



#### NOTE SULL'AUTORE

**Dottor Giordano Fabbri**  
Dietista e Personal Trainer  
Docente NonSoloFitness  
g.fabbridietista@gmail.com



## MICROONDE: UTILE O DANNOSO?

di *Giordano Fabbri*

### STORIA DEL MICROONDE

In ambito tecnologico esiste una singolare classifica di scoperte importanti fatte per serendipità - della quale fanno parte, tra l'altro, anche la penicillina e il sildenafil (comunemente Viagra) - comprendente moltissime innovazioni che hanno cambiato profondamente alcuni aspetti della vita quotidiana. Tra queste il forno a microonde, pur non avendo radicalmente rivoluzionato il mondo della cucina, ha fornito una valida e più salutare alternativa ai classici metodi di

cottura. La scoperta di tale strumento è da attribuirsi all'ingegnere americano Percy Spencer; questi, durante gli anni della Seconda Guerra Mondiale, era impiegato della Raytheon, un'importante azienda nel settore della Difesa americana. Le forze politiche inglesi e statunitensi si erano appena incontrate per discutere dei radar da utilizzare durante il conflitto; Spencer fu incaricato di costruire dei magnetron - un tipo di valvola termoionica ad alta potenza destinata alla produzione di microonde non coerenti.



Durante la sperimentazione di uno di questi magnetron, l'ingegnere si accorse che la tavoletta di cioccolato all'interno della sua tasca si era sciolta ed in quel momento ebbe un'intuizione: Spencer capì che il magnetron emetteva microonde - radiazioni elettromagnetiche dalla lunghezza d'onda compresa tra infrarossi ed onde radio - in grado di riscaldare i cibi in modo efficiente e funzionale. La scoperta del processo di cottura a microonde fu subito brevettata e nel 1947 venne realizzato il primo forno a microonde, il quale venne battezzato Radarange ed era alto 1,8 m, con un peso di circa 340 kg (ben lontano, per dimensioni e per costi, dalle versioni domestiche che tutti conosciamo oggi<sup>1</sup>).

### PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO ED EFFETTI SULLE MATRICI ACQUOSE O LIPIDICHE

Il forno a microonde sfrutta una corrente elettrica ad alta tensione che viene inviata al dispositivo del forno - il magnetron - per produrre radiazioni a microonde nello spettro elettromagnetico. A livello pratico, tale strumento permette di cucinare i cibi utilizzando onde di energia simili alle onde radio ma più brevi. Il campo elettrico generato spinge molecole polari (ad es. l'acqua) a muoversi molto velocemente, dando luogo a specifiche vibrazioni. Queste vibrazioni indotte formano energia termica e quindi calore. Il processo in questione, come si può dedurre, è molto più efficiente nei liquidi rispetto ai solidi perché in questi ultimi la struttura molecolare limita il movimento.

Va sottolineato che il riscaldamento con questo metodo risulta meno efficiente sui grassi, poiché possiedono un momento dipolare minore rispetto all'acqua ed hanno una capacità termica inferiore, nonché una temperatura di vaporizzazione più elevata; queste caratteristiche comportano il raggiungimento di temperature estremamente elevate<sup>2</sup>.

Si possono infatti raggiungere temperature ben al di sopra del punto di ebollizione dell'acqua e abbastanza alte da indurre alcune reazioni che producono sostanze derivate dalla reazione di Maillard - si tratta di composti che donano il tipico odore di crosta di pane appena sfornato ma che possono avere effetti negativi - proprio come accade con i metodi di cottura convenzionali (ad es. la griglia, la piastra o la frittura). Per contro, gli alimenti ad alto contenuto di acqua e con pochi grassi, raramente superano la temperatura di ebollizione dell'acqua (ad esempio, la verdura). In un alimento con contenuto di umidità relativamente omogeneo, le microonde sono assorbite in egual misura dagli strati interni e da quelli esterni; dunque il forno a microonde

non cuoce sempre gli alimenti dall'interno verso l'esterno, ma la cottura dipende appunto dalla distribuzione dell'umidità. Da una tale osservazione appare evidente che si debba prestare maggiore attenzione agli alimenti umidi esternamente, poiché non permettono una sufficiente propagazione del calore al centro del prodotto e potrebbero far sorgere problemi con la carica microbica.

Un primo vantaggio, quindi, che possiamo attribuire a questo metodo di cottura è la capacità di ridurre i tempi di cottura per il cuore del prodotto rispetto, ad esempio, alla piastra o alla padella (se non coperta), considerando sempre l'omogeneità dell'umidità.

In una matrice principalmente acquosa, si registrano raramente temperature elevate quanto quelle raggiunte con metodi di cottura più convenzionali (piastra, forno, griglia). Questo accade perché le molecole d'acqua permettono il raggiungimento del plateau di temperatura di ebollizione d'acqua. Sfogliando un libro di fisica di base si può assodare che l'energia fornita successivamente non servirà ad innalzare ulteriormente la temperatura, ma in un primo momento servirà per far passare di stato il liquido.

### FORMAZIONE DI COMPOSTI MUTAGENI NEL MICROONDE E CONFRONTO CON ALTRE MODALITÀ DI COTTURA

È stato assodato che la formazione di composti mutageni e la loro relativa quantità negli alimenti durante la cottura dipende dall'aumento della temperatura di alcuni gradi e dal tempo di riscaldamento, nonché, nel caso della carne, anche dalla sua disidratazione<sup>7,8</sup>. La scoperta secondo la quale negli alimenti potrebbero essere presenti composti dannosi quali le ammine eterocicliche (HCAs), gli idrocarburi policiclici aromatici (PHAs) o le nitrosammine è stata compiuta da Takashi Sugimura; costui, incuriosito dall'odore del pesce che la moglie stava arrostando, si chiese se anche quel fumo potesse nuocere alla salute. Confermò la sua tesi in laboratorio<sup>9,10</sup>.

Come è lecito aspettarsi, anche altri ricercatori hanno voluto focalizzare l'attenzione sulla formazione di questi composti dannosi mediante cottura



con il forno a microonde; in particolare essi fanno riferimento alle ammine eterocicliche, composti mutageni che sembrano causare attività procancerogena in diversi organi, tra i quali la prostata ed il colon<sup>3,4,5</sup>. Uno studio<sup>11</sup> ha esaminato la produzione di composti mutageni nell'agnello e nel manzo cucinato e non ha trovato quantità significative di queste molecole dannose nelle braciole di agnello, nelle bistecche di controfiletto, nel cosciotto d'agnello o nel polpettone di manzo arrotolato cotti al microonde. Un altro studio<sup>12</sup> non ha riscontrato effetti avversi nei ratti legati a diete con alimenti cotti al microonde rispetto a quelle che prevedevano altri metodi di cottura.

### **HCA (AMMINE ETEROCICLICHE)**

Le HCA sono composti che compaiono nella carne cotta dopo che è stata sottoposta ad una temperatura elevata di cottura tramite il grill o barbecue, la piastra e la frittura. L'Agenzia Internazionale di Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato una delle HCA, IQ (2-Amino-3-methylimidazo[4,5-f]quinoline), come probabile composto mutageno per l'uomo (2A) ed altre nove come composti mutageni possibili (2B)<sup>13</sup>.

Uno studio condotto da Chiu CP et al<sup>14</sup> ha osservato come la formazione di alcune HCA nelle cosce di pollo potrebbe essere ridotta utilizzando la cottura a microonde piuttosto che la frittura. Altri due studi<sup>15,16</sup> invece hanno focalizzato l'attenzione sul vantaggio di precuocere gli alimenti nel microonde per poi ultimare la cottura con altri metodi ed hanno accertato una diminuzione significativa delle HCA rispetto al procedimento senza precottura nel microonde. Altri autori indicano che l'utilizzo del forno a microonde, senza la funzione grill, non porta alla formazione di HCA<sup>17,18,19,20</sup>.

### **PAHS (IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI)**

I PAHs sono idrocarburi costituiti da due o più anelli aromatici, quali quello del benzene. Metodi di cottura come la tostatura, la grigliatura, il barbecue ed il fumo generano i PAHs e incrementano il livello degli stessi<sup>21</sup>. Il cibo carbonizzato di quasi tutte le composizioni contiene PAHs, mentre è stato rilevato un livello molto basso di PAHs quando il cibo viene cucinato attraverso la cottura a vapore e la cottura a microonde<sup>22</sup>. Uno studio<sup>23</sup> ha scoperto che la frittura della carne di manzo nell'olio di mais forma una quantità di PAHs significativamente più alta rispetto alla cottura o al riscaldamento al microonde dello stesso alimento.

### **NITROSAMMINE**

Dalla reazione di un agente nitrosante (ad esempio i nitriti) con un'ammina secondaria o terziaria si formano le nitrosammine. La più studiata è sicuramente la N-nitrosodimetilammina (NDMA) che è stata classificata come probabile agente cancerogeno dall'IARC (2A)<sup>24</sup>. Uno studio condotto da Österdahl e Alriksson<sup>25</sup> ha confrontato i livelli di nitrosammine volatili nella pancetta dopo la cottura a microonde e i corrispettivi livelli ottenuti dopo la frittura in padella. La pancetta cotta a microonde possedeva livelli significativamente più bassi di nitrosammine.

### **MODIFICHE A CARICO DEI NUTRIENTI**

Dopo aver analizzato la formazione di sostanze nocive con il forno a microonde, sarà interessante valutare le modifiche a carico dei nutrienti con questo metodo di cottura.

Un occhio di riguardo Thed e Phillips<sup>26</sup> l'hanno avuto per il miglioramento dell'indice glicemico (IG) o, meglio, del carico glicemico (CG) attraverso la formazione di amido resistente con la cottura. In tale contesto, quest'ultimo prende il nome di amido retrogrado o SR3, la cui disposizione tridimensionale delle catene di amido si rende meno accessibile alle amilasi, abbassando quindi la liberazione del glucosio. Loro dimostrarono che la frittura delle patate determinava la formazione del 9,1% di amido resistente, il 7,3% con la cottura a microonde, il 6,2% con la cottura al forno, e il 2,9% con la bollitura, attestando quindi il metodo di cottura in esame in questo articolo come uno dei migliori per la produzione di amido resistente. Gunathilaka e Ekanayake<sup>27</sup> compararono le differenze di IG in relazione al metodo di cottura di due varietà di riso basmati, pakistano ed indiano, concludendo che la cottura con il forno a microonde produce più amido resistente rispetto ad altri metodi più convenzionali. Le proteine vengono denaturate con la modifica della struttura molecolare al riscaldamento. I tassi di degradazione dipendono dal tempo e dalla temperatura di cottura.

È stato dimostrato che i valori nutrizionali delle proteine negli alimenti cotti con metodi convenzionali sono comparabili a quelli sottoposti a cottura con il microonde<sup>23,29</sup>. Stephen et al<sup>48</sup> indagarono, invece, gli effetti di diversi metodi di cottura sulle modifiche delle componenti lipidiche. Fu preso in esame il tonno sottoposto a bollitura (100°C), frittura (olio di semi di girasole 180°C), cottura a microonde (10, 15 e 20 secondi) e il tonno inscatolato.

I contenuti di omega-3 e di colesterolo furono confrontati con il campione fresco. La più grande perdita di omega-3 nel tonno inscatolato (sottoposto a processi industriali) è stata del 100%, seguita da quella avuta con la frittura (70-85%). Con la cottura a microonde, invece, si è osservata una diminuzione del 20-55% rispetto al fresco mentre la bollitura ha ottenuto la medaglia d'oro con un decremento minimo. Questi ultimi due metodi, visti i risultati, sono da considerarsi i migliori per la conservazione degli omega-3; il colesterolo sembra invece inalterato in tutti i processi di cottura, tranne che nella frittura - in effetti, essendo una matrice lipidica favorisce la dissoluzione di altri composti lipidici come il colesterolo e l'omega-3. L'attenzione con il tempo si è spostata sulle verdure ed in molti si sono domandati come variano le capacità antiossidanti di questa categoria alimentare in base al metodo di cottura.

Uno studio del 2009, condotto da Jimenez-monreal et al<sup>28</sup>, ha esaminato gli effetti sulla capacità antiossidante di sei metodi di cottura (bollitura, cottura in pentola a pressione, cottura al microonde ad una potenza media, cottura al forno, cottura alla piastra e frittura) valutando 20 vegetali. La tabella 1<sup>28</sup> mostra gli abbinamenti delle verdure in esame con il metodo di cottura e il suo tempo relativo. Ogni vegetale cotto con i diversi tipi di cottura è stato successivamente comparato con il suo corrispettivo crudo e la capacità antiossidante è stata valutata attraverso la capacità di inibire la perossidazione lipidica, l'ossidazione tramite il radicale ossidrilico e l'assorbimento di cationi radicali ABTS (quest'ultimo espresso come valore Trolox equivalent antioxidant capacity o TEAC).

I risultati dell'attività antiossidante espressa come inibizione della perossidazione lipidica - processo dovuto da un eccesso di radicali liberi che ossidano i lipidi, soprattutto della membrana cellulare - sono mostrati nella tabella 2<sup>28</sup>.

**BOLLITURA.** Con la bollitura si è riscontrato il più grande decremento per quanto riguarda la capacità antiossidante espressa come inibizione della perossidazione lipidica. Le perdite più importanti sono state registrate nel pisello, nel cavolfiore e nelle zucchine con una percentuale di circa il 50%. Diminuzioni più modeste, tra il 30% ed il 50%, si sono osservate negli spinaci, nell'aglio, nei broccoli, nei cavolini di Bruxelles, nella carote, nel porro e nel fagiolino. Il resto dei vegetali ha perso una percentuale tra il 5% ed il 30%. Interessante notare come nell'asparago sia aumentata la capacità antiossidante.

**COTTURA IN PENTOLA A PRESSIONE.** Con questo metodo la melanzana ha registrato un aumento della propria attività ( $p < 0,01$ ). La maggior parte dei vegetali ha mostrato perdite tra il 25% ed il 50% ( $p < 0,01$ ), eccetto le fave e gli spinaci che hanno perso circa il 7% ed il 18%. La bietola, la barbabietola rossa, l'asparago, la cipolla ed il carciofo hanno mantenuto la loro capacità.

**COTTURA AL FORNO.** Le perdite più importanti per quanto riguarda questo metodo di cottura sono state osservate in carote, cavolini di Bruxelles, porri, cavolfiore, piselli e zucchine, con percentuali comprese tra il 30% e il 50%.

La cipolla, le fave, il sedano, la barbabietola rossa e l'aglio hanno perso tra il 5% e il 30% della loro capacità. Carciofi, asparagi, broccoli e pepe hanno mantenuto la propria attività antiossidante invariata mentre fagiolini, melanzane, mais, bietole e spinaci hanno aumentato la loro attività antiossidante in modo significativo ( $p < 0,05$ ).

**COTTURA AL MICROONDE.** Riguardo alla cottura a microonde, un aumento della capacità è stato registrato nella melanzana, nel pepe, nella bietola e nel mais ( $p < 0,01$ ), mentre non si sono osservate variazioni nel carciofo, nell'asparago, nell'aglio, nella cipolla e negli spinaci. C'è stata una perdita della capacità antiperossidativa lipidica, tra il 30% ed il 50%, nelle seguenti verdure: broccoli, cavolini di Bruxelles, carote, sedano, fagiolino, pisello, zucchine e porro. Un calo di questa attività compreso tra il 5% ed il 30% è stato registrato nella fava e nella barbabietola rossa.

**COTTURA ALLA PIASTRA.** Il carciofo, la barbabietola rossa, il sedano, la melanzana, l'aglio e il mais hanno mantenuto la loro attività. I cavoletti di Bruxelles e i piselli hanno perso circa il 30% e il 50% della loro capacità antiossidante, rispettivamente. Il fagiolo verde, le bietole, gli spinaci, gli asparagi, i broccoli e la cipolla hanno invece aumentato le proprietà antiossidanti ( $p < 0,01$ ). Il resto dei vegetali ha perso tra il 5% e il 30%.

**FRITTURA.** La zuccina ha perso circa il 61% della sua capacità a causa della frittura. Altre verdure come porri, cipolle, piselli, cavoletti di Bruxelles e pepe hanno perso tra il 30% e il 50%, mentre il re-

&gt;&gt;

**Tabella 1** - Cottura e tempi di cottura utilizzati per cucinare le verdure.

**Tabella 2** - Perdite percentuali dell'attività antiossidante espressa come inibizione della perossidazione lipidica.

Le differenze statistiche sono state analizzate tramite ANOVA ( $p < 0,01$ ). Le differenti lettere indicano differenti significatività tra i gruppi. ^{---} indica che non sono state rilevate perdite. Valori negativi indicano un incremento dell'attività antiossidante.

TABELLA 1 - METODI DI COTTURA

	BOLLITURA	COTTURA A PRESSIONE	COTTURA AL MICROONDE (potenza media)	COTTURA AL FORNO (200° C)	COTTURA ALLA GRIGLIA	FRITTURA
VEGETALI	TEMPO					
Carciofo	10	4	3	20	13	10
Asparago	17	5	4	39	18	12
Barbabietola	24	5	2,5	30	15	8
Fava	20	5	4	30	14	10
Broccoli	16	5	2	49	20	15
Broccoli (Bruxelles)	22	5	2	35	18	14
Carota	23	5	3	35	17	10
Cavolfiore	17	5	2,5	34	20	13
Sedano	20	4	3	20	20	10
Melanzana	16	4	3,5	38	10	10
Aglione	20	4	2,5	30	12	8
Fagiolino	21	4,5	3	35	15	15
Porro	15	3	2	30	12	8
Mais	47	10	2	40	10	7
Cipolla	20	5	3,5	35	17	12
Pisello	12	4	4	25	10	6
Pepe verde	20	5	4,5	47		17
Spinacio	13	3	2	14	18	12
Bietola	20	3	3,5	30	15	10
Zucchini	20	4,5	4	24	15	10

TABELLA 2 - % PERDITE  
METODI DI COTTURA

VEGETALI	BOLLITURA	COTTURA A PRESSIONE	COTTURA AL FORNO	COTTURA AL MICROONDE	COTTURA ALLA GRIGLIA	FRITTURA
Carciofo	--- <sup>A</sup>	---	---	---	---	---
Asparago	-6,7 ± 1,56z	---	---	---	-7,0 ± 2,18yz	6,5 ± 1,08bc
Barbabietola	5,0 ± 0,85bc	---	19,6 ± 1,16e	22,0 ± 1,55d	---	21,4 ± 0,88ef
Fava	9,7 ± 0,69bc	6,8 ± 0,60c	10,5 ± 1,09d	10,4 ± 0,72c	8,0 ± 1,42def	11,8 ± 1,15cd
Broccoli	32,7 ± 2,65fg	37,4 ± 1,66de	---	34,2 ± 0,60e	-6,5 ± 1,66yz	15,6 ± 1,03de
Broccoli (Bruxelles)	33,0 ± 1,67fg	38,9 ± 2,19def	31,8 ± 0,84f	40,3 ± 1,50fg	35,1 ± 1,32g	42,4 ± 0,83i
Carota	55,0 ± 1,08ij	36,7 ± 0,61d	36,4 ± 1,06fg	56,7 ± 1,55h	11,8 ± 0,78ef	23,9 ± 0,47f
Cavolfiore	33,9 ± 1,45fg	43,7 ± 1,37fg	31,7 ± 1,92f	42,2 ± 0,96g	13,7 ± 2,04f	11,1 ± 1,47cd
Sedano	21,2 ± 1,17d	34,3 ± 1,57d	11,2 ± 1,09d	30,7 ± 2,10e	---	18,9 ± 3,28ef
Melanzana	---	-6,4 ± 2,24z	-8,7 ± 2,11xy	-6,7 ± 2,34z	---	-8,4 ± 3,15z
Aglione	32,5 ± 1,38fg	38,9 ± 1,15def	19,9 ± 1,41e	---	---	15,5 ± 1,79de
Fagiolino	40,0 ± 2,54h	25,9 ± 2,36d	-12,4 ± 2,00x	33,0 ± 0,44e	-14,6 ± 3,06x	---
Porro	36,1 ± 2,06gh	43,3 ± 1,78ef	34,6 ± 1,77fg	36,3 ± 1,68ef	9,1 ± 2,56def	30,7 ± 2,44g
Mais	23,1 ± 1,95de	26,4 ± 2,00d	-8,6 ± 1,06xy	-8,5 ± 1,38z	---	9,5 ± 1,74cd
Cipolla	---	---	10,1 ± 0,44cd	---	-5,6 ± 1,25yz	34,6 ± 1,20gh
Pisello	60,5 ± 1,42j	34,5 ± 1,04d	38,7 ± 0,86g	34,7 ± 1,05ef	34,7 ± 1,16g	38,2 ± 1,40hi
Pepe verde	27,9 ± 0,69ef	24,5 ± 1,23d	---	-9,8 ± 3,15z	6,6 ± 2,29de	42,9 ± 1,40i
Spinacio	31,6 ± 1,81fg	18,3 ± 1,39d	-6,0 ± 1,71yz	---	-10,0 ± 1,50xy	7,8 ± 1,54bc
Bietola	10,8 ± 1,09c	---	-8,0 ± 1,93xy	-6,4 ± 1,81z	-10,2 ± 1,34xy	---
Zucchini	51,2 ± 1,35i	49,5 ± 0,51g	47,5 ± 1,72h	36,2 ± 1,11ef	13,1 ± 1,59ef	60,9 ± 1,71j

sto delle verdure ha mostrato perdite comprese tra il 5% e il 30% (tranne bietole, carciofi e fagiolini, che hanno mantenuto la loro attività antiossidante). Solo le melanzane hanno aumentato la propria attitudine antiossidante. Sommarariamente, il carciofo è stato l'unico vegetale a mantenere la propria capacità antiperossidante lipidica. La più grande perdita è stata registrata nel cavolfiore dopo bollitura e cottura al microonde, nel pisello dopo bollitura e nella zucchina dopo bollitura e frittura.

I risultati dell'attività antiossidante espressa come inibizione del radicale ossidrilico - un composto che può danneggiare le basi o il desossiribosio del DNA - sono mostrati nella tabella 3<sup>28</sup>.

**BOLLITURA.** Spinaci, cavolfiori e bietole hanno perso tra il 25% e il 50% della loro capacità antiossidante. La perdita più elevata riguarda il pepe, circa il 75%. L'aglio, la barbabietola rossa ed il fagiolino hanno mantenuto la loro attività antiossidante mentre il resto dei vegetali ha mostrato una perdita compresa tra il 5% ed il 25% ( $p < 0,01$ ).

**COTTURA IN PENTOLA A PRESSIONE.** Anche in questo caso il pepe ha mostrato la più grande perdita della propria capacità. La bietola ha perso circa il 49%. Broccoli, aglio, fagioli verdi e spinaci hanno mantenuto la loro attività antiossidante rispetto ai campioni freschi mentre il resto dei vegetali ha mostrato una diminuzione antiossidante tra il 5% ed il 30% ( $p < 0,01$ ). Il sedano è stato l'unico che dopo la cottura ha avuto un incremento della sua attività antiossidante.

**COTTURA AL FORNO.** Anche con questa cottura il pepe si aggiudica il primo posto per quanto riguarda la perdita di attività antiossidante (circa il 71%) ( $p < 0,01$ ). Il resto delle verdure ha mostrato perdite comprese tra il 5% e il 30% ( $p < 0,01$ ), ad eccezione di asparagi, broccoli, melanzane, fagiolini, porri, cipolle e piselli, che hanno mantenuto la capacità antiossidante. Dopo la cottura, il sedano ha aumentato la sua capacità antiossidante rispetto al prodotto fresco, come nel precedente metodo di cottura ( $p < 0,01$ ).

**COTTURA AL MICROONDE.** Il pepe, anche dopo la cottura a microonde, presenta la più grande perdita della sua capacità antiossidante (circa il 70%). Il resto delle verdure ha perso tra il 5% e 25%, ad eccezione di barbabietole, broccoli, carote, melanzane, aglio, fagioli verdi, porri, mais e piselli, che hanno mostrato poche variazioni nella loro attività antiossidante. Le bietole hanno mostrato perdite tra circa il 30% e il 50%. Questo processo di cottura ha aumentato l'attività antiossidante del sedano ( $p < 0,01$ ).

**COTTURA ALLA PIASTRA.** I dati mostrano che la barbabietola rossa, il cavolfiore, la melanzana e la cipolla hanno mantenuto la loro attività antiossidante.

Anche in questo caso, l'alimento con le più alte perdite (con una differenza significativa per  $p < 0,01$ ), è il pepe. Il resto delle verdure ha perso tra il 5% e il 30% dell'attività antiossidante. Anche con la cottura alla piastra, il sedano ha aumentato la capacità antiossidante ( $p < 0,01$ ).

**FRITTURA.** La bietola ha diminuito significativamente ( $p < 0,01$ ) la capacità antiradicalica con perdite comprese tra il 30% e il 50%. Anche il resto delle verdure ha subito un decremento dell'attività antiossidante tra il 5% e 30%, ad eccezione della barbabietola rossa, aglio, mais e cipolla, i quali hanno mantenuto i livelli del campione fresco. Il sedano, come nei trattamenti precedenti, ha aumentato la sua capacità antiossidante ( $p < 0,01$ ).

Sommarariamente, la barbabietola rossa, il fagiolino e l'aglio hanno mantenuto la propria attività antiossidante; la bietola ed il pepe hanno perso la loro attitudine antiossidante in tutte le cotture; il sedano ha aumentato la sua capacità in tutti i processi di cottura, eccetto nella bollitura, dove ha perso circa il 14%.

Non riporto volutamente i risultati dell'attività antiossidante espressa come inibizione dell'assorbimento di cationi radicali ABTS come valore TEAC - utilizza una misura di tipo spettrofotometrico per determinare la capacità antiossidante di un campione confrontandola con un valore standard come il TEAC - perché tale capacità non è presente nei sistemi biologici.

Le variazioni della capacità antiossidante possono dipendere, oltre che dal metodo di cottura, dalla natura del vegetale stesso (strutture bioattive), dalla biodisponibilità dei composti fenolici<sup>30</sup>, dalla temperatura, dalla localizzazione di alcune strutture nel vegetale, dal taglio, dallo sminuzzamento<sup>31</sup>, dalla stabilità della struttura al riscaldamento<sup>32,33</sup>, dall'attività sinergica di altre molecole e dai sistemi di reazione analizzati<sup>34</sup> - il  $\beta$ -carotene è un efficiente quencher (specie chimica in grado di portare l'ossigeno da uno degli stati eccitati di singoletto a quello fondamentale di tripletto) dell'ossigeno singoletto senza donare elettroni.

Sono state suggerite quattro possibilità per l'incremento della capacità antiossidante dopo la cottura di alcuni vegetali:

1. la liberazione di elevate quantità di componenti antiossidanti a causa della distruzione

TABELLA 3 - % PERDITE

## METODI DI COTTURA

VEGETALI	BOLLITURA	COTTURA A PRESSIONE	COTTURA AL FORNO	COTTURA AL MICROONDE	COTTURA ALLA GRIGLIA	FRITTURA
Carciofo	9,3 ± 2,02bcd	10,0 ± 2,51de	8,8 ± 1,13def	8,3 ± 1,89efg	8,1 ± 1,53cde	5,4 ± 2,16b
Asparago	9,1 ± 1,46bc	9,6 ± 0,38de	--- <sup>A</sup>	7,4 ± 1,83def	9,2 ± 0,85def	8,0 ± 1,37bc
Barbabietola	---	8,2 ± 1,72cde	8,0 ± 1,00de	---	---	---
Fava	14,5 ± 1,11de	17,5 ± 1,25fg	13,9 ± 1,21fg	14,9 ± 1,54hi	14,7 ± 1,22fgh	15,6 ± 1,46def
Broccoli	15,2 ± 1,91ef	---	---	---	15,9 ± 1,33gh	12,2 ± 1,76cd
Broccoli (Bruxelles)	22,7 ± 1,90h	20,6 ± 0,66gh	16,7 ± 1,31gh	18,3 ± 2,07i	28,1 ± 1,63j	20,7 ± 1,14fg
Carota	32,2 ± 1,53i	28,4 ± 1,33i	27,4 ± 1,45j	10,4 ± 1,95fgh	---	17,0 ± 1,67def
Cavolfiore	16,2 ± 1,56efg	19,0 ± 1,71gh	22,5 ± 1,66ij	---	12,9 ± 1,60efgh	20,1 ± 0,93fg
Sedano	13,8 ± 1,03cde	-12,8 ± 2,40z	-42,7 ± 2,80z	-39,3 ± 1,53z	-42,3 ± 3,45z	-27,4 ± 2,03z
Melanzana	20,4 ± 0,89fgh	7,5 ± 1,56cde	---	---	---	14,3 ± 1,19de
Aglio	---	---	5,5 ± 1,31bcde	---	6,3 ± 1,61cd	---
Fagiolino	---	---	---	---	11,5 ± 1,49defg	7,1 ± 0,90cd
Porro	8,7 ± 0,63bc	7,6 ± 1,24cde	---	---	12,5 ± 1,13efgh	17,3 ± 0,92def
Mais	8,3 ± 1,43b	8,6 ± 1,40cde	7,2 ± 1,07cde	---	7,7 ± 1,10cde	---
Cipolla	9,1 ± 1,32bc	5,3 ± 1,89bcd	---	7,0 ± 1,73cdef	---	---
Pisello	14,0 ± 1,93cde	12,2 ± 1,97ef	---	---	12,0 ± 1,32efg	17,4 ± 1,53def
Pepe verde	74,8 ± 0,88k	72,4 ± 0,84k	71,3 ± 1,32k	70,4 ± 0,71k	62,2 ± 0,69k	24,4 ± 1,11g
Spinacio	30,6 ± 1,05i	---	9,7 ± 1,31ef	13,5 ± 1,19ghi	17,8 ± 1,38hi	19,2 ± 1,20efg
Bietola	43,0 ± 0,89j	48,8 ± 1,06j	21,7 ± 1,75hi	31,3 ± 1,37j	22,6 ± 0,99ij	48,1 ± 1,46h
Zucchina	21,3 ± 0,64gh	23,3 ± 1,17hi	16,9 ± 1,31ghi	6,2 ± 0,77bcdef	15,6 ± 1,15gh	20,7 ± 1,19fg

**Tabella 3** - Perdite percentuali dell'attività antiossidante espressa come inibizione della perossidazione lipidica. Le differenze statistiche sono state analizzate tramite ANOVA ( $p < 0.01$ ). Le differenti lettere indicano differenti significatività tra i gruppi. ^(-- --) indica che non sono state rilevate perdite. Valori negativi indicano un incremento dell'attività antiossidante.

termica delle pareti cellulari e compartimenti subcellulari;

2. la produzione di forti antiossidanti radical-sca- venger - ovvero che neutralizzano i radicali li- beri - mediante reazione chimica termica;
3. la soppressione della capacità di ossidazione degli antiossidanti attraverso l'inattivazione termica degli enzimi ossidativi;
4. produzione di nuovi antiossidanti o la forma- zione di nuovi composti come prodotti di re- azione di Maillard con attività antiossidante (Morales e Babel, 2002)<sup>35</sup>.

Tuttavia, Yamaguchi et al<sup>34</sup> hanno dichiarato che non è chiaro in che misura ogni possibile fattore contribuisca all'aumento dell'attività. Dewanto et al nel 2002<sup>36</sup> e Nindo et al<sup>37</sup> nel 2003, hanno dimo- strato che la cottura del mais dolce, del pomodoro e di altri vegetali ha aumentato la loro capacità an- tiossidante forse come risultato dei prodotti della reazione di Maillard. Sultana et al<sup>30</sup> nel 2007 hanno trovato un incremento del potere riducente nella carota dovuto in parte ad un eccezionale aumento dei carotenoidi che potrebbero aver compensato la perdita quasi totale di vitamina C e di altri composti nonfenolici antiossidanti presenti nel vegetale.

Con la bollitura o la cottura a pressione si verifica il fenomeno di lisciviazione o estrazione solido-li- quido<sup>38</sup> - processo che separa uno o più composti solubili da un solido. I fenoli infatti entrano nell'ac- qua di cottura riducendosi drasticamente di oltre il 90% o anche di più secondo Barroga et al<sup>39</sup> (1985) e Rocha-Guzman et al<sup>40</sup> (2007). La concentrazione di acidi fenolici è più alta negli strati esterni di alcune verdure (Turkmen et al<sup>41</sup> 2005), portandoli ad esse- re esposti maggiormente all'acqua (Andlauer et al 2003)<sup>42</sup> e venendo persi per dissoluzione si riduce il potere antiossidante di alcune verdure come pi- selli, spinaci, cavolfiori, cavoli (Sultana et al, 2007)<sup>30</sup>. Tuttavia, anche se i fenoli totali sono in genere im- magazzinati nelle verdure in reti di pectina o cel- lulosa e possono essere rilasciati durante il tratta- mento termico, i singoli composti fenolici possono talvolta aumentare perché il calore può rompere strutture sovramolecolari rilasciando i fenoli dai legami glicosidici con gli zuccheri (che reagiscono meglio con il reagente Folin-Ciocalteu (Bunea et al., 2008)<sup>38</sup>. Gli studi comparativi sui metodi di cottura mostrano in generale che, se usata correttamente, la cottura a microonde non influisce sul contenuto nutrizionale degli alimenti in misura maggiore ai metodi di riscaldamento convenzionali, al contra-



rio, vi è la tendenza verso una maggiore ritenzione di micronutrienti, probabilmente a causa del ridotto tempo di preparazione e delle temperature più basse utilizzate<sup>44</sup>. La bollitura può diminuire l'attività antiossidante diminuendo l'acido ascorbico, mentre la stessa capacità può aumentare come conseguenza dell'inattivazione di enzimi ossidativi come l'ascorbato ossidasi (Yamaguchi et al<sup>34</sup> 2001). Uherová et al<sup>46</sup> determinarono il grado di ritenzione di vitamina B1 e B6 dopo il trattamento termico di carne di maiale e carne di pollo in un forno tradizionale e in due modelli differenti di forno a microonde (A e B). Nei campioni trattati a microonde la conservazione della tiamina (B1) è stata del 85,6-94,2% e dell'88-96% contro il 48% al 96% del campione arrostito al forno. Anche per quanto riguarda la vitamina B6 il forno a microonde è risultato il migliore metodo di cottura infatti con lui è stata mantenuta una quantità superiore (59,9-80,9% nel forno A e 64,2-86,8% nel forno B rispetto al 21,6-48,5% con il forno convenzionale). Osinboyejo et al<sup>47</sup> confrontarono la conservazione della vitamina C, acido folico, tiamina e riboflavina nelle cime di rape scottate in acqua bollente e nel microonde. I risultati furono eclatanti: nell'acqua bollente tutti questi composti si persero mentre con la cottura a microonde le perdite furono del 28,8% di vitamina C, 25,7% di acido folico, 16,9% di tiamina e 7,2% di riboflavina rispetto al controllo. Poco più tardi, Alajaji e El-Adawy nel 2006<sup>45</sup> dimostrarono che la cottura a microonde è superiore alla bollitura e alla cottura a pressione dei ceci in merito alla conservazione delle vitamine riboflavina, tiamina, niacina e piridossina.

### CONCLUSIONE

In conclusione, appare chiaro che la ricerca debba ancora compiere qualche altro passo in avanti in questo campo (sebbene ci siano prove confortanti sull'utilizzo del microonde, mancano in effetti autorevoli studi sull'argomento). La cottura a microonde sembra poter essere considerata molto più che un'alternativa nelle cucine domestiche, dal momento che potrebbe addirittura risultare migliore dei metodi convenzionali di cottura (qualora venga usata opportunamente), determinando minori perdite di micronutrienti. Appare lecito consigliare la cottura e la precottura a microonde per ridurre la produzione dei composti dannosi sopra elencati. Tale effetto è dovuto probabilmente alla temperatura più bassa e al tempo più breve della cottura. ■

### BIBLIOGRAFIA

1. <https://microondeisthewave.wordpress.com/2014/11/26/una-storia-insolita-scoperta-del-microonde/>
2. Chaplin, Martin (28 May 2012). "Water and Micro-waves". Water Structure and Science. London South Bank University. Retrieved 4 December 2012.
3. Sander A, Linseisen J, Rohrmann S. Intake of heterocyclic aromatic amines and the risk of prostate cancer in the EPIC-Heidelberg cohort. *Cancer Causes Control*. 2011;22:109-14. doi: 10.1007/s10552-010-9680-9.
4. Sharma S, Cao X, Wilkens LR, Yamamoto J, Lum-Jones A, Henderson BE, et al. Well-done meat consumption, NAT1 and NAT2 acetylator genotypes and prostate cancer risk: The multiethnic cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010;19:1866-70. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-10-0231.
5. Drew S, Helmus, Cheryl L. Thompson, Svetlana Zelenkiy, Thomas C. Tucker, and Li Lia. Red meat-derived heterocyclic amines increase risk of colon cancer: a population-based case-control study. *Nutr Cancer*. 2013; 65(8): 1141-1150.
6. Sugimura T1, Wakabayashi K, Nakagama H, Nagao M. Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Sci*. 2004 Apr;95(4):290-9.
7. Persson E, Sjöholm I, Skog K. Effect of high water-holding capacity on the formation of heterocyclic amines in fried beefburgers. *J Agric Food Chem* 2003; 51:4472-7.
8. Knize MG, Kulp KS, Salmon CP, Keating GA, Felton JS. Factors affecting human heterocyclic amine intake and the metabolism of PhIP. *Mutat Res* 2002; 506-507, 153-62.
9. Sugimura T, Nagao M, Kawachi T, Honda M, Yahagi T, Seino Y, Sato S, Matsukura N, Matsushima T, Shirai A, Sawamura M, Matsumoto H. Mutagen-carcinogens in foods with special reference to highly mutagenic pyrolytic products in broiled foods. In: Hiatt HH, Watson JD, Winsten JA, editors. *Origins of human cancer*. New York: Cold Spring Harbor; 1977. p. 1561-77.
10. Nagao M, Honda M, Seino Y, Yahagi T, Sugimura T. Mutagenicities of smoke condensates and the charred surface of fish and meat. *Cancer Lett* 1977; 2: 221-6.
11. Barrington, PJ et al. Mutagenicity of basic fractions derived from lamb and beef cooked by common household methods. *Food and Chemical Toxicology* 1990; 28(3): 141-6.
12. Jonker, D and Til, HP. Human diets cooked by microwave or conventionally: comparative sub-chronic (13-wk) toxicity study in rats. *Food and Chemical Toxicology* 1995; 33(4): 245-256.
13. <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications-volumes/>
14. Chiu CP, Yang DY and Chen BH. Formation of heterocyclic amines in cooked chicken legs. *Journal of Food Protection* 1998; 61(6): 712-9.
15. Skog K and Solyakov A. Heterocyclic amines in poultry products: a literature review. *Food and Chemical Toxicology*

gy 2002; 40: 1213-1221.

16. Felton JS, Fultz E, Dolbear FA and Knize MG. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food Chemical Toxicology* 1994; 32(10): 897-903.
17. Nader CJ, Spencer LK, Weller RA. Mutagen production during pan-broiling compared with microwave irradiation of beef. *Cancer Lett* 13:147-151 (1981).
18. Baker R, Arlauskas A, Bonin A, Angus D. Detection of mutagenic activity in human urine following fried pork or bacon meals. *Cancer Lett* 16:81-89 (1982).
19. Berg I, Overvick E, Gustafsson JA. Effect of cooking time on mutagen formation in smoke, crust and pan residue from pan-broiled pork. *Food Chem Toxicol* 28:421-426 (1990).
20. Felton JS, Knize MG, Roper M, Fultz E, Shen NH, Turteltaub KW. Chemical analysis, prevention, and low-level dosimetry of heterocyclic amines from cooked food. *Cancer Res (Suppl)* 52:2103s-2107s (1992).
21. Scientific Committee on Foods of EC (SCF). Opinion of the Scientific Committee on Food in the risk to human health of PAHs in food. Brussels: SCF; 2002.
22. Phillips DH. PAHs in the diet. *Mutation Research* 1999; 443:139-47.
23. Hill, A and ILSI Europe Microwave Oven Task Force. *Microwave Ovens*. Brussels: ILSI Europe; 1998.
24. IARC. N-nitrosodimethylamine: Vol. 17. France: IARC 1978. [cited 2004 Oct 3] Available from: URL: <http://www.cie.iarc.fr/htdocs/monographs/vol17/n-nitrosodimethylamine.html>
25. B-G. Österdahl and E. Alriksson. Volatile nitrosamines in microwave-cooked bacon. *Journal Food Additives & Contaminants Volume 7, 1990 - Issue 1 Pages 51-54* | Accepted 29 Jul 1989, Published online: 10 Jan 2009.
26. S.T.Theed, R.D.Phillips. Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. *Food Chemistry Volume 52, Issue 3, 1995, Pages 301-304*
27. Gunathilaka MD, Ekanayake S. Effect of different cooking methods on glycaemic index of Indian and Pakistani basmati rice varieties. *Ceylon Med J.* 2015 Jun;60(2):57-61.
28. Jiménez-Monreal AM1, García-Diz L, Martínez-Tomé M, Mariscal M, Murcia MA. Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *J Food Sci.* 2009 Apr;74(3):H97-H103.
29. Petrucelli L, Fisher GH. D-aspartate and D-glutamate in microwaved versus conventional heated milk. *Journal of American College of Nutrition* 1994; 13(2): 209-10.
30. Sultana B, Anwas F, Iqbal S. 2007. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *Int J Food Sci Technol.*
31. Makris DP, Rossiter JT. 2001. Domestic processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and asparagus spears (*Asparagus officinalis*): effect on flavonol content and antioxidant status. *J Agric Food Chem* 49:3216-22.
32. Pedraza-Chaverrí J, Medina-Campos ON, Ávila-Lombardo R, Zúñiga-Bustos A, Orozco-Ibarra M. 2006. Reactive oxygen species scavenging capacity of different cooking garlic preparations. *Life Sci* 78:761-70.
33. Prasad K, Laxdal VA, YuM, Raney BL. 1996. Evaluation of hydroxyl radical-scavenging property of garlic. *Mol Cell Biochem* 154:55-63.
34. Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, Kawashima H, Miyabe F, Terao J, Takamura H, Matoba T. 2001. Radical scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. *Food Sci Technol Res* 7:250-7.
35. Morales FJ, Babbel MB. Antiradical efficiency of Maillard reaction mixtures in a hydrophilic media. *J Agric Food Chem.* 2002 May 8;50(10):2788-92.
36. Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-64.
37. Nindo CI, Sun T, Wang SW, Tang J, Powers JR. 2003. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, L.). *LebensmWiss Technol* 36:507-16.
38. Zhang, D. L., & Hamazu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88(4), 503-509.
39. Barroga FC, Laurena AC, Mendoza EMT. 1985. Polyphenols in Mung bean (*Vigna radiata*, L.Wilczek): determination and removal. *J Agric Food Chem* 33:1006-9.
40. Rocha-Guzmán NE, González-Laredo RF, Ibarra-Pérez FJ, Nava-Berumen CA, Gallegos-Infante JA. 2007. Effect of pressure-cooking on the antioxidant of extracts from three common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Food Chemistry* 100:31-5.
41. Turkmen N, Sari F, Velioglu S. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93:713-8.
42. Andlauer W, Stumpf C, Hubert M, Rings A, Fürst P. 2003. Influence of cooking process on phenolic marker compounds of vegetables. *Int J Vitam Nutr Res* 73:152-9.
43. Vi-na SZ, Chaves AR. 2007. Effects of heat treatment and refrigerated storage on antioxidant properties of pre-cut celery (*Apium graveolens* L.). *Int J Food Sci Technol*
44. Anne Lassen, Lars Ovesen, (1995) "Nutritional effects of microwave cooking", *Nutrition & Food Science*, Vol. 95 Issue: 4, pp.8-10
45. Alajaji, S.A. and El-Adawy, T.A. (2006) Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 806-812.
46. R.Uherová, B.Hozová, V.Smirnov. The effect of microwave heating on retention of some B vitamins. *Food Chemistry Volume 46, Issue 3, 1993, Pages 293-295.*
47. M.A. Osinboyejo, L.T. Walker, S. Ogotu, M. Verghese. Effects of microwave blanching vs. boiling water blanching on retention of selected water-soluble vitamins in turnip greens using HPLC. 2003. IFT Annual Meeting-Chicago
48. Nimish Mol Stephen, R. Jeya Shakila, G. Jeyasekaran, and D. Sukumar. 2010. Effect of different types of heat processing on chemical changes in tuna. *J Food Sci Technol.* 2010 Mar; 47(2): 174-181.