

SETTIMANA DELLA
(scienza nella)
CUCINA ITALIANA
NEL MONDO



LEZIONE 1: Preparare una buona pasta? Questione di Fisica (e buoni ingredienti)

Basato su lezioni tenute dal Prof. Sergio Scopetta, addetto scientifico dell'Ambasciata d'Italia a Madrid, presso la Scuola Italiana di Madrid (nel giorno 13 novembre 2023) e presso la Scuola Italiana di Barcellona (nel giorno 15 novembre 2023).

Impaginazione e illustrazioni originali di Camila Fernanda Do Amaral Sancho, Maria Cristina Jiménez Cumbicus e Carolina Sanchez Vega, studentesse della Escuela Alberto Corazón di Alcalá de Henares.

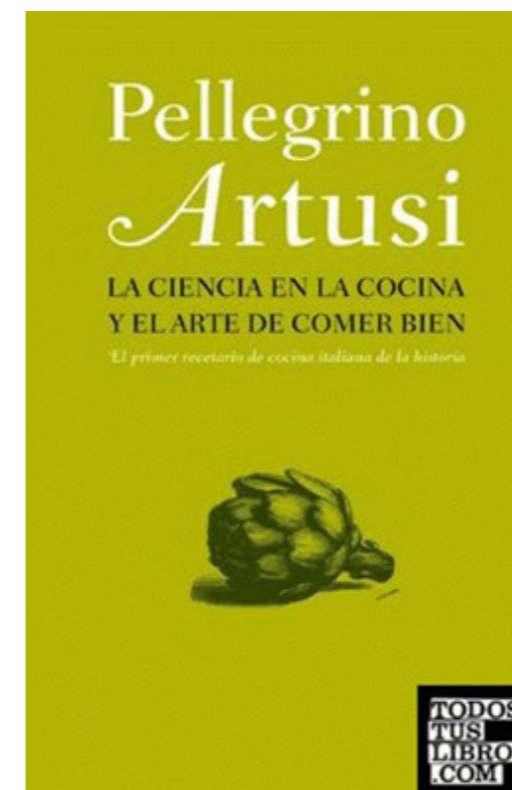


INTRODUZIONE: “La Scienza in cucina”: non è argomento molto originale o innovativo. Il primo libro sistematico di ricette della cucina italiana, il celebre Artusi [1], del 1891, la evoca addirittura nel titolo (a sinistra una foto della copia di mia moglie, che abbiamo a casa qui a Madrid). Il libro è così

famoso da essere tradotto in Spagnolo [2]. In realtà, il libro è molto poco scientifico e presenta molti svarioni, anche su questioni essenziali della scienza dell'alimentazione, come il contenuto calorico degli alimenti. In compenso, le ricette sono molto gustose!

In tempi più recenti, la Scienza in cucina o “Scienza della cucina” è diventata molto seguita e praticata, molto rispettata anche dai cultori delle discipline tecnico-scientifiche più pure e tradizionali. In primo luogo il fine è quello di **capire cosa accade**, a livello

fisico-chimico, anche microscopico, quando si prepara un determinato piatto. L'idea è che, una volta raggiunta questa cognizione, si possa poi utilizzare **per migliorare** la preparazione stessa del piatto o l'efficienza ed economia (risparmio di tempo e/o energia) del procedimento. Esempi di alto livello divulgativo di questa pratica si possono trovare nell'opera del chimico e divulgatore Dario Bressanini [3], a cui queste note devono molto. Non si può poi ignorare la rubrica sull'argomento, tenuta dal Prof. Carlo Cannella prima e dalla Prof. Elisabetta Bernardi poi, in diverse annate della trasmissione Superquark, curata da Piero Angela per la RAI.



Questo è dunque lo spirito di queste due mie “lezioni”. La prima è dedicata alla COTTURA della PASTA.

1. La pasta

La pasta (pastasciutta): è un alimento a base di farina di diversa estrazione, tipico delle varie cucine regionali d'Italia, divisa in piccole forme regolari destinate alla cottura in acqua bollente e sale o con calore umido e salato. L'alimento è stato sviluppato indipendentemente in Italia e Cina, con risultati diversi. In Italia, era noto già nella Magna Grecia e in Etruria. Nelle sue varianti locali, regionali e artigianali, è salvaguardato e protetto dalle contraffazioni, dallo Stato italiano e dalla UE.

La pasta costituisce da sempre un carattere identificativo del nostro Paese:

«...il nostro più che un popolo è una collezione. Ma quando scocca l'ora del pranzo, seduti davanti a un piatto di spaghetti, gli abitanti della Penisola si riconoscono italiani... Neanche il servizio militare, neanche il suffragio universale (non parliamo del dovere fiscale)

esercitano un uguale potere unificante. L'unità d'Italia, sognata dai padri del Risorgimento, oggi si chiama pastasciutta»

(C. Marchi, Quando siamo a tavola, Rizzoli, 1990)

La pasta secca, che costituisce i tre quarti dei consumi totali, è ottenuta tramite la tecnica originale italiana della trafilazione (filiere di acciaio o bronzo), della laminazione e

conseguente essiccamento di impasti preparati esclusivamente con semola o semolato di **grano duro** (di cui il 50% del fatturato nazionale è prodotto nel Tavoliere delle Puglie) e acqua. La legge ne stabilisce caratteristiche ed eventuali denominazioni con il Decreto del Presidente della Repubblica n. 187 del 9 febbraio 2001. L'altro quarto dei consumi è

rappresentato dalla pasta fresca, per cui, oltre a un più elevato livello di umidità e di acidità, è previsto anche l'impiego del grano tenero e la sfogliatura dell'impasto in alternativa alla trafilazione.

Una buona pasta secca ha circa il 12 % di acqua e circa il 12 % di proteine, molti carboidrati e quasi zero grassi. Attenzione però: 360 Kcal/100 g (scondita). Ha un alto valore nutrizionale (in tutti i sensi)

L'Italia è al primo posto nel consumo di pasta: circa 25 kg annui pro capite; seguono Tunisia (16 kg), Venezuela (12 kg) e Grecia (11,2 kg). In Spagna, "solo" 4 Kg! (dati del 2014). L'Italia è da sempre leader nel mercato della pasta con 3,5 milioni di tonnellate prodotte nel 2014, di cui il 57% è esportato, in particolar modo in Germania (18,3%),

Regno Unito (14,1%), Francia (14%), Stati Uniti (7,7%) e Giappone (3,5%) per un valore di circa 2 miliardi di euro, contro il 54% del 2010, il 48% del 2000 ed il 5% del 1955. Subito dopo seguono gli Stati Uniti con 2 milioni ed il Brasile con 1,5 milioni di tonnellate prodotte. Riguardo alla produzione di grano duro, in Italia vengono prodotte circa 4 milioni di tonnellate (in Canada 4,8). Questa quantità non soddisfa le necessità delle aziende pastaie, che importano il 30-40% del loro fabbisogno (nel XIX secolo era il 70%), in particolare da Canada, USA, Australia, Russia, Francia, Ucraina, Turchia. Le diverse aziende italiane usano una diversa percentuale di grano estero che varia dal 25% al 50%. Tutte possono definire la pasta prodotta in Italia come "made in Italy" (tutti i dati in questa sezione sono tratti essenzialmente da [4]). Nel mondo molta pasta alimentare viene prodotta anche con grano tenero, molto economica, con pessimi risultati.

Esiste un italiano a cui non piace la pasta italiana? In giro per il mondo ne ho trovata di pessima, perché la base non era di **qualità** o perché la **cottura** era sbagliata.

Esiste un essere umano a cui non piace la pasta italiana? Molti stranieri, anche molti amici spagnoli, mi dicono: "Quanto è buona la pasta in Italia!".

Attenzione: la pasta è buona ovunque, basta **usare quella buona e cuocerla correttamente**. Purtroppo in giro per il mondo non tutti hanno avuto la fortuna di provarla davvero.



2 - La cottura della pasta

A - Generalità

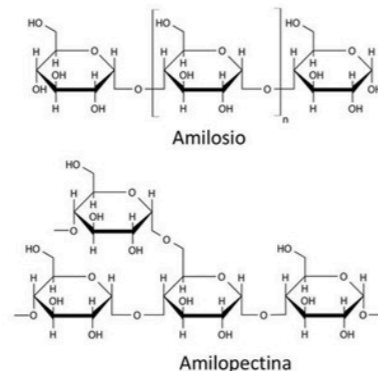
La cottura della pasta è un'operazione tecnicamente banale ma, quando buttiamo gli spaghetti, nella loro cottura intervengono fenomeni fisici e chimici complessi. Potremmo considerare la nostra cucina una specie di laboratorio nel quale noi diamo avvio a un **processo di trasformazione** che coinvolge quattro attori:



1. il prodotto (**la pasta**)
2. l'**acqua di cottura**
3. il **calore**
4. il **recipiente**

È facile: nella cottura normale, si fa bollire l'acqua (transizione di fase del primo ordine: presenza di calore latente ed enucleazione di bolle, con entrambe le fasi presenti allo stesso tempo), si aggiunge sale, si butta la pasta (**buona**), si mantiene l'ebollizione fino a cottura (al dente se piace). Facile, risultato assicurato. Durante la cottura **la pasta diventa molle**. Accade perché i granuli di amido (composto ternario, carboidrato) presenti nella pasta, assorbendo parte dell'acqua (reidratazione), si gonfiano, aumentano di volume e gelatinizzano, cioè cambiano struttura: da cristallina a **gel** (da solido a bifasico, con liquido "intrappolato" nella fase solida.)

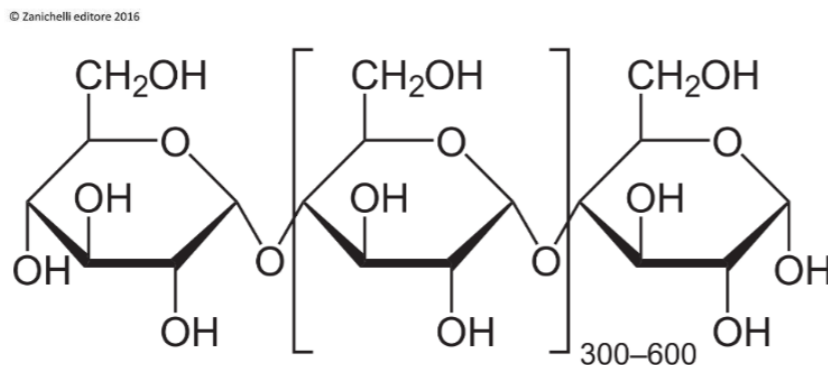
Amido



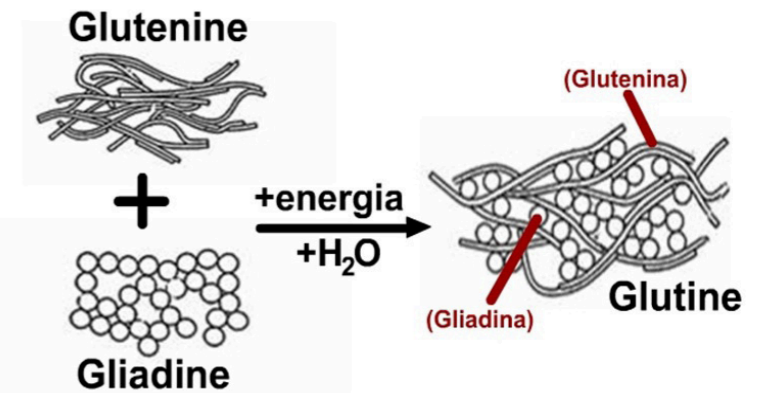
L'**amido** è un omopolisaccaride di glucosio; esiste in due forme: una lineare (**amilosio alfa**) e una ramificata (**amilopectina**).

L'**amido** è il principale deposito di energia nelle piante.

ZANICHELLI



Il processo di gelatinizzazione dell'amido a partire dai granuli è reso possibile dal riscaldamento in ambiente acquoso. In queste condizioni i granuli di amido, idratandosi progressivamente, si gonfiano. L'amido perde dunque la sua struttura cristallina: l'amilopectina e l'amilosio entrano in soluzione formando legami con le molecole di acqua. Le fasi della gelatinizzazione si possono riassumere in tre punti: 1) rottura dei legami per azione dell'acqua e del calore; 2) rigonfiamento dei granuli con conseguente rottura; 3) fuoriuscita dell'amilosio e dell'amilopectina e formazione della salda d'amido. Attenzione alla figura qua in alto: una figura in rete, protetta da copyright eppure sistematicamente copiata e incollata in svariati siti, è palesemente sbagliata (perché?). Wikipedia funziona molto meglio!



Oltre i carboidrati, come detto, la pasta contiene anche proteine. Durante la cottura, queste vengono denaturate. Per capire cosa vuol dire, dobbiamo fare un passo indietro. Durante la cottura, mentre l'amido gelatinizza, anche le proteine che formano il glutine presente nella pasta assorbono acqua. Il **glutine** è formato da due tipi di proteine: la prolamina (**gliadina** per il frumento) e la **glutenina**, presenti nei chicchi di cereali come **grano**, farro, segale e orzo. Nella produzione della pasta, quando si mescolano tra loro **semola** e acqua - fase di **prima idratazione** - queste due proteine "si intrecciano tra loro" e formano, appunto, il glutine o, meglio, una "**maglia glutinica**", una specie di rete.

Durante la **cottura**, le proteine del glutine, assorbendo acqua, si "gonfiano". In questo modo, i "fili" che compongono la maglia glutinica si "ingrossano" e si modifica la struttura proteica del glutine (denaturazione). Di conseguenza, il glutine **coagula**, rafforzando la propria struttura proteica (ovvero, la "maglia" diventa più forte). E' questo che assicura consistenza e coesione alla pasta (che, quindi, se di buona qualità, resta "**al dente**"): l'amido è trattenuto nella pasta e non va a intorbidire l'acqua apprezzabilmente. Questo è anche un criterio per valutare, a posteriori, la qualità della pasta utilizzata. In effetti la pasta ora si comporta come un gel. Un po' di amido si è disperso nell'acqua che si è intorbidita: ne riparleremo. A questo punto, la **pasta è cotta**.



B - L'acqua deve bollire?

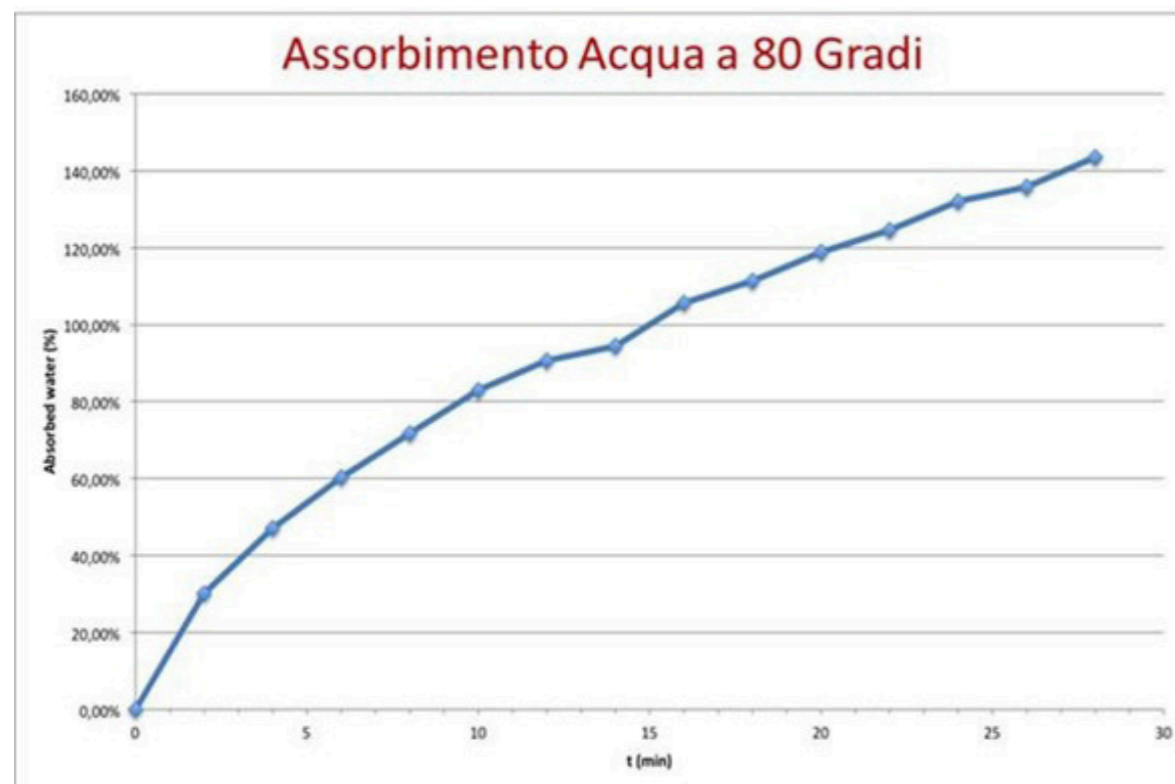
Come scritto sopra, la cottura convenzionale della pasta procede in acqua bollente. In realtà, l'acqua può non bollire. Per una corretta cottura della pasta, la bollitura è assolutamente inutile. Qualcuno se ne è accorto molto tempo fa: "Il processo con cui il cibo è più comunemente preparato per la tavola - la bollitura - è così familiare a chiunque, e i suoi effetti così uniformi, e apparentemente così semplici, che pochi, io credo, si sono presi la briga di indagare come o in che modo questi effetti vengono prodotti". Benjamin Thompson, 1799 [4]



Si pensa che l'ebollizione dell'acqua sia una condizione assolutamente necessaria per poter cuocere la pasta ed altri cibi... **Non è vero!**

Le reazioni che portano alla cottura della pasta avvengono tra i 60 e gli 80 gradi, ben lontani dalla temperatura di ebollizione, che quindi serve solo a consumare più energia e a spendere di più. La cottura della pasta infatti dipende solo dalla temperatura raggiunta, e non dal fatto che l'acqua stia bollendo o meno. Come già visto, a livello microscopico, **TRE** fenomeni governano la cottura della pasta:

1. La velocità di penetrazione dell'acqua all'interno dell'impasto



2. La gelatinizzazione dell'amido

3. La denaturazione e conseguente coagulazione del glutine

Questi tre fenomeni dipendono dalla temperatura, non dalla presenza di ebollizione. Vediamoli punto per punto.

1. Per conseguire la giusta velocità di penetrazione dell'acqua nell'impasto non serve raggiungere l'ebollizione, bastano circa 80 gradi.

In realtà l'acqua penetra nella pasta anche a freddo. La velocità di penetrazione a "freddo" è però estremamente lenta e inadatta alla cottura. Si osserva però che, alla temperatura di ebollizione (quanto vale?) la percentuale di penetrazione di acqua nella pasta è di circa il 117% (cosa vuol dire?). Se andiamo ad analizzare invece cosa avviene **a 80 gradi**, dopo un tempo pari a quello tipico necessario alla cottura della pasta, noteremo che la percentuale assorbita è del 115% (del tutto equivalente).

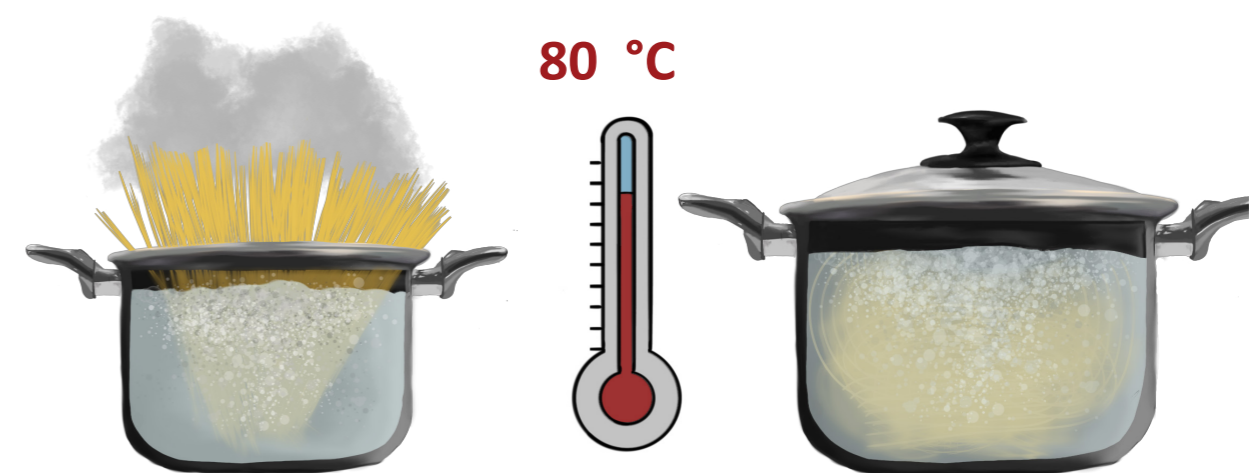
Quindi, se da un lato è vero che l'acqua entra più velocemente nell'impasto a temperature più alte, **a 70-80 gradi la velocità è perfetta** per una cottura nel giusto tempo e quindi non è necessario, perché questo primo fenomeno abbia luogo, che l'acqua bolla.

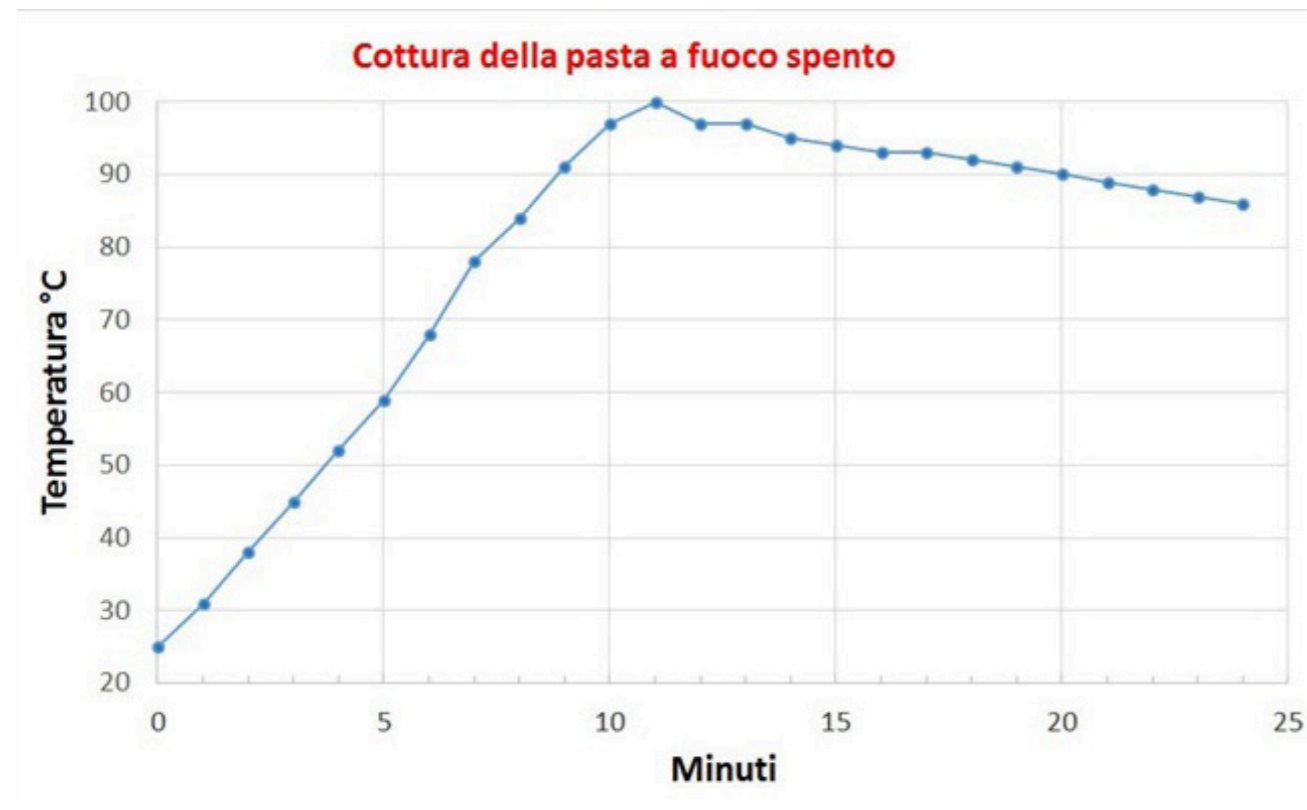
2. L'amido di grano duro gelatinizza tra i 60 °C e i 70 °C.

Dunque anche per il secondo punto non ci sono problemi. Lo stesso per il terzo punto:

3. Cosa succede al glutine? Il glutine denatura e coagula tra i 70 °C e gli 80 °C.

Si deve notare ora che tutte le temperature discusse, necessarie perché l'acqua penetri efficientemente nella pasta, perché l'amido gelatinizzi e perché il glutine denaturi, sono molto inferiori alla temperatura di ebollizione. Questo significa che è possibile cuocere la pasta anche tenendo l'acqua a circa 80 °C, impiegando magari qualche minuto in più dato che, a questa temperatura, l'acqua idrata l'impasto un po' più lentamente.





Dal grafico si vede che, 15' dopo aver raggiunto l'ebollizione, la temperatura dell'acqua rimane ben al di sopra degli 80 gradi. Questo dovrebbe consentire la piena cottura di ogni tipo di pasta.

Quanto detto ci consente di proporre un metodo ottimizzato (risparmio di energia, denaro, emissioni di gas serra) per la cottura della pasta:

Portare la giusta quantità di acqua ad ebollizione (anche se non è necessario: solo per essere sicuri della temperatura raggiunta senza usare un termometro) col coperchio (per risparmiare tempo e gas). Quindi aggiungere sale e quindi la pasta. Mescolare quindi per una ventina di secondi per evitare che la pasta si attacchi, spegnere il gas, mettere la pentola altrove, anche su un tavolo (così si libera un fornello), coprire e aspettare il tempo di cottura standard più un paio minuti (ovviamente il tempo può essere aggiustato empiricamente per venire incontro ai gusti personali).

L'acqua di cottura risulterà inoltre meno densa di amido in quanto con il metodo di cottura proposto la pasta perderà meno amido, risultando più gustosa.

Quanta energia viene sprecata per far bollire acqua che poi verrà gettata nel lavandino??

Proviamo a calcolarla. Guardando in:

<https://it.quora.com/Quanto-gas-si-consuma-a-cucinare-100gr-di-pasta>

si deducono 0,01 € di risparmio per ogni 100 g; dato che un italiano consuma 25 Kg/anno di pasta risparmio di almeno 1 € / anno. Sembra poco ma solo in Italia in un anno si risparmierebbero 60 M€. E non è solo questione di soldi, attenzione: se la domanda diminuisce, si abbassano i prezzi. Inoltre questa pratica avrebbe un alto valore educativo e potrebbe innescarne altre.

Spreco di gas e soldi, emissioni di gas-serra che si possono evitare!

3 - Prova pratica e test "sperimentale" (assaggio)



Finora, la teoria... Ora, visto che vogliamo essere scientifici, non ci rimane che mettere in pratica quanto detto e fare un semplice esperimento: cottura convenzionale in parallelo a quella "intelligente", con confronto finale... ovvero, assaggio!



Bibliografia

- [1] P. Artusi, "La Scienza in Cucina e l'arte dei mangiar bene", Bemporad, 1891; Giunti, 2020.
- [2] P. Artusi, "La Ciencia en la Cocina y el arte de comer bien", Alba, 2010.
- [3] https://it.wikipedia.org/wiki/Dario_Bressanini
- [4] <https://it.wikipedia.org/wiki/Pasta>
- [5] Benjamin Thompson, meglio conosciuto come Conte Rumford, uno dei fondatori della termodinamica ("Saggio sulla cottura", 1799).

LEZIONE 2: Sforzare una buona pizza? Questione di Fisica (e di forno a legna)

Introduzione: Se la cottura della pasta, per quanto complessa a livello microscopico, è un'operazione tecnicamente semplice, quella della pizza non lo è di certo. Una cottura approssimativa compromette la qualità alimentare e la digeribilità, oltre che il gusto. In questa seconda lezione vedremo quante variabili giocano per ottenere il risultato finale e dimostreremo, almeno teoricamente, la supremazia della cottura nel forno a legna rispetto a quella nel forno elettrico, seguendo un recente lavoro scientifico divulgativo di alto livello e notevole rigore [1].



1. La pizza

1- La pizza: (tratto da [2]) prodotto gastronomico salato, che consiste in un impasto a base di farina di frumento, acqua e lievito, che viene spianato per essere farcito tipicamente con pomodoro e mozzarella o altri ingredienti e poi cotto in un forno a legna. Tipica della cucina napoletana, è oggi, insieme alla pasta, la pietanza italiana più conosciuta al mondo. Col nome pizza, noto solo a Napoli, ancora nel XVIII secolo, si indicavano le torte, quasi sempre dolci. Fu solo a partire dagli inizi del XIX secolo che la pizza assunse, sempre a Napoli, la sua attuale connotazione. Il seguente successo planetario della pietanza ha portato, per estensione, a definire nello stesso modo qualsiasi preparazione analoga. Nel 2017 l'UNESCO ha dichiarato l'arte del pizzaiolo napoletano come patrimonio immateriale dell'umanità. Dopo il riso, la pizza è l'alimento più mangiato al mondo, seguito dalla pasta. Secondo il Corriere della Sera, "pizza" è la parola italiana più famosa al mondo, prima di "ciao". Il napoletano Raffaele Esposito (1850-1923) viene spesso indicato come il padre della pizza moderna e l'Antica Pizzeria Port'Alba, nel centro storico di Napoli, è considerata la più antica pizzeria al mondo.

L'etimologia della parola non è chiara.

La pizza ha una storia lunga, complessa e incerta. In assoluto, le prime attestazioni scritte della parola "pizza" risalgono al latino volgare, a Gaeta, nel 997. Già comunque nell'antichità focacce schiacciate, lievitate e non, erano diffuse presso gli Egizi e i Romani (offa). Benché si tratti ormai di un prodotto diffuso in quasi tutto il mondo, la pizza è un piatto originario della cucina napoletana. Spesso, ci si riferisce con questo termine alla pizza tonda condita con pomodoro e mozzarella, ossia la variante più conosciuta della cosiddetta pizza napoletana, la pizza Margherita. Esiste, del resto, anche un significato più ampio del termine "pizza". Infatti, trattandosi in ultima analisi di una particolare specie di pane o focaccia, la pizza si presenta in innumerevoli derivazioni e varianti, cambiando nome e caratteristiche a seconda delle diverse tradizioni locali.

La più celebre delle pizze, la pizza margherita, contiene varie sostanze nutrienti: i carboidrati sotto forma di amido (nella farina), i lipidi vegetali dell'olio extravergine d'oliva e quelli animali della mozzarella di bufala o fior di latte, proteine animali (ancora dalla mozzarella). Queste indubbie qualità non devono però far dimenticare che la pizza non è un alimento ipocalorico adatto a qualunque regime dietetico: una margherita di dimensioni medie dà un apporto di oltre 700 calorie peraltro molto sbilanciate a favore dei carboidrati (circa il 75%).

Molto importante nella pizza, oltre che la qualità degli ingredienti, è la giusta maturazione e lievitazione. La maturazione è il processo necessario affinché l'amido contenuto nella farina (polisaccaride) venga scisso in zuccheri semplici da alcuni enzimi (alfa- e beta-amilasi). Questo fa sì che la pizza, ben maturata, risulti digeribile, mentre il lievito di birra compie il suo lavoro producendo nell'impasto anidride carbonica e gas nobili, da cui la lievitazione, cioè un aumento del volume dell'impasto pari a circa il 100 %.

Non tutti capirono le potenzialità della ricetta:

<< Un giorno, un industriale Napoletano ebbe un'idea. Sapendo che la pizza è una delle adorazioni culinarie napoletane, sapendo che la colonia napoletana in Roma è larghissima, pensò di aprire una pizzeria in Roma. Il rame delle casseruole e dei ruoti vi luccicava; il forno vi ardeva sempre; tutte le pizze vi si trovavano: pizza al pomodoro, pizza con muzzarella e formaggio, pizza con alici e olio, pizza con olio, origano e aglio. Sulle prime la folla vi accorse: poi, andò scemando. La pizza, tolta al suo ambiente napoletano, pareva una stonatura e rappresentava una indigestione; il suo astro impallidì e tramontò, in Roma; pianta esotica, morì in questa solennità romana.>>

(Matilde Serao, "Il ventre di Napoli", 1884)

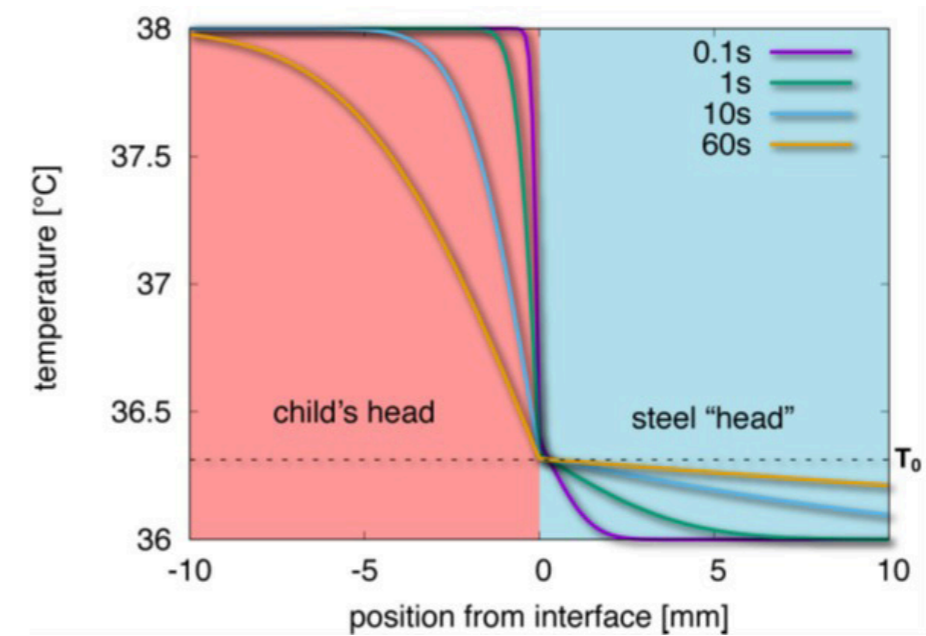
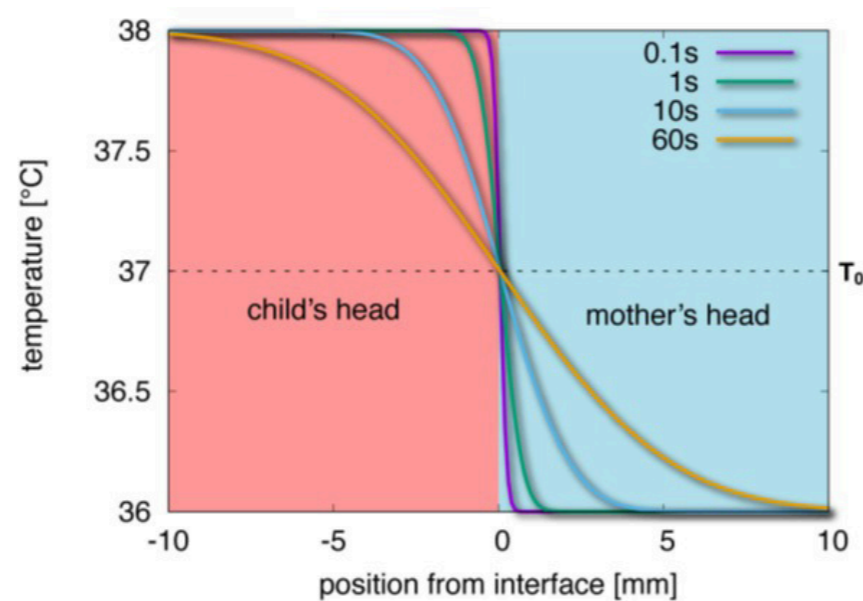
2 - Preparazione: forno a legna vs forno elettrico

2 – a : Trasferimento del calore

La pizza napoletana (dunque non molto sottile) cuoce tipicamente in un forno “a volta”, alimentato a legna, con una base di mattoni refrattari, ad una temperatura compresa tra 400 e 500°C, per circa 90 s. Una “pallina” di impasto di farina lievitata (250 g per una di medie dimensioni) viene stesa su una pala di alluminio o legno, farcita (con pomodoro mozzarella e/o altro) e infornata. Nel tempo indicato, si ottiene una cottura ottimale della base e della farcitura.

Il problema del forno elettrico è che lavora a temperature più basse ed è di metallo (acciaio). Il risultato è che serve più tempo e, come conseguenza, per i motivi che vedremo, la base della pizza tende a cuocersi troppo rispetto alla farcitura.

Per capire questo, bisogna prima di tutto capire come si trasmette il calore tra due corpi di diversa temperatura messi a contatto (parentesi: cosa è la temperatura?) messi a contatto: prima di tutto, il calore passa da quello più caldo a quello più freddo (parentesi: conoscete questo “principio”? Come si chiama? È davvero un principio? Qual è la sua spiegazione microscopica? Un frigorifero non fa l’opposto? Il principio è dunque violato?). Nella figura, tratta da [1], si fa l’esempio di un corpo a una temperatura $T_1= 38\text{ °C}$ (un bambino con la febbre) messo a contatto con un altro a $T_2= 36\text{ °C}$ (la madre che vuole stabi-



lire la presenza di febbre).

La figura mostra chiaramente (o no?)

come, al passare del tempo, il calore si distribuisca tra i due corpi; all’interfaccia, nel punto di contatto, in modo molto intuitivo, la temperatura è di 37 °C, quella esattamente intermedia tra le due:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

Ovviamente, non è sempre così semplice. Nell’esempio fatto, i due copro sono fatti dello stesso materiale (“umano”). Nella figura a lato è riportato cosa si avrebbe se il secondo corpo, quello più freddo (nell’esempio, la madre) fosse sostituito da uno fatto di altra sostanza, in grado di trasmettere molto più velocemente il calore (in particolare, di acciaio;). Il calore si disperderebbe in modo molto più efficiente verso il corpo più freddo (sarebbe ancora più evidente per conduttori termici più efficienti dell’acciaio, come rame o argento... Perché? Si pensi al significato microscopico del calore o si veda la trattazione formale in [1]). Le due situazioni possono essere riassunte nelle due equazioni (intuitive entrambe, la seconda richiede la dimostrazione formale):

$$T_0 = \frac{T_1 + v_{21} T_2}{1 + v_{21}}$$

Come spiegato, il parametro v_{21} vale 1 se il corpo 1 e il corpo 2 sono fatti dello stesso materiale. Proviamo ad applicare questa legge al caso della cottura della pizza. Nel caso della cottura in forno a legna, per la quale abbiamo fornito sopra Temperatura e tempo di cottura, il parametro v_{21} è relativo all'interfaccia tra l'impasto (supponiamo sia $T_2 = 20$ °C) e i mattoni refrattari (che saranno alla temperatura del forno alla base (diciamo dunque $T_1 = 400$ °C). Per questi due materiali, v_{21} vale dunque 0,65 (i mattoni conducono il calore meglio dell'impasto, ma non molto). La temperatura all'interfaccia vale dunque, sostituendo i valori forniti: $T_0 = 250$ °C. L'esperienza di cottura e degustazione insegna che questa è la temperatura ideale all'interfaccia per ottenere il miglior risultato di cottura per l'impasto e per la farcitura.

In un forno elettrico alla stessa temperatura, dato che in questo caso v_{21} è diverso e pari a 0.1 (l'acciaio conduce il calore molto meglio dell'impasto e anche dei mattoni), si otterrebbero circa 364 °C: a questa temperatura la pizza carbonizza istantaneamente! Per ottenere lo stesso risultato in un forno elettrico, ovvero la stessa temperatura ottimale all'interfaccia, 250 °C, si potrebbe però scaldare il forno ad una temperatura T_1 diversa. Quale dovrebbe essere? Invertendo la (2), si ottiene semplicemente T_1 pari a circa 273 °C. Impostando dunque il forno elettrico a questa temperatura, più bassa e dunque anche più economica, si dovrebbe ottenere lo stesso risultato, a parte l'assenza di profumi di legna ed altri aromi tipici, comunque non facilmente rilevabili.

Perché dunque diciamo che il forno a legna è oggettivamente superiore? Per rispondere, siamo costretti ad approfondire la trattazione.

2 – b : Radiazione termica

In realtà finora abbiamo considerato, come meccanismo di trasferimento di calore, soltanto la conduzione attraverso la superficie di contatto tra il fondo del forno e l'impasto. Come illustrato nella figura accanto, ci sono altri due meccanismi da considerare. Il più rilevante è quello radiativo. Il forno da pizza è molto ben isolato ed ha pertanto una temperatura uniforme e costante nel tempo. Per questo motivo costituisce una realizzazione pratica del concetto ideale di corpo nero. La fisica del corpo nero è davvero ostica e per essere compresa richiede molta cultura. Solo quelli fra voi che decideranno di dedicarsi alla Fisica in modo professionale avranno la possibilità di affrontarla con strumenti sufficienti, dopo tre anni di studio uni-



versitario dedicato. Non è scontato che ne capiranno qualcosa nemmeno in quel momento. Forse provando ad insegnarla un giorno avranno qualche possibilità in più: il laureato in Fisica medio, anche se l'ha studiata, non ne ha controllo. Pensate che, per risolvere i problemi che lo studio di questi fenomeni riserva, Max Planck, nell'anno 1900, fondò di fatto, suo malgrado e a sua insaputa, la Meccanica Quantistica. Per ora, vi basti sapere che ogni corpo, per il solo fatto di avere una temperatura diversa dallo zero assoluto (0 °K = -273 °C, circa), emette radiazione elettromagnetica. Un corpo nero (in questo caso l'interno del forno) la emette secondo la mitica legge di Stefan-Boltzmann (SB):

$$I = \sigma T^4 \quad \text{con} \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

che esprime la costante di SB. Se T è espressa in gradi Kelvin, °K, I ci dice quanta potenza (energia al secondo, misurata in Watt, W) raggiunge, per ogni metro quadrato di superficie, un oggetto all'interno del corpo nero (il forno, nel nostro caso). Facendo il calcolo per un forno a 400 °K, la pizza riceve per irradiazione 11.64 kW/m². Nel forno elettrico, alla temperatura precedentemente calcolata, 273 °K, la pizza riceve circa 5 kW/m², meno della metà.

Va però considerato anche che la pizza stessa diviene una sorgente di radiazione e dunque parte di questo calore ricevuto viene reso al forno e non contribuisce alla cottura. Questa parte si può calcolare usando la stessa equazione (4) di SB: basta conoscere la temperatura stessa della pizza durante la cottura. In qualche modo, la pizza stessa diviene un corpo nero, un emettitore termico (come dicevo, la fisica di questi fenomeni a volte è poco intuitiva) all'interno del forno. Conoscere questa temperatura potrebbe sembrare complicato. A prima vista si potrebbe pensare che la temperatura della pizza aumenti durante la cottura: non è così. In buona approssimazione, la temperatura è costante e corrispondente alla temperatura di ebollizione dell'acqua, circa $T_e = 100$ °C = 373 °K. Infatti, il calore assorbito viene praticamente usato tutto perché l'acqua contenuta nella pizza (nell'impasto e nella farcitura, pomodoro mozzarella e altro) evapori (il processo di cottura è di fatto un metodo per far perdere umidità agli ingredienti. Questo è del tutto evidente in un forno a microonde, ad esempio). Come sapete, una volta raggiunta la temperatura di ebollizione, dato che la transizione di fase acqua-vapore è del primo ordine e presenta calore latente, per quanto ulteriore calore vogliate fornire dall'esterno, finché l'acqua non è evaporata completamente la sua temperatura non cresce, si mantiene uguale a T_e . Sostituendo dunque questo valore nell'equazione (4), si ottiene una perdita di energia per irradiazione dalla pizza verso l'esterno pari a circa 1 kW/m². Questa perdita è la stessa per un forno a legna o elettrico. Dunque, al netto di questa perdita, nel forno a legna la pizza riceve per irradiazione circa 11 kW/m², mentre in un forno a legna riceve circa 4 kW/m², cioè meno della metà. Questo calore contribuisce alla cottura della pizza, in particolare della farcitura, che si trova nella faccia superiore. Dato che nel forno a legna si ha cottura ottimale sia dell'impasto che della farcitura in circa 90 s alla temperatura tipica di 400 °K,

dato che nel forno elettrico per non bruciare l'impasto alla base si deve cuocere a temperatura più bassa, per mancanza di irradiazione la farcitura rischia di non cuocersi a dovere. Questo rende l'uso attento di un forno a legna ad alta temperatura superiore in qualità a qualunque forno elettrico.

Il forno a legna risulta anche molto più efficiente. Nel lavoro [1], utilizzando ulteriori concetti avanzati che è opportuno approfondire in questa lezione (ma chi fosse interessato è fortemente incoraggiato a leggere ed eventualmente a chiedermi spiegazioni che sarei ben lieto di fornire), gli autori riescono a calcolare con notevole precisione il tempo di cottura di una pizza nei due casi di forno a legna ed elettrico. L'equazione che viene impostata è la conservazione dell'energia. Il calore assorbito dalla pizza per contatto, più quello assorbito per irradiazione, meno quello emesso per irradiazione, deve essere uguale al calore necessario ad aumentare la temperatura della pizza da 20 °C (temperatura ambiente) a 100 °C più quello necessario per far evaporare l'acqua presente. L'idea è molto intuitiva ma richiede diversi nuovi concetti e tecniche di calcolo differenziale un po' avanzate per voi. Seguendo gli autori, per una pizza margherita di tipo napoletano (circa 250 g di impasto) si trova in effetti un tempo di cottura di circa 90 s in un forno a legna, mentre in quello elettrico serve circa il doppio. In una pizzeria affollata, un forno a legna riesce dunque a sfamare i clienti senza farli attendere troppo, molto meglio di quanto fa un forno elettrico.



3 – Conclusioni

Grazie all'uso di una base di mattoni refrattari o pietra, la cottura nel forno a legna alla giusta temperatura, ben nota al pizzaiuolo, consente una cottura più equilibrata (tempi analoghi per impasto e farcitura) e veloce di un forno elettrico. Inoltre la cottura a legna rilascia aromi che caratterizzano piacevolmente il prodotto (non facilmente percettibili da tutti, comunque). Queste osservazioni sono rigorosamente confermate dall'analisi scientifica in [1], parzialmente riassunta in queste note.

Va detto però che un forno a legna è di difficile e costosa installazione; richiede inoltre notevole lavoro per l'esercizio e la manutenzione, per non parlare della difficoltà del reperimento e stoccaggio della legna, in particolare in città. Il pizzaiuolo deve avere inoltre notevole perizia per controllare le prestazioni del forno e le fasi della cottura, molto più che per un forno elettrico. La cottura a legna è inoltre meno rispettosa dell'ambiente di quella elettrica (produce un maggior rilascio di gas serra, in media, oppure costosi trattamenti dei fumi; utilizza legna da alberi abbattuti: nel caso dell'uso di corrente elettrica, ci si dovrebbe chiedere volta per volta come è prodotta per capire quanto è sostenibile). Va detto anche che gli inconvenienti descritti per il forno elettrico possono essere superati con opportuni espedienti. Ad esempio, moderni forni elettrici vengono prodotti con basi ceramiche (comunque costose) che consentono dunque il raggiungimento di temperature più elevate senza bruciare la pizza alla base. Oppure, per avere sulla pizza ingredienti di farcitura cotti alla perfezione in tempi ragionevoli nonostante le temperature più basse, si ricorre spesso alla loro pre-cottura (specialmente per verdure molto acquose). Non sono comunque queste le buone pratiche riconosciute e protette dall'UNESCO!

Lo scopo di queste note non è certo quello di prendere una posizione; quello che abbiamo visto è piuttosto un tipico risultato della "Scienza della cucina": una volta compreso il procedimento di cottura o preparazione, si può intervenire per migliorare il risultato (ad esempio, nel caso in esame, modificando il forno elettrico come detto, per imitare le prestazioni di quello tradizionale a legna).

Bibliografia

- [1] Andrey Varlamov, Andreas Glatz and Sergio Grasso, "The Physics of baking good pizza", Physics Education 53 (2018) 065011 (8pp) <https://arxiv.org/abs/1806.08790>
[2] <https://it.wikipedia.org/wiki/Pizza>

SETTIMANA DELLA (scienza nella) CUCINA ITALIANA NEL MONDO

