

## La cottura della bistecca e la regola dei quadrati

(tratto e adattato da: L. Fisher, *Il segreto dell'uovo sodo. La scienza della vita quotidiana*, Longanesi & C. Milano 2003)

Il problema principale nella cottura riguarda la corretta distribuzione della temperatura nel cibo. Ci sono leggi fisiche semplici che possono essere usate per predire tale distribuzione. [...]

I due processi con cui può essere trasportata l'energia termica sono la *conduzione* e la *convezione*. Tutti i materiali conducono calore; la differenza fra materiali «conduttori» e «isolanti» sta solo nella facilità di tale conduzione. La carne, per esempio, è altrettanto isolante della gomma di una muta da subacqueo, ma la sua conduttività termica, per quanto bassa, è tuttavia sufficiente a permettere alla parte centrale di raggiungere una temperatura appropriata durante la cottura.

Se le parti più calde di un cibo possono spostarsi, diventa possibile anche la convezione. Benché la nozione sembri oggi familiare (come nei radiatori a convezione), essa fu scoperta in realtà solo poco più di duecento anni fa da conte Rumford.

Le regole basilari della conduzione sono facili da scrivere. Tali regole, però, non sono sempre quelle fornite nei libri di cucina o quelle in cui credono i cuochi.

Consideriamo il semplice caso di una grande fetta di carne, come una bistecca, cotta in una griglia verticale, in modo che venga riscaldata in modo uniforme da entrambi i lati. Per una bistecca di spessore doppio, in che misura cambia il tempo di cottura? Un sondaggio fra vari cuochi fornì una risposta sbagliata. Molti pensavano che la cottura della bistecca avrebbe probabilmente richiesto un tempo inferiore al doppio. La risposta corretta, ottenuta grazie ad alcuni esperimenti, è che la cottura della carne più spessa richiede un tempo *quadruplo*, se per «cottura» s'intende il «raggiungimento della stessa temperatura al centro». Questo è un esempio del fatto che il trasferimento di calore per conduzione segue generalmente una «regola del quadrato». Per condurre il calore a una distanza doppia si richiede un tempo quattro volte più lungo.

«Perché si applica la regola del quadrato?» si domandarono i cuochi a Erice. La risposta dipende dal modo in cui l'energia cinetica viene trasferita fra le molecole nei cibi.

Nella cottura il processo ha inizio quando l'energia termica raggiunge la superficie del cibo, accrescendo l'energia cinetica delle sue molecole superficiali. Queste ne trasmettono

poi una parte alle loro vicine dotate di energia minore, con un processo simile a una serie di urti successivi. Il fenomeno è governato da regole statistiche, e si fonda sull'idea che l'energia possa essere trasmessa con uguale probabilità in qualsiasi direzione, cosicché l'equazione che la governa è la stessa che descrive la diffusione casuale delle molecole in un liquido. Questa equazione mostra che il tempo impiegato dall'energia termica per percorrere per conduzione una certa distanza dipende dal quadrato di questa. Per una distanza doppia si richiede quindi, in media, un tempo quadruplo.

Le equazioni per la conduzione di calore furono messe per iscritto dal matematico francese Jean-Baptiste Fourier, uno dei *savants* che accompagnarono Napoleone in Egitto nel 1798. La regola del quadrato è una soluzione dell'equazione di Fourier che è esatta per fette di carne in cui lo spessore è molto inferiore rispetto alle altre dimensioni. Tale regola funzionerebbe per un pezzo di carne di forma irregolare? Abbiamo ogni ragione per attenderci che non sia così. Le soluzioni dell'equazione di Fourier per forme diverse da quelle di una fetta di carne sono complicate, ma contengono tutte un termine in cui il tempo dipende dal quadrato della distanza.

La teoria, però, non può sostituire la sperimentazione, specialmente in cucina. Decidemmo di verificare la teoria con un vero arrosto, preparato con amore dal cuoco Fritz Blank, proprietario del Deux Cheminées, un famoso ristorante di Filadelfia. Il mio compito fu quello di applicare all'arrosto delle termocoppie fatte di filo metallico molto fine, in modo da controllare la variazione di temperatura a varie profondità all'interno della carne. 1 fili derivanti da queste termocoppie attraversavano la cucina, dal forno a un registratore multicanale, davanti al quale eravamo seduti Fritz e io, che osservavamo sorseggiando un bicchiere di vino. Due ore dopo il centro dell'arrosto aveva raggiunto la temperatura prescritta da Fritz di 45 °C. Prima dell'assaggio, però, sostenne Fritz, si doveva aspettare una quarantina di minuti, dando così all'arrosto la possibilità di «stabilizzarsi». Non riuscivo a capire il perché di questa strana decisione, anche se non tardai a trovarne il motivo. Quel periodo di riflessione mi diede infatti l'opportunità di tenere sotto controllo la temperatura dell'arrosto mentre si raffreddava, proseguendo l'analisi dei dati. Se la «regola del quadrato» avesse conservato la sua validità, un grafico dei quadrati delle distanze in funzione del tempo impiegato per raggiungere una qualsiasi specifica temperatura sarebbe stato una linea retta. Sperimentai la regola per alcune temperature diverse. Quando vidi i risultati, pensai che il bicchiere di vino fosse stato ben ripagato. Le temperature della carne durante la cottura arrosto seguivano perfettamente la regola dei quadrati.

L'arrosto, frattanto, aveva una piccola sorpresa in serbo per noi. Le termocoppie in prossimità della superficie mostravano che la temperatura aveva cominciato ascendere non appena l'arrosto era stato tolto dal forno, mentre quelle più vicine al centro rivelarono che la temperatura stava ancora *salendo*! La temperatura centrale continuò a crescere per

i successivi quaranta minuti, raggiungendo infine 55 °C, un valore appropriato per una cottura fra il medio e il ben cotto. La carne, quindi, viola le normali regole della conduzione?

Ben presto mi resi conto che questo fenomeno era dovuto in realtà alle normali regole della conduzione. La parte centrale di un arrosto è circondata da carne più calda, anche dopo che l'arrosto è stato tolto dal forno. Lo strato in cui si registra la temperatura massima si trova da qualche parte fra il centro e l'esterno, e il calore passa da questo strato alle parti meno calde: ciò significa che fluirà al tempo stesso verso l'interno e verso l'esterno del pezzo di carne. Analisi successive mostrarono che il ritmo a cui questo processo si verifica corrisponde in modo soddisfacente alle predizioni dell'equazione di Fourier. Gli analisti mostrarono anche che l'abitudine dei cuochi di fare stabilizzare i grandi arrosti prima di portarli in tavola ha un fondamento scientifico molto solido. Il centro dell'arrosto continua infatti a cuocere e il profilo della distribuzione delle temperature si appiattisce, cosicché la carne cuoce in modo più uniforme. Ciò avverrà anche nel caso che la carne venga cotta per un tempo più lungo a una temperatura minore.

La regola dei quadrati è in effetti una buona guida per molti cibi, ma si applica a diametri, non a pesi.