



AUTORE: Dott. *Occhino Salvatore*

Pubblicazione – ANNO 6 LUGLIO 2023 – ISSN: 2612/4947 - 15/07/2023

Corso di Studio in Scienze dell'Alimentazione e Gastronomia

***Alimenti ultra-lavorati e malattie cardiovascolari: potenziali
meccanismi d'azione***

Relatore: Prof. Mauro Lombardo

Candidato:

Salvatore Occhino

Matricola n. 218764

Anno Accademico 2022-2023

Alimenti ultra-lavorati e malattie cardiovascolari: potenziali meccanismi d'azione

INDICE

1	Introduzione.....	1
1.	<i>Abstract</i>	<i>1</i>
2.	<i>Obiettivi.....</i>	<i>2</i>
3.	<i>Criteri di inclusione ed esclusione studi</i>	<i>2</i>
2.	I rischi cardiovascolari	3
2.1.	<i>L'apparato cardiovascolare</i>	<i>3</i>
2.2.	<i>Potenziali meccanismi d'azione.....</i>	<i>6</i>
2.3.	<i>Associazione tra consumo e mortalità</i>	<i>11</i>
3.	La prevenzione	13
3.1.	<i>Cos'è la prevenzione</i>	<i>13</i>
3.2.	<i>La dieta mediterranea</i>	<i>17</i>
3.2.1	<i>Dieta mediterranea e ipertensione.....</i>	<i>19</i>
3.2.2	<i>Dieta mediterranea e diabete.....</i>	<i>19</i>
3.2.3	<i>Dieta mediterranea e livelli lipidici</i>	<i>20</i>
3.2.4	<i>Dieta mediterranea e infiammazioni.....</i>	<i>21</i>
4.	Gli alimenti ultra-lavorati	22

4.1. <i>Introduzione</i>	22
4.2. <i>Classificazione NOVA e Nutri-score degli alimenti</i>	23
4.3. <i>Modifiche chimico-fisiche</i>	29
Conclusioni	40
Fonti	41

Capitolo 1. Introduzione

1.1 Abstract

Gli alimenti Ultra-lavorati sono formulazioni prodotte industrialmente, che contengono cinque o più ingredienti (classificazione NOVA¹) e spesso sono *Ready to eat*.

La lavorazione a cui sono sottoposti ne determinano però una modificazione di carattere chimico-fisico diversa da quella subita da alimenti integrali nelle normali operazioni domestiche (ad esempio cottura), che può comportare rischi per la salute del consumatore.

In particolare, i meccanismi d'azione presi in considerazione sono a carico dell'apparato cardiovascolare², come l'insorgenza di ipertensione, alterazione del profilo lipidico plasmatico, aumento dell'adiposità corporea, alterazione del microbiota intestinale e risposta glicemica.

¹ *Classificazione Nova*: sistema basato sul grado di lavorazione industriale diviso in 4 gruppi.

² *Apparato Cardiovascolare*: sistema di vasi chiusi che permette al sangue di raggiungere i vari distretti del corpo grazie alla pressione generata dal cuore.

Infine, viene preso in esame l'utilizzo di dieta mediterranea per la prevenzione primaria e secondaria delle malattie cardiovascolari. Nello specifico il modello utilizzato e somministrato è quello tipico delle popolazioni del mediterraneo negli anni 60, i cui punti fondamentali sono:

- Alto consumo di verdura, frutta e cereali integrali;
- Maggior utilizzo di grassi insaturi rispetto ai saturi;
- Basso consumo di carni e moderato dei derivati;
- Basso consumo di vino rosso.

1. Obiettivi

Questa tesi si pone l'obiettivo di analizzare

- I cambiamenti subiti dagli alimenti Ultra-lavorati, durante il processo produttivo;
- I consumi nei vari paesi;
- L'associazione e l'insorgenza di malattie cardiovascolari, gli effetti fisiologici e il rischio di mortalità che essi determinano;

Nella parte conclusiva si propongono tecniche di prevenzione primaria e secondaria tramite somministrazione di dieta mediterranea.

2. Criteri di inclusione ed esclusione studi

Gli studi trattati provengono esclusivamente da Pubmed³;

³ *PubMed*: banca dati biomedica in cui vengono pubblicati i principali studi scientifici.

Sono stati esclusi studi:

- Singoli o con pochi partecipanti;
- Antecedenti al 2017;
- Con dati carenti;
- Dove vi è possibile conflitto di interessi⁴.

Sono stati inclusi studi:

- Metanalisi⁵, review⁶ e studi su larga scala;
- Successivi al 2017 (compreso);
- Esente da conflitto di interessi dichiarati.

⁴ *Conflitto di interessi*: la situazione in cui i ricercatori hanno degli interessi personali (economici o non) che possono interferire sulla bontà della ricerca.

⁵ *Metanalisi*: combinazione statistica di più studi su uno stesso argomento.

⁶ *Review*: approfondita ricerca bibliografica su uno stesso argomento.

Capitolo 2. I rischi cardiovascolari

2.1 L'apparato cardiovascolare

L'apparato cardiovascolare fa parte del sistema circolatorio, ed è composto da un insieme di vasi con sezione variabile, nei quali fluiscono i fluidi circolanti, ovvero sangue e linfa. Nello specifico, il cardiovascolare (o circolatorio sanguigno) è il sistema in cui fluisce il sangue, tramite pressione generata dal cuore.

Il cuore è l'organo principale, che permette, tramite contrazione, di generare pressione maggiore rispetto a quella nei vasi; questo permette al sangue di fluire.

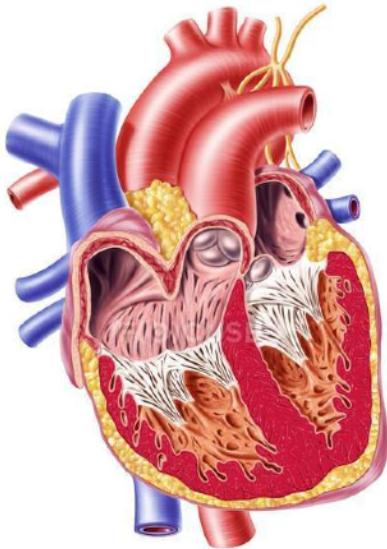


Figura 2.1: Anatomia del cuore.

Anatomicamente, il cuore è un organo cavo suddiviso in due parti, destra e sinistra, a loro volta divise in altre due superiori e inferiori, rispettivamente atri e ventricoli; ne risultano quindi quattro parti.

Parte sinistra e parte destra sono separate in maniera stagna⁷, tramite setto⁸, atri e ventricoli (dello stesso lato), invece, sono comunicanti tramite valvole atrioventricolari (Barbatelli, 2020, pp. 387–388).

Ogni metà, destra e sinistra, funziona come una pompa separata, nello specifico la contrazione del muscolo cardiaco (sistole) provoca una riduzione del volume interno delle camere, con conseguente aumento di pressione, che spinge

il sangue verso i vasi (Silverthorn, 2020, p. 414).

La netta separazione presente all'interno del cuore permette la divisione anche dei vasi in grande e piccolo circolo.

Il grande circolo si origina dal ventricolo sinistro collegato all'aorta, che, tramite le sue ramificazioni, si dirama per tutto l'organismo. Nel grande circolo fluisce sangue arterioso, ricco di ossigeno e metaboliti fondamentali per le funzioni vitali delle cellule. Una volta cedute le sostanze utili, il sangue si carica di sostanze di scarto, ovvero anidride carbonica e cataboliti, trasformandosi in sangue venoso.

⁷ Separazione stagna: ermetica senza scambi di fluidi.

⁸ Setto: detto interventricolare, è una parte composta da tessuto muscolare e membranoso.

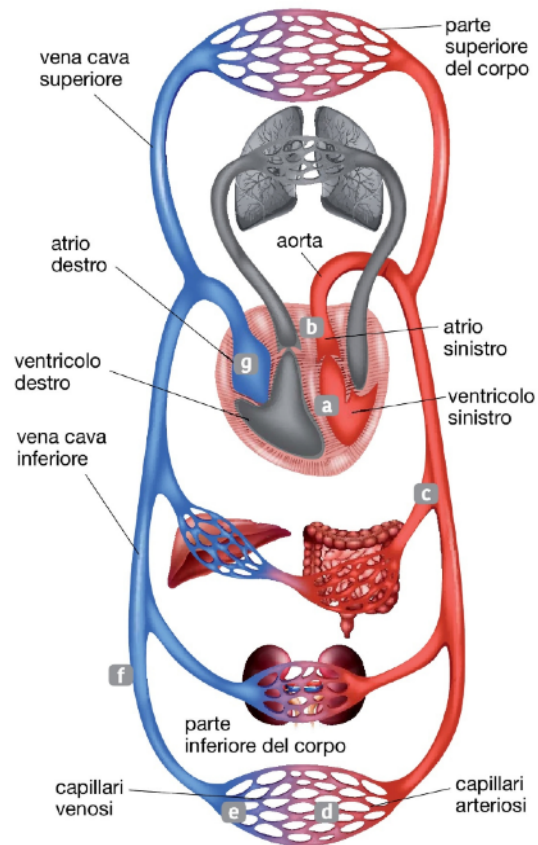
Come si può vedere dall'immagine a destra, il sangue venoso, proveniente dai vari tessuti si immette in un altro sistema di vasi (in blu), detto piccolo circolo. Questo, immettendosi prima nell'atrio e poi nel ventricolo destro, viene spinto verso i polmoni che provvedono ad eliminare le sostanze di scarto caricando nuovamente il sangue di ossigeno, ricominciando il ciclo (Barbatelli, 2020, pp. 388–389).

Il sangue fa parte dei tessuti connettivi, tuttavia è l'unico di essi ad avere una matrice extracellulare fluida. Nell'uomo, il volume circolante è di 5-6 litri (7% del peso totale), con pH di 7,4. Come visto in precedenza, tramite il sangue, vengono trasportati gas e molecole funzionali alle cellule, ma non solo; infatti, le altre funzioni sono:

- **Difesa immunitaria**, trasportando cellule specifiche;
- Trasporto ormoni e enzimi;
- Mantenimento dei valori omeostatici acido-base;
- Termoregolazione;
- Funzioni coagulative, in caso di lacerazione dei vasi.

E' costituito da elementi corpuscolati, ovvero globuli bianchi, globuli rossi e piastrine e una componente fluida, il plasma. Ogni elemento ha composizione e funzioni diverse:

- I globuli bianchi o leucociti, sono elementi cellulari completi (contengono tutti gli organelli) e svolgono funzioni di difesa. Il loro numero è molto variabile soprattutto in caso vi siano patologie in atto;
- I globuli rossi o eritrociti, sono elementi cellulari senza organelli e nucleo, hanno particolare forma a lente, con doppia concavità che permette il trasporto di gas in tutto l'organismo;
- Le piastrine sono frammenti cellulari senza nucleo e organelli, svolgono funzione principale di coagulazione sanguigna: essi, infatti, si portano sul sito



della lacerazione e formano il cosiddetto “tappo piastrinico”, che ferma la fuoriuscita di sangue.

- Il plasma, è costituito dal 92% di acqua, in cui sono presenti numerose sostanze inorganiche e organiche fondamentali, come glucosio, vitamine, proteine, trigliceridi minerali e urea (Dalle Donne & Beninati, 2019, pp. 523–539).

Il sangue fluisce in una singola direzione da zone a pressione maggiore verso zone a minor pressione (gradiente); inizialmente, essa viene generata dalla contrazione del muscolo cardiaco, ma poi viene influenzata dalla resistenza⁹ dei vasi e dalla loro sezione¹⁰. Maggiore è la resistenza, minore sarà la pressione in uscita da un vaso; al contrario maggiore è la sezione, minore sarà la pressione (Silverthorn, 2020, p. 446).

⁹ *Resistenza dei vasi*: l'attrito che si oppone al fluire del sangue, dato dalla viscosità dello stesso e dalle condizioni del vaso.

¹⁰ *Sezione*: diametro.

risultato maggiore o uguale a 30 indica uno stato di obesità. Essa predispone ad uno stato infiammatorio, che si verifica principalmente nel tessuto adiposo.

Gli adipociti¹¹ infatti producono in maniera maggiore citochine pro-infiammatorie¹² (come l'interleuchina 6), che attivano le vie segnalatorie.

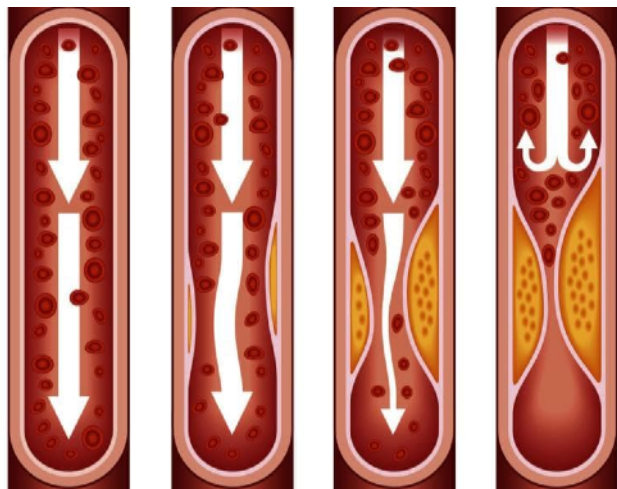
Quando si valuta lo stato di obesità, non bisogna limitarsi al BMI; infatti, un parametro altrettanto importante è il rapporto vita-fianchi che indica la presenza di adipe viscerale. Questa rappresenta il maggior fattore di rischio per quanto riguarda le malattie cardiovascolari, nello specifico diversi studi hanno evidenziato un aumento dell'insorgenza di cardiopatie coronariche¹³ e rigidità delle grandi arterie (Battineni et al., 2021).

La sindrome metabolica è legata allo stato di obesità, in cui si verifica un accumulo di vari disturbi che aumentano il rischio di malattie cardiovascolari aterosclerotiche, insulino-resistenza¹⁴ e complicanze cerebrali. Un disordine viene classificato sindrome se coesistono nello stesso soggetto almeno tre delle seguenti condizioni:

- Trigliceridi uguali o superiori a 150 mg/dