

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

SCUOLA DI MEDICINA E CHIRURGIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CARDIO – TORACO – VASCOLARI E SANITÀ
PUBBLICA

Corso di Laurea

Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei Luoghi di Lavoro

Presidente: Ch.ma Prof.ssa Mariella Carrieri

Tesi di Laurea:

Caffè e Acrilammide: esiste un vero rischio per la salute?

Relatore: Ch.ma Prof. Anna-Maria Ferreri

Laureando: Alessandro Di Maria

Anno Accademico: 2022/2023

Dediche

Dedico questa tesi ai miei genitori, a mia sorella, ai miei nonni e al resto della mia famiglia. A Jericho, alla compagnia di teatro, ai miei più cari amici e ai miei professori. Al Dott. Daniele Canova, al Dott. Paolo Gionchetti e al Dott. Gilberto Poggioli.

Senza di voi non sarei qui, grazie per non avermi lasciato combattere la malattia da solo.

“Ieri è storia, domani è un mistero ma oggi è un dono, per questo si chiama presente.”

Ringraziamenti

Ringrazio innanzitutto la prof.ssa Anna-Maria Ferreri per la pazienza avuta con me. Ringrazio, poi, il dott. Livio Chiementin, la dott.ssa Lucia Acerbi e il dott. Gaetano Cracco per essere stati i miei tutor. Per estensione, ringrazio tutti i colleghi con i quali ho avuto il piacere e l'onore di collaborare durante i vari tirocini.

Sommario

Introduzione	9
Scopo della tesi	11
Materiali e Metodi	13
Storia del caffè, dalle origini all'Italia	15
Caffè verde: l'asparagina	17
Acrilammide, di cosa si tratta?	19
Torrefazione dei chicchi di caffè: la reazione di Maillard	23
Risultati e Discussione	27
Conclusioni	29
Bibliografia	31

Introduzione

Il 15 dicembre 2020, l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) ha pubblicato un bollettino riportante le principali cause di morte nel mondo e per ogni Stato dall'anno 2000 all'anno 2019. Utilizzando i comodi filtri di ricerca forniti dal sito, ponendo la lente d'ingrandimento sull'Italia, possiamo notare come tra le 10 principali cause di morte, al quarto e al settimo posto ci siano rispettivamente "Trachea, broncus, lung cancers" (tradotto, cancro alla trachea, bronchi e polmone) e "Colon and rectum cancers" (tradotto, cancro al colon e al retto). Impostando il grafico in modo da avere riuniti entrambi i sessi e tutte le fasce d'età, possiamo ricavare i seguenti risultati: il cancro al sistema respiratorio raggiunge un tasso di mortalità medio di 56,36 morti per 100.000 abitanti, mentre il cancro al colon-retto possiede un tasso di mortalità medio di 35,07 morti su 100.000 abitanti.

I fattori di rischio del cancro sono molti e tutti individuali, alcuni inevitabili (non modificabili) come ad esempio il sesso, l'età o le predisposizioni genetiche alla nascita, alcuni invece puramente comportamentali (modificabili), come ad esempio l'attività sportiva, un'alimentazione varia, equilibrata e sana o l'evitare l'uso, e specialmente l'abuso, di alcool e fumo. Come riportato in un articolo dell'AIRC (Associazione Italiana per la Ricerca sul Cancro), pubblicato il 28 aprile 2023: *"Lavorando sui fattori prevenibili, come non fumare e svolgere attività fisica, si potrebbero evitare fino al 40 per cento circa delle diagnosi di tumore e fino al 50 per cento delle morti per cancro. Gli epidemiologi Carlo La Vecchia ed Eva Negri hanno stimato che dal 1989 a oggi nell'Unione europea si sono evitate quasi 6 milioni di morti per cancro, grazie a una maggiore adesione a comportamenti salutari, alla partecipazione alle campagne di screening e ai progressi delle terapie."* (AIRC articolo del 28 aprile 2023 – "Cancro: la prevenzione").

Sin dai primi studi nel 2002 ad oggi, si è scoperto che durante la cottura dei cibi, in particolare quando questa avviene ad alte temperature tramite la frittura, la tostatura o la grigliatura; si possa formare l'acrilammide, una sostanza classificata tra i probabili cancerogeni dell'uomo e presente in molti prodotti che troviamo spesso sulla tavola, tra cui cereali, patate e, come intuibile dal titolo di tesi, caffè.

Scopo della tesi

Lo scopo di questa tesi è quello di verificare se, come riportato nel titolo, esiste un vero e proprio rischio per la salute legato al consumo di caffè tostato e quindi all'assunzione di acrilammide, andando a verificare se la visione dell'AIRC riguardo il non mettere un'etichetta che avvisi i consumatori di questa problematica sia corretta o criticabile. Tra le conclusioni si individuerà anche se esiste la possibilità di alternative più salutari al comune chicco di caffè o metodi per ridurre la quantità di acrilammide che si genera con la tostatura dei suddetti.

Materiali e Metodi

La scrittura di questa tesi ha previsto la lettura, lo studio e l'analisi di numerosi report e articoli della comunità scientifica, tramite l'utilizzo di siti governativi e scientificamente rilevanti, nonché l'analisi di articoli in lingua inglese che sono stati tradotti accuratamente. Per i dati, visto le centinaia di marche e di metodologie diverse per produrre il caffè, sono stati utilizzati dati statisticamente rilevanti in Italia, attenendosi solo ed esclusivamente alla qualità del prodotto e quindi senza fare alcun riferimento a produttori e venditori.

Storia del caffè, dalle origini all'Italia

Lo bevono tutti, è ampiamente presente sulle tavole degli Italiani e ce ne sono di mille varianti. Siamo tuttavia sicuri di conoscere bene questo prodotto con centinaia di anni di storia? Come mai è così importante per la cultura italiana?

“*Qahwa*”, questo è il nome arabo attribuito al caffè e significa “eccitante”. Ancora oggi non è ben chiaro da dove origini la pianta dei chicchi di caffè, *Coffea arabica*; tuttavia, pare che le origini inizino dall’Etiopia, più precisamente a Kaffa (o Caffa). Tramite svariate campagne militari, all’incirca tra il XIII e il XIV secolo, il caffè venne portato fino nello Yemen, in Medio Oriente. Da qui pare che il prodotto si sia mosso verso settentrione, percorrendo le rive ad est del Mar Rosso e giungendo alla Mecca e a Medina, in Arabia, diffondendosi ampiamente tra il XIV e il XV secolo. Successivamente, in tutti i paesi musulmani in Arabia vennero creati addirittura dei luoghi, le “botteghe del caffè”, dove le persone potevano riunirsi, parlare o ascoltare della musica mentre si beveva questa bevanda che assunse un nuovo nome: “il vino d’Arabia”. Si pensava che avesse delle proprietà magiche oltre che curative, perciò gli arabi cercarono di ostacolare la commercializzazione affinché nessuno sapesse di questa miracolosa “pozione”.

Prospero Alpino, un medico botanico padovano, è la ragione per cui è arrivato il caffè in Italia. Dall’Oriente, l’uomo riuscì a portare fino a Venezia, nel 1570, alcuni sacchi di chicchi caffè. Differentemente da come veniva usato in Arabia, in Italia inizialmente veniva venduto nelle farmacie ma il prezzo era troppo alto e quindi solo le classi di ceto più alto potevano permettersi qualche sorso di questa deliziosa miscela. Il successo tra i nobili fu pressoché immediato e le famose “botteghe del caffè” iniziarono a comparire su tutto il territorio veneziano, tanto che nel 1763 se ne contavano già 218. Il caffè si diffuse velocemente in tutte le altre regioni d’Italia, diventando una bevanda popolare e sempre più presente anche sulle tavole di cittadini meno abbienti, divenendo quindi “casalingo” e un prodotto tipico della cultura italiana. Nel 1750 anche Carlo Goldoni ne dedicò una commedia, chiamandola “La bottega del caffè”.

Non solo canzoni e commedie, la prima caffettiera in Italia venne creata a Napoli vicino al 1800, prendendo ispirazione da altri modelli creati precedentemente in Francia e acquisendo il nome di “caffettiera napoletana” o, in gergo comune, “cuccumella”. Tuttavia, la vera svolta arriva nel 1933 quando l’italiano Alfonso Bialetti, il quale possedeva un’azienda che si occupava di lavorazioni con

l'alluminio, ebbe una brillante idea. Guardando la moglie fare il bucato tramite una lavatrice dell'epoca, chiamata lisciveuse, inventò la "Moka Express Bialetti". Dall'inconfondibile forma a sezione ottagonale, questa caffettiera in alluminio era in grado di "fare l'espresso come al bar", così diceva la pubblicità. Questa incredibile invenzione venne venduta in tutto il mondo, raggiungendo ad oggi i 105 milioni di pezzi venduti. Si tratta di un vero e proprio prodotto di disegno industriale "Made in Italy" esposto addirittura nella collezione permanente a Milano nel "Triennale Design Museum" e a New York al "MoMa".

La cultura del caffè è quindi estremamente importante per noi Italiani e intrinseca alla nostra storia, nonostante non siamo nemmeno sul podio tra i consumatori di caffè al mondo. È infatti l'ANSA (Agenzia Nazionale Stampa Associata) che, grazie ad un articolo pubblicato questo 20 aprile 2023, rilascia la stima economica di consumo annuo e giornaliero in Italia: *"L'Italia al mondo è il settimo Paese a livelli di consumi di caffè, con 5,2 milioni di sacchi annui, 95 milioni di tazzine di caffè, ovvero 1,6 in media per italiano."* (Ansa, 20 aprile 2023 – "Caffè, l'Italia è il settimo Paese al mondo per i suoi consumi").

Caffè verde: l'asparagina

I chicchi di caffè di color marrone scuro, che siamo abituati a vedere normalmente nei bar o nelle pubblicità, originariamente hanno tutt'altro colore e sono diventati così tramite un processo di tostatura che verrà esposto nei capitoli successivi.



Figura 1 - Chicchi di caffè verde

Come mostrato in “Figura 1 – Chicchi di caffè verde”, questo è il vero colore dei chicchi quando vengono estratti dalla pianta. Sebbene questo tipo di chicchi sia particolarmente importante per l’alta quantità di acido clorogenico, un potente antiossidante, l’interesse di questo capitolo verge su un amminoacido che questi contengono: l’asparagina.

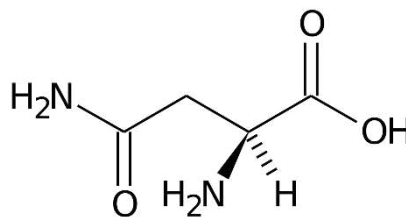


Figura 2 - Formula chimica dell'Asparagina

L’asparagina è un amminoacido non essenziale ampiamente trovabile in molti alimenti, come ad esempio nelle patate e nella parte esterna dei chicchi di caffè verde. Su questi ultimi, la quantità generalmente trovabile si aggira all’incirca tra i 30 e 90 µg per 100 g. La presenza dell’asparagina è infatti una delle cause della produzione di acrilammide durante la tostatura dei chicchi di caffè, per via della reazione di Maillard. L’altro reagente necessario alla reazione di Maillard è invece

uno zucchero riducente, in questo caso il glucosio. È interessante, tuttavia, sottolineare come le due principali qualità di caffè, commercialmente rilevanti, ovvero *Coffea arabica* e *Coffea canephora robusta*, presentino delle importanti differenze nella quantità di asparagina e glucosio. Entrambe le qualità, infatti, contengono delle quantità simili di glucosio, anche se l'Arabica ne ha di più rispetto alla Robusta, mentre è generalmente superiore la quantità di asparagina nella Robusta rispetto all'Arabica.

Acrilammide, di cosa si tratta?

Una molecola che esiste dal momento che è stata inventata la cottura ma è solo recentemente, nell'Aprile del 2002, che l'acrilammide venne scoperta dai ricercatori della Swedish National Food Administration, pubblicando la scoperta sulla rivista Journal of Agricultural and Food Chemistry, la quale portò parecchie preoccupazioni riguardo questa scoperta.

Secondo la pubblicazione dell'IARC (International Agency for Research on Cancer) l'acrilammide o propenammide (formula chimica C_3H_5NO) si presenta a temperatura ambiente come un cristallo solido bianco e solubile in acqua tramite reazione endotermica.

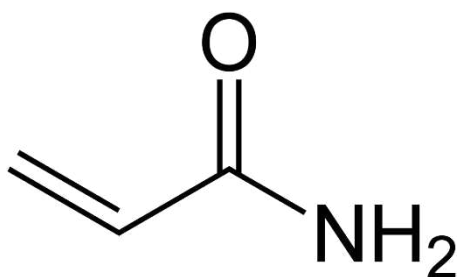


Figura 3 - Formula chimica dell'Acrilammide

Sin dai primi esperimenti compiuti sugli animali, sono state rilevate immediatamente le sue proprietà cancerogene e genotossiche, ovvero in grado di attaccare e danneggiare il DNA di una cellula, creando delle aberrazioni cromosomali. Secondo quanto riportato dall'EFSA (European Food Safety Authority): *“L'acrilammide consumata per via orale viene assorbita dal tratto gastrointestinale, si distribuisce a tutti gli organi e viene ampiamente metabolizzata. La glicidammide, uno dei principali metaboliti derivati da questo processo, è la causa più probabile delle mutazioni geniche e dei tumori osservati negli animali.”* (EFSA, aree tematiche “Acrilammide”).

Gli studi finora condotti sugli animali hanno tuttavia prodotto degli esiti incerti e discordanti riguardo il consumo di acrilammide e il rischio di sviluppo di tumori. È però stato dimostrato che, negli studi effettuati, le cavie esposte ad una dieta contenente l'acrilammide sono soggette ad un aumento della probabilità di sviluppo di mutazioni e tumori. È proprio per questo motivo che lo IARC, alla fine della sua pubblicazione, ha deciso di classificare l'acrilammide come un probabile cancerogeno per gli esseri umani, inserendolo nel gruppo 2°. Vista l'attuale classificazione, non è possibile stabilire una dose giornaliera tollerabile (DGT) per

la salute, come riportato nell'articolo della Fondazione Veronesi Magazine, del 21 aprile 2023, "Acrilammide: cosa dice il regolamento europeo?" di Caterina Fazion. Questo è dovuto al fatto che qualsiasi livello di esposizione ad una sostanza genotossica è potenzialmente in grado di causare danni al DNA. Tuttavia, la commissione europea, nel tentativo di fissare dei valori limiti adeguati, ai quali gli OSA (Operatore del Settore Alimentare) possono far riferimento ma che non sono obbligati a rispettare, ha pubblicato il Regolamento (UE) 2017/2158 della commissione del 20 novembre 2017. Tra i valori soglia di riferimento, per il caffè tostato troviamo 400µg/kg.

Sempre con riferimento all'articolo dell'EFSA, è anche probabile che l'acrilammide causi degli effetti nocivi al sistema nervoso centrale e periferico (causando polineuropatia) e, visto che la glicidammide è in grado di superare la placenta, può avere degli effetti tossici anche sullo sviluppo prenatale e postnatale sul sistema riproduttivo maschile; tuttavia, non sono attualmente motivo di preoccupazione.

Viste comunque tutte queste problematiche, in riferimento alla pubblicazione EFSA del 4 giugno 2015 "La valutazione del rischio spiegata dall'EFSA: l'acrilammide negli alimenti", gli esperti hanno calcolato un intervallo secondo il quale l'acrilammide è probabile che causi una lieve ma misurabile incidenza di tumori. Il valore minimo di questo intervallo è definito come "limite inferiore dell'intervallo di confidenza relativo alla dose di riferimento" o BMDL₁₀. Per i tumori è stato scelto un BMDL₁₀ di 0,17 mg/kg pc/giorno (milligrammi per kilogrammo di peso corporeo al giorno), mentre per i mutamenti neurologici sono stati osservati con un BMDL₁₀ di 0,43 mg/kg pc/giorno.

Citando il suddetto articolo: *"Confrontando il BMDL₁₀ all'esposizione umana all'acrilammide, gli scienziati sono in grado di indicare un "livello di allarme per la salute" noto come "margine di esposizione". L'approccio del margine di esposizione (MOE) fornisce un'indicazione del livello di allarme di ordine sanitario in merito alla presenza di una sostanza in un alimento, senza quantificare il rischio. L'utilizzo del MOE può aiutare i gestori del rischio a definire le eventuali azioni necessarie per mantenere quanto più bassa possibile l'esposizione a tali sostanze. Il comitato scientifico dell'EFSA afferma che per sostanze genotossiche e cancerogene un MOE di 10.000 o più è di lieve preoccupazione per la salute pubblica. I MOE per gli effetti dell'acrilammide correlati al cancro variano da 425 per gli adulti medi consumatori fino ai 50 per i bambini piccoli che ne facciano un consumo elevato ... Tali intervalli indicano un allarme per la salute pubblica. Per sostanze non genotossiche un MOE di 100 o più è di solito un indicatore di assenza*

di allarme per la salute pubblica. Gli MOE per gli effetti neurologici vanno da 1.075 per l'adulto medio consumatore a 126 per i bambini piccoli che ne facciano un consumo elevato. Gli esperti dell'EFSA hanno concluso che, per questi effetti, gli attuali livelli di esposizione alimentare non danno adito a timori per la salute, anche se per i bambini e i bambini piccoli con elevata esposizione alimentare il MOE è vicino ai valori che potrebbero costituire un allarme per quanto riguarda tali effetti.” (EFSA, 4 giugno 2015 – “La valutazione del rischio spiegata dall’Efsa: l’acrilammide negli alimenti”).

Torrefazione dei chicchi di caffè: la reazione di Maillard

La torrefazione del caffè è il processo secondo cui i chicchi di caffè verde vengono tostati, raggiungendo vari livelli di tostatura, per fare in modo che essi sprigionino il loro sapore. I chicchi di caffè verde, infatti, hanno un aroma debole ed una consistenza troppo dura. A differenza di quello che pensano molti, il fatto che il caffè abbia un sapore intenso non ne indica l'alta qualità bensì il grado di tostatura. Infatti, un caffè tostato a lungo ha un sapore più intenso.

Come riportato nella presentazione "Numerical model of heat and mass transfer during roasting coffee using 3D digitised geometry" di Angelo Fabbri, Chiara Cevoli, Santina Romani e Marco dalla Rosa, la torrefazione dei chicchi di caffè è un'intensa procedura termica che normalmente raggiunge dei livelli di temperatura compresi tra i 160°C e i 240°C per un intervallo di tempo tra gli 8 e i 20 minuti, dove i chicchi di caffè perdono massa, diventano secchi e imbruniscono. La tostatura all'italiana avviene di solito in un range di temperatura tra i 200°C e i 240°C.

Le fasi di torrefazione del caffè sono in totale cinque:

1. La reazione di Maillard

La prima reazione, nonché la reazione chiave di tutto il processo che avviene a temperature tra i 150°C e i 200°C. Durante questa reazione il gruppo carbonilico dello zucchero e il gruppo amminico delle proteine reagiscono, in questo processo si sprigionano gli aromi del caffè, in particolare il composto organico che è la principale componente dell'odore del caffè, ossia il 2-furanmetantiolo o mercaptano furfurilico. È proprio durante la reazione di Maillard che l'asparagina e lo zucchero riducente reagiscono grazie alle alte temperature. Tra i due reagenti, l'asparagina è il reagente limitante, ossia il reagente di una reazione irreversibile che una volta terminato impedisce a quest'ultima di proseguire e formare nuovi prodotti di reazione, in questo caso l'acrilammide.

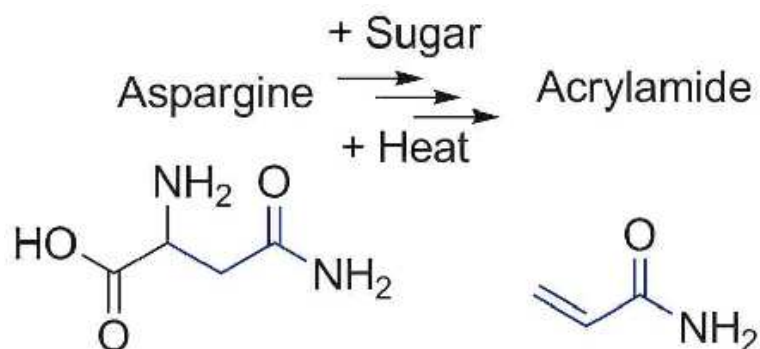


Figura 4 - Reazione di Maillard acrilammide

2. Caramellizzazione

Dai 170 ai 200°C gli zuccheri nei chicchi iniziano a caramellare, ovvero, iniziano ad imbrunire, rilasciando composti aromatici e acidi. Durante queste fasi della tostatura, il saccarosio viene convertito quasi completamente in composti caramellizzati.

3. Primo “crack”

Raggiunti i 205°C, l'acqua contenuta nel chicco di caffè evapora totalmente, facendolo gonfiare fino a due volte il volume originale e poi crepandosi (da qui, l'inglesismo “crack”). I chicchi di caffè in questa fase passano dall'essere giallognoli a marroncino chiaro e per via dell'evaporazione dell'acqua, diminuiscono il loro peso del circa 5%. Qui la torrefazione del caffè è considerata leggera e può possibilmente concludersi qui.

4. Pirolisi

Raggiunti i circa 220°C, all'interno del chicco di caffè avvengono varie reazioni chimiche che portano al rilascio di CO₂, questo processo si chiama pirolisi. Grazie a ciò, i chicchi di caffè iniziano a variare il loro sapore, passando dal dolciastro all'amaro. In questa fase, i chicchi di caffè hanno perso circa il 13% del loro peso originario.

5. Secondo “crack”

La pirolisi continua e le temperature continuano ad innalzarsi, raggiungendo un range tra i 225°C e i 230°C, causando la seconda crepa, che in questo caso è meglio definire come rottura dato che la cellulosa nelle pareti cellulari del chicco si rompono. Il chicco ha raggiunto un colore marrone abbastanza scuro con una lucentezza oleosa. Durante quest'ultima fase, altri composti aromatici vengono rilasciati e contribuiscono a dare al caffè una nota marcata ed intensa di sapore.

La quantità di acrilammide durante le varie fasi, tuttavia, varia in modo inaspettato a quanto si possa immaginare. Uno studio del 2008 pubblicato su PubMed riporta infatti dei dati molto precisi e che sono stati confermati nel corso degli anni. Lo studio infatti riporta i dati riguardo le differenze nella quantità di acrilammide tra i chicchi di caffè di qualità Arabica e Robusta. Viene infatti riportato che durante i primi minuti della torrefazione, con la reazione di Maillard, i chicchi di *Coffea canephora robusta* raggiungono una quantità media di acrilammide pari a 3800 ng/g (nanogrammi su grammo) mentre i chicchi di *Coffea arabica* solo 500 ng/g. Il vero punto interessante dello studio risulta essere le osservazioni fatte

all'aumentare del tempo e della temperatura di tostatura, i quali sembrano avere un'influenza sulla quantità di acrilammide. Difatti, al termine del processo di torrefazione, è stato rilevato che la qualità Robusta conteneva una quantità media di 708 ng/g mentre la qualità Arabica di 374 ng/g. Questa enorme differenza tra le prime fasi di tostatura e quelle finali potrebbe essere dovuta al fatto che l'acrilammide è un composto volatile e anche al fatto che a temperature superiori ai 220°C, avviene un processo di decarbossilazione termica ed eliminazione del gruppo alfa-amminico dell'asparagina, portando comunque ad una formazione rilevabile di acrilammide ma nettamente inferiore rispetto che a temperature più basse.

Risultati e Discussione

Grazie ai dati raccolti nei capitoli precedenti, è possibile fare dei semplici calcoli matematici per ricavare approssimativamente la quantità di acrilammide presente in una tazzina di caffè espresso tostato di qualità arabica.

Si comincia convertendo la quantità di acrilammide da ng/g a µg/g, dividendo per 1000. Questo perché il nanogrammo è un sottomultiplo del microgrammo e corrisponde ad un miliardesimo di grammo, mentre il microgrammo corrisponde a un milionesimo di grammo. Quindi, la quantità di acrilammide in µg/g è:

$$\frac{374 \text{ ng/g}}{1.000} = 0,374 \text{ µg/g}$$

Dai dati trovati riguardo la quantità di caffè utilizzata per creare un espresso di 30 ml (millilitri) sappiamo che in media servono 6.5 g di caffè. Moltiplicando la quantità di acrilammide in µg/g per la quantità di caffè in g, si ottiene la quantità di acrilammide in µg in una tazza di caffè espresso:

$$0,374 \frac{\mu\text{g}}{\text{g}} * 6,5 \text{ g} = 2,431 \mu\text{g}$$

Come scritto nei capitoli precedenti, sapendo che l'EFSA ha pubblicato un limite inferiore dell'intervallo di confidenza relativo alla dose di riferimento (BMDL₁₀) a 0,17 mg/kg pc/giorno e prendendo come esempio di riferimento un uomo di massa 70 kg, possiamo calcolare quante tazze di caffè espresso tostato di qualità Arabica servono per raggiungere il limite di riferimento affinché si rilevi un lieve aumento dell'incidenza di tumori. Si converte il limite massimo assumibile di acrilammide da mg/kg pc/giorno a µg/kg pc/giorno, moltiplicando per 1000. Questo perché il milligrammo è un multiplo del microgrammo e corrisponde ad un millesimo di grammo. Quindi, il limite di riferimento risulta essere:

$$0,17 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \frac{\text{pc}}{\text{giorno}} * 1000 = 170 \frac{\mu\text{g}}{\text{kg}} \frac{\text{pc}}{\text{giorno}}$$

Si moltiplica il limite massimo assumibile di acrilammide in µg/kg pc/giorno per il peso corporeo ipotetico dell'uomo in kg, ottenendo il limite massimo assumibile di acrilammide in µg/giorno:

$$170 \frac{\mu\text{g}}{\text{kg}} \frac{\text{pc}}{\text{giorno}} * 70 \text{ kg} = 11900 \frac{\mu\text{g}}{\text{giorno}}$$

Si divide il limite massimo assumibile di acrilammide in $\mu\text{g}/\text{giorno}$ per la quantità in μg di acrilammide in una tazza di caffè espresso, ottenendo il numero massimo di tazze di caffè espresso che un uomo di 70 kg può bere al giorno prima di superare il BMDL_{10} :

$$\frac{11.900 \mu\text{g}/\text{giorno}}{2,431 \mu\text{g}} \cong 4958 \text{ tazze al giorno}$$

Discutendo i risultati ottenuti tramite i vari passaggi matematici eseguiti, risulta che la quantità di acrilammide contenuta in una tazza di caffè tostato espresso di qualità Arabica sia davvero irrilevante, cioè solo 2,431 μg . Talmente bassa che per raggiungere una quantità tale da rilevare un lieve aumento dell'incidenza sui tumori, un uomo di 70 kg dovrebbe bere 4958 tazze di caffè al giorno. Il che risulta essere impossibile dato che, come riportato da FoodData Central, la quantità media di caffeina in 100 g di caffè è pari a 212 mg. Questo dato ci interessa perché, secondo una pubblicazione su PubMed – “Caffeine Toxicity”, l'assunzione di 10 g di caffeina sono sufficienti a raggiungere un esito infausto per l'uomo. In termini matematici, possiamo semplicemente tradurlo con il fatto che dopo circa 157 tazze di caffè espresso assunte in un giorno, si raggiunge una dose letale di caffeina, rendendo quindi impossibile il raggiungimento del BMDL_{10} per l'acrilammide.

Conclusioni

Volendo rispondere alla domanda di tesi, esiste un vero rischio per la salute legato all'acrilammide e al caffè? La risposta è: probabilmente no. I dati ricavati e il calcolo sperimentale proposto, rivelano come la quantità di acrilammide che si assume bevendo del caffè sia troppo bassa per essere considerabile un vero rischio. Questa tesi, dunque, avvalorava ulteriormente la visione dell'AIRC nella loro opposizione al mettere delle etichette sui pacchi di caffè che avvisino i consumatori di questa problematica legata all'acrilammide. La visione di queste etichette genererebbe solamente dell'inutile allarmismo senza dare la vera visione della faccenda e senza fare prevenzione sulla salute in merito alle scelte alimentari. Inoltre, come anticipato nel capitolo introduttivo, esistono altri alimenti oltre al caffè, che una volta cotti, grigliati o tostiti producono acrilammide, come i cereali, le patate o i biscotti; quindi, di conseguenza anche questi prodotti dovrebbero riportare la medesima etichetta. Ovviamente questo porterebbe ad un panico generale che sarebbe tuttavia facilmente evitabile se si ponesse attenzione alle varie pubblicazioni delle testate giornalistiche scientifiche che, invece, puntano a fare prevenzione per una spesa più consapevole. Con queste affermazioni, non si vuole tuttavia negare il fatto che l'acrilammide resta comunque un probabile cancerogeno per l'uomo, è quindi più importante che mai avere un'educazione alimentare corretta per fare delle scelte giuste al supermercato. Come dimostrato dalla tesi, è preferibile comprare caffè di qualità Arabica rispetto alla Robusta, così come è sconsigliato bere i succedanei del caffè (orzo, cicoria, etc.) in quanto i prodotti primari contengono alte quantità di asparagina e quindi la loro produzione di acrilammide, in fase di tostatura, è quasi cinque volte quella del caffè di qualità Arabica. Come dimostrato, è anche preferibile l'acquisto di caffè tostiti più a lungo, evitando possibilmente quelli bruciati, rispetto che quelli tostiti per meno tempo. Bastano anche dei semplici gesti per mitigare l'acrilammide nel caffè; non tutti sanno infatti che mescolandolo, quando è pronto in tazza, favoriamo l'evaporazione dell'acrilammide, dato che è un composto volatile.

Bibliografia

Focus, 4 dicembre 2018 di Giuliana Rotondi - <https://www.focus.it/cultura/storia/il-vino-darabia>

Exclusive Brands Torino, “Origini e Storia del caffè italiano” - <https://www.exclusivebrandstorino.com/2023/04/20/origini-e-storia-del-caffe-italiano/#:~:text=La%20storia%20del%20caffè%20in,per%20i%20ceti%20più%20abbienti>.

ilSole24ore, 29 ottobre 2018 di Alessandro Marzo Magno, “Storia della Bialetti, dal boom della moka ai bilanci in rosso” - <https://www.ilsole24ore.com/art/storia-bialetti-boom-moka-bilanci-rosso-AEXsSNXG>

Wikipedia, Moka - <https://it.wikipedia.org/wiki/Moka>

Bialetti Story, “La storia della Moka” - <https://bialettistory.com>

AIRC 20 aprile 2018 “È vero che l’acrilammide può aumentare il rischio di cancro?” - <https://www.airc.it/cancro/informazioni-tumori/corretta-informazione/acrilammide-e-rischio-cancro#:~:text=Le%20ricerche%20condotte%20in%20animali,dalle%20persone%20con%20il%20cibo>.

OMS 15 dicembre 2020 “Global Health estimates: Leading causes of Death” - <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghe-leading-causes-of-death>

AIRC 28 Aprile 2023 “Cancro: la prevenzione” - <https://www.airc.it/cancro/prevenzione-tumore/prevenzione-per-tutti/cancro-la-prevenzione#:~:text=La%20prevenzione%20è%20la%20migliore,sottoporsi%20periodicamente%20a%20controlli%20medici>.

EFSA, 4 giugno 2015 “La valutazione del rischio spiegata dall’Efsa: l’acrilammide negli alimenti” - <https://www.efsa.europa.eu/it/corporate/pub/acrylamide150604>

IRCCS Humanitas – Research Hospital “Caffè Espresso, i valori nutrizionali” - <https://www.humanitas.it/enciclopedia/alimenti/bevande/caffe-espresso/>

ISSalute 30 maggio 2022 “Caffè” - <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z-menu/c/caffe#bibliografia>

Ansa 20 aprile 2023 “Caffè, l’Italia è il settimo Paese al mondo per i suoi consumi”
- https://www.ansa.it/canale_terraegusto/notizie/in_breve/2023/04/20/caffe-italia-settimo-paese-al-mondo-per-i-consumi_8a31f4c2-4520-4424-956e-9b90b134dbf5.html

IARC publications “Acrylamide” -
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjvi - aiYaCAxXiR EDHWQADiIQFnoECCEQAQ&url=https%3A%2F%2Fpublications.iarc.fr%2F_publications%2Fmedia%2Fdownload%2F2035%2F616b46d74503d0f288126bc72e59a3498ed98abc.pdf&usq=AOvVaw2jTqdiHSdxxJ0aZq6ZgiUg&opi=89978449

Efsa area tematica “Acrilammide” -
<https://www.efsa.europa.eu/it/topics/topic/acrylamide>

Fondazione Veronesi Magazine, 21 aprile 2023, “Acrilammide: cosa dice il regolamento europeo?” di Caterina Fazion:
<https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/alimentazione/acrilammide-cosa-dice-il-regolamento-europeo>

Regolamento (UE) 2017/2158 della commissione del 20 novembre 2017 -
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiznlyzloaCAxVp_rslHbB9CsMQFnoECDAQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.efanews.eu%2Fresources%2F841e98f6d2f032e7eca0319611ec3eb1.pdf&usq=AOvVaw0leSg961tHk3oSri5hk-Gb&opi=89978449

“Torrefazione del caffè” articolo del 19 Giugno 2020 di Juri Donvito e Salvatore Impemba -
<https://www.7gr.it/torrefazione-del-caffe/#:~:text=Durante%20il%20processo%20di%20tostatura,un%20seme%20di%20caffè%20tostato.>

Presentazione “Numerical model of heat and mass transfer during roasting coffee using 3D digitised geometry” del Maggio 2011 di Angelo Fabbri, Chiara Cevoli, Santina Romani e Marco dalla Rosa -
https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj_g8u2u4eCAxWKqv0HHZ1uCpQQFnoECA4QAw&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS2211601X11001131%2Fpdf%3Fmd5%3D7c41fd593cbb5402dd8add32a1433422%26pid%3D1-s2.0-S2211601X11001131-main.pdf&usq=AOvVaw03FFVCmvW56nGoL1fJFP0Z&opi=89978449

ACS Chemistry for Life “Why Does Your Coffee Taste and Smell Delicious?” - https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj_g8u2u4eCAxWKqv0HHZ1uCpQQFnoECBIQAw&url=https%3A%2F%2Fwww.acs.org%2Fcontent%2Fdam%2Facsorg%2Fpressroom%2Factions%2Finfographics%2Fwhy-does-your-coffee-taste-and-smell-delicious.pdf&usq=AOvVaw0QUeRIOWfdGPpy7pyNYUIal&opi=89978449

PubMed, Agosto 2008 “Determination of acrylamide during roasting of coffee” di Kristina Bagdonaite, Karin Derler, Michael Murkovic - <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18624446/>

FoodData Central Search Results, 1° aprile 2019 “Beverages, coffee, brewed, espresso, restaurant prepared” - <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/171891/nutrients>

PubMed, 26 giugno 2023 “Caffeine Toxicity” di Alexandra Murray e Jeremy Traylor: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30422505/>

AIRC, 23 gennaio 2020 “L’etichetta “cancerogeno” sul caffè? Meglio di no” - <https://www.airc.it/news/etichetta-cancerogeno-sul-caffe-meglio-di-no#:~:text=Il%20caffè%20è%20una%20miscela,probabile%20cancerogeno%20per%20l%27uomo.>

Food Hub, 17 aprile 2023, Maria Alessia Schouten e Santina Roma, “L’acrilammide nel caffè: possibili strategie di mitigazione” - [L’acrilammide nel caffè e strategie per ridurla - Food Hub Media \(food-hub.it\)](https://www.foodhub.it/foodhub-media/food-hub-media)

Figura 1 - Chicchi di caffè verde - <https://regogoo.com/wp-content/uploads/2020/03/caffe-verde-img.jpg>

Figura 2 - Formula chimica dell'Asparagina - https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b3/Amminoacido_asparagina_formula.svg/180px-Amminoacido_asparagina_formula.svg.png

Figura 3 - Formula chimica dell'Acrilammide - <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Acrylamide-2D-skeletal.png>

Figura 4 - Reazione di Maillard acrilammide - <https://www.researchgate.net/profile/Valentina-Christova-Bagdassarian/publication/261296647/figure/fig1/AS:669397475680272@1536608203715/Formation-ofacrylamide-by-the-Maillard-reaction-1.png>