendo in questo modo anche a far bollire l'acqua. Oggi noi utilizziamo comunemente il calore che deriva dalla combustione di un gas, oppure il calore che deriva dalla circolazione della corrente elettrica in una serpentina di materiale conduttore collegata alla rete elettrica (il primo forno elettrico è del 1891). Questo calore si trasferisce per conduzione alla pentola e poi al cibo. In questo modo, tuttavia, parte del calore si disperde a riscaldare l'aria ed alcune parti del piano cottura e non è utilizzata per scaldare il cibo.

Convezione, è il processo di trasferimento di calore nei liquidi e/o nei gas dovuto alla presenza di correnti. Questo fenomeno è molto più efficiente della conduzione perché i fluidi sono in generale cattivi conduttori di calore.

Per esempio, si ottengono moti di convezione mettendo acqua a scaldare sul fuoco

(immagine p. 169 Amaldi)



oppure utilizzando ventole nei forni che, creando moti convettivi dell'aria calda, garantiscono una maggiore uniformità nella cottura e una riduzione dei tempi.

Sebbene il primo forno a vapore sia del 1934, Denis Papin (1647-1712) fisico e matematico francese, si può considerare l'inventore della pentola a pressione, perché fu il primo ad intuire che è possibile cuocere i cibi ad una temperatura superiore ai 100 ° e in tempi più brevi. La pentola a pressione moderna è stata prodotta dall'azienda tedesca Silit nel 1927 e si è diffusa in tutto il mondo dopo la seconda guerra mondiale. Permette la cottura a vapore.

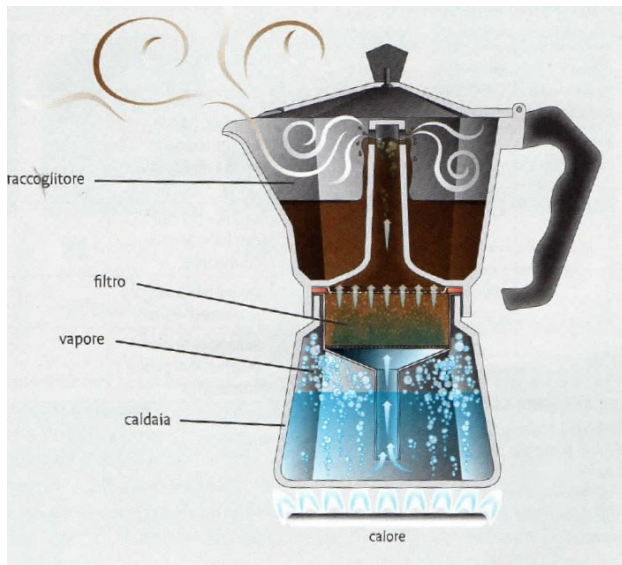
A chi interessa: funzionamento PENTOLA A PRESSIONE (scheda)

Cos'è la pressione? Domanda: fa più male se ti pesta il piede una signora che indossa i tacchi a spillo o le scarpe da ginnastica? Naturalmente fa più male nel primo caso: a parità di forza (peso della signora) applicata, se l'area su questa forza agisce è più piccola l'effetto sarà maggiore. La pressione (del gas) è proprio una forza (esercitata attraverso gli urti delle particelle che formano il gas contro le pareti del recipiente) per unità di area!



Immagine p.92 Amaldi e foto dalla rete

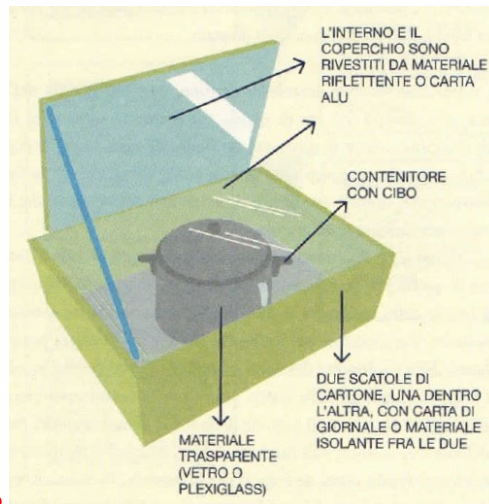
A chi interessa: funzionamento della caffettiera MOKA (scheda)



(p 93 amaldi e A32 Valitutti)

Irraggiamento, trasmissione del calore per effetto dell'assorbimento di onde elettromagnetiche. Irraggiare significa, infatti, emettere radiazioni em. Il processo può avvenire in un mezzo o anche nel vuoto. Quando un corpo è investito da onde em di determinate caratteristiche e assorbe in parte o completamente la radiazione, aumenta la sua temperatura.

ESPERIMENTI al tavolo: dimostratore di cos'è un'onda, dimostrazione che un'onda em si propaga da un'antenna trasportando energia e cedendola al circuito che accende una lampadina.



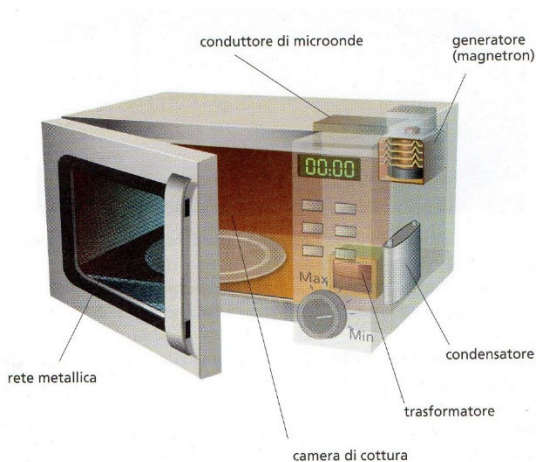
Dimostratore: prototipo di forno solare

Utilizzando la luce del sole è possibile costruire un “forno solare”. Si può usare per cotture lente a temperature non troppo alte. (Immagine da Meliciani p.192).

Anche il cibo sulla griglia del barbecue o nel forno statico (grill), viene colpito dalla radiazione emessa dalle braci o dal filamento incandescente del forno.

Tavolo 2: NUOVA FISICA IN CUCINA: il forno a microonde

Nel forno a microonde la cottura avviene utilizzando il meccanismo dell'irraggiamento. Si sfruttano, in particolare, le microonde, in particolare quelle che hanno una periodicità nello spazio di circa 10 cm. Perché proprio queste onde? Per capirlo bisogna soffermarsi ad analizzare il processo di assorbimento delle microonde da parte delle molecole di acqua contenute nell'alimento. La particolare struttura della molecola di acqua (dipolo elettrico) fa sì che la molecola possa assorbire l'energia della microonda che la colpisce e convertirla in energia di vibrazione. Questa vibrazione avviene in presenza di attrito e una parte dell'energia di movimento si converte in calore. La materia organica che costituisce il cibo è ricca di acqua. Il riscaldamento dell'alimento e la conseguente cottura è dovuto proprio a questa dissipazione di energia attivata dalla vibrazione di queste molecole. Da notare che le microonde non alterano la struttura chimica delle molecole che formano l'alimento durante il processo di assorbimento. Il primo forno a microonde è del 1947.



(p. 244 Amaldi e appunti Milena)

Il vantaggio di utilizzare il microonde rispetto ad un forno tradizionale è legato al fatto che l'energia delle microonde viene trasferita direttamente al cibo se all'interno del microonde si usano dei contenitori inerti (come ceramica e vetro, i metalli riflettono le microonde e non sono adatti), quindi non c'è dispersione di energia. Il riscaldamento è anche più veloce (ma lo è anche il raffreddamento! Provare per credere ...).

DIMOSTRATORE: il semolino, che ha le stesse proprietà della molecola di acqua (ma si vede!) in sospensione nell'olio si orienta sotto l'azione del campo elettrico prodotto dalla macchina elettrostatica.

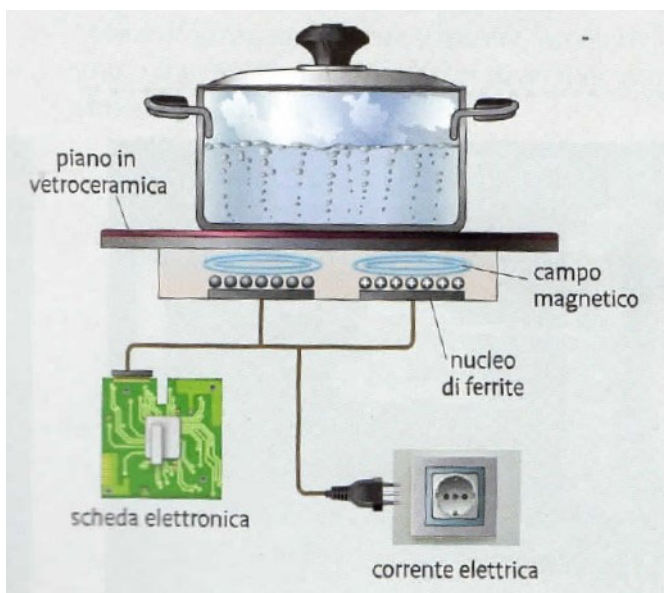
Tavolo 3: NUOVA FISICA IN CUCINA: il piano cottura ad induzione

Un modo alternativo di trasferire calore ad un corpo conduttore attraverso il meccanismo della conduzione è offerto dal piano di cottura ad induzione. Per capire come funziona dobbiamo esplorare alcune proprietà dei fenomeni elettrici e magnetici.

- Si può produrre un campo magnetico con una calamita o con una corrente elettrica (= un trasferimento ordinato di cariche attraverso un conduttore)
- Se attraverso un circuito conduttore chiuso si riesce a produrre un campo magnetico che cambia valore nel tempo in questo circuito si manifesta una corrente elettrica.
- Una corrente elettrica (prodotta da una batteria o da un campo magnetico variabile) cede energia per "attrito" nel conduttore in cui scorre. Come conseguenza il conduttore si scalda.

ESPERIMENTI al tavolo: vari modi di produrre un campo magnetico, un campo magnetico variabile produce l'accensione di una lampadina in un circuito elettrico senza batteria.

L'idea che sta alla base del piano cottura ad induzione è quella di trovare un processo fisico che trasferisca calore DIRETTAMENTE al contenitore dell'alimento (e, per conduzione termica all'alimento stesso) SENZA disperdere calore nell'ambiente circostante. Ma come fare?



Se la pentola ha un fondo conduttore possiamo pensare di generare nel fondo della pentola una corrente elettrica indotta da una variazione di campo magnetico. Questa corrente, scorrendo nel fondo della pentola dissipa calore nel conduttore e la conduzione termica trasferisce il calore all'alimento.

Come fare, allora, a produrre un campo magnetico variabile? Facile: utilizzando la corrente elettrica fornita dalle rete elettrica. Questa corrente è ALTERNATA, cioè scorre nei fili con oscillazioni periodiche (cioè invertendo il verso di scorrimento ad intervalli regolari) cinquanta volte al secondo (ma questa frequenza si può anche cambiare con appositi strumenti). Questa corrente variabile nel tempo produce il campo magnetico variabile che ci serve! Ecco inventato il piano ad induzione.

DIMOSTRATORE: un piano ad induzione in carne e ossa, come si presenta

CALORE CHE VA

Se vogliamo preservare e mantenere una materia prima o un cibo già cucinato, dobbiamo sottrarre calore per rallentare i processi chimici di trasformazione e/o la contaminazione biologica, e mantenere l'alimento ad una temperatura più bassa di quella della cucina. Questo è esattamente ciò che fanno il frigorifero, il freezer o l'abbattitore (uno strumento presente soprattutto nelle cucine professionali). Prima che si inventasse il frigorifero si usavano le ghiacciaie, piccole grotte che venivano riempite di ghiaccio durante l'inverno. Il ghiaccio era trasportato anche per grandi distanze e conservato fino all'estate.



La sommità della ghiacciaia ottagonale del castello di Brolio in Chianti (Siena).(dalla rete)

Sebbene la prima macchina refrigerante risalga alla metà del 1700, il primo frigorifero domestico, con sistema di compressione come quelli che usiamo oggi, fu progettato nel 1834 negli Stati Uniti. L'uso successivo di liquidi refrigeranti quali ammoniaca, freon e fluoroclorocarburi (CFC), è stato bandito dal 1987 a causa dei provati effetti di alterazione dell'atmosfera. Oggi si usano ancora liquidi refrigeranti, ma a basso impatto ambientale.

Tavolo n. 4 : il frigorifero

Come funziona il nostro frigorifero? Il frigorifero è una "macchina termica" che fa passare calore dal suo interno a bassa temperatura, all'ambiente esterno dove la temperatura è più alta. In pratica si assorbe calore da una sorgente fredda e lo si cede ad una sorgente calda. Questo processo è "contro Natura": sappiamo infatti che spontaneamente i corpi caldi tendono a cedere calore ai corpi freddi.... Il processo opposto può avvenire solo grazie ad un ingresso di energia nella macchina dall'esterno, che si realizza attraverso il collegamento alla rete elettrica.

Il processo sopra descritto si realizza sfruttando le proprietà di un fluido (detto fluido “refrigerante”) che si muove in un circuito chiuso di tubi. I fenomeni che si sfruttano per rendere massimo il trasferimento di calore dal corpo freddo (frigo) al corpo caldo (ambiente) sono due. Il primo è IL CAMBIAMENTO DI FASE del fluido, che evaporando assorbe calore e condensando lo rilascia. Esempi di questo processo li abbiamo osservando il raffreddamento della pelle col sudore che evapora, oppure la condensazione delle goccioline su coperchio freddo su pentola calda.

Il secondo fenomeno che si sfrutta è illustrato dall’esperimento al tavolo.

Esperimento al tavolo: la temperatura di un gas cambia con la pressione (e viceversa)

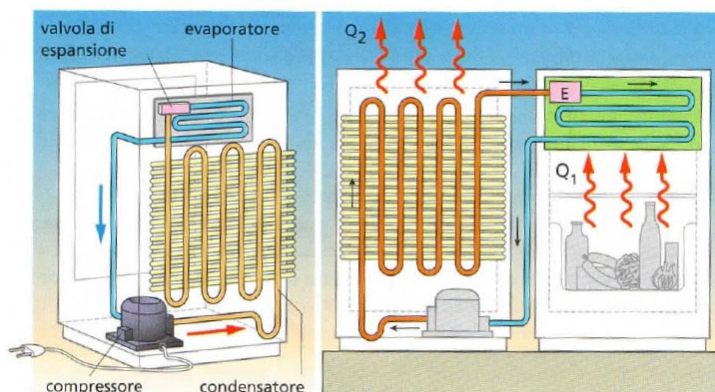
Nell’esperimento vediamo che l’aria contenuta nella bottiglia aumenta o diminuisce la sua temperatura all’aumentare o al diminuire della pressione. Palloncino in azoto liquido (diminuendo la temperatura diminuisce la pressione)

Cos’è la pressione? Domanda: fa più male se ti pesta il piede una signora che indossa i tacchi a spillo o le scarpe da ginnastica? Naturalmente fa più male nel primo caso: a parità di forza (peso della signora) applicata, se l’area su questa forza agisce è più piccola l’effetto sarà maggiore. La pressione (del gas) è proprio una forza (esercitata attraverso gli urti delle particelle che formano il gas contro le pareti del recipiente) per unità di area!

Dunque il fluido del frigorifero si scalda o si raffredda anche variando la sua pressione.

Abbiamo tutti gli ingredienti per capire come funziona il nostro frigorifero. Il principio di funzionamento è lo stesso di quello del condizionatore d’aria. Il fluido utilizzato nel frigorifero si muove in un “circuito” chiuso di tubi di collegamento tra un compressore (apparecchio che aumenta la pressione) e un evaporatore (dispositivo che diminuisce la pressione). Il compressore, all’esterno della cella frigorifera, comprime il fluido, inizialmente allo stato gassoso, aumentandone la temperatura. Successivamente il fluido passa attraverso una serpentina a contatto con l’ambiente, dove il fluido cede calore all’ambiente (serbatoio caldo) e condensa, fino a diventare liquido. Il liquido arriva poi alla “valvola di espansione, cioè entra in una serpentina dai tubi sempre più larghi collocati in prossimità della cella frigorifera (serbatoio freddo) dove la pressione diminuisce. Il diminuire della pressione permette al liquido di iniziare la trasformazione di fase a gas ed espandersi diminuendo la sua temperatura ed, infine, evaporare completamente, assorbendo calore dalla parte interna del frigo. Il fluido completamente evaporato torna al compressore e il ciclo si ripete. In pratica il ciclo si ripete ogni volta che il termostato interno al frigo rivela un aumento di temperatura.

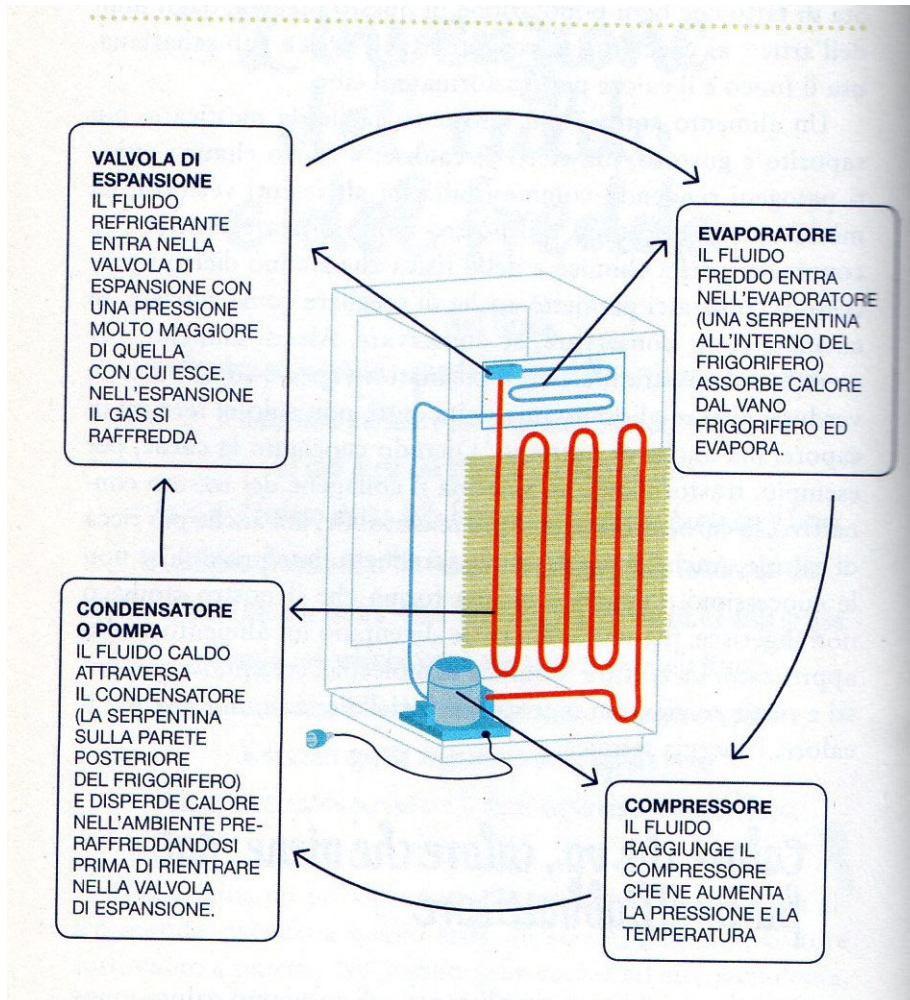
Naturalmente il compressore funziona se collegato alla rete elettrica, che fornisce al frigorifero l’energia che serve per realizzare un ciclo al termine del quale abbiamo portato via calore ad un corpo freddo per darlo ad uno più caldo, processo che, come abbiamo detto, in natura non avviene spontaneamente (cioè senza contributi esterni).



(p. 188 Amaldi)

DIMOSTRATORE: il condizionatore d'aria

Aprire un frigorifero per mostrarvi come funziona è molto difficile. Più facile è aprire un condizionatore e vedere cosa c'è dentro!



SOLO SE QUALCUNO LO CHIEDE -----

L'abbattitore è uno strumento che consente di abbassare in tempi molto più brevi di un comune frigorifero o freezer la temperatura dei cibi. Funziona come un congelatore con un potente motore refrigerante e una ventola che genera aria forzata al suo interno a temperature attorno ai -40°C . E' proprio la ventilazione forzata che consente di assorbire molto più calore e raffreddare molto velocemente gli alimenti, abbassandone la temperatura dai circa 90°C di cottura a 3°C anche al centro in circa 90 minuti, facendo attraversare rapidamente la fascia di temperature dai 40°C ai 10°C , fascia che è quella più favorevole alla formazione di batteri nocivi, mentre surgela a -18°C in circa 4 ore, e senza che si formino i cristalli di ghiaccio che alterano la consistenza ed il sapore del cibo spezzandone le cellule. Mantenere cibo in un abbattitore a -18°C per almeno 24 ore non varia assolutamente il gusto dell'alimento, ma distrugge i batteri e i parassiti che potrebbero essere presenti all'interno.

ESPERIMENTO: gelato all'azoto liquido

L'azoto è un gas molto comune in natura. Compone il 79% dell'atmosfera terrestre e ha un punto di ebollizione molto basso: $-195,82^{\circ}\text{C}$. Ridotto allo stato liquido per compressione liquefacendo l'aria può essere trasportato sotto pressione. Quando è liberato assorbe grandi quantità di calore per poter evaporare (questo è il motivo del fumo bianco e pulito che l'azoto produce a contatto con l'aria). Dunque l'azoto liquido può essere utilizzato come refrigerante ed è il più potente abbattitore che esista in campo alimentare. E' una sostanza inerte, quindi, non pericolosa, ed evapora completamente. Raffredda rapidamente evitando la formazione di grossi cristalli di ghiaccio. Il risultato è un alimento che non "stordisce" lingua e palato raffreddandoli troppo e risulta più cremoso e nettamente più saporito, a parità di ingredienti, rispetto ad un gelato preparato tradizionalmente. Bisogna fare attenzione nel maneggiare l'azoto perché può causare ustioni da freddo.

Giochiamo a preparare il gelato utilizzando come abbattitore proprio l'azoto liquido. Volete assaggiarlo?

Gelato all'azoto liquido

Ingredienti

- 10 tuorli d'uovo
- 200 g di zucchero
- 100 g di sciroppo di glucosio a 32°C
- 5 cucchiaini di polvere di caffè solubile
- 5 cucchiaini di cacao amaro
- 1 L di latte
- 0,5 L di panna
- azoto liquido



Procedimento

1. Monta i tuorli con lo zucchero, poi aggiungi metà latte, il cacao, il caffè e lo sciroppo di glucosio.
2. Scalda il resto del latte e aggiungilo montando.
3. Raffredda senza gelare, versando poco azoto liquido mentre continui a mescolare, poi aggiungi la panna montata.
4. Versa il composto in un recipiente emisferico di acciaio con i manici (va bene anche una zuppiera, purché sia di metallo) e versa l'azoto liquido montando con una frusta metallica, avendo cura di fare movimenti dal basso verso l'alto.
5. Quando la crema raggiunge la consistenza desiderata, interrompi l'aggiunta di azoto liquido, omogeneizza con la frusta e servi con un dosatore per gelato.

DRINK

FOOD

Bibliografia

Fabio Meliciani: *Cosa bolle in pentola* – La scienza in tavola, Codice Edizioni

Ugo Amaldi, Maria Bonzagni: *La fisica in cucina*, Zanichelli

Giuseppe Valitutti, Serena Negrini: *Le scienze in cucina*, Zanichelli

Peter Barham: *La Scienza in cucina*, Bollati Boringhieri

Davide Cassi, Ettore Bocchia: *Il gelato estemporaneo*, Sperling&Kupfer

Massimiliano Bucchi: *Il pollo di Newton – la scienza in cucina*, Guanda

Hervé This: *La Scienza in cucina*, Dedalo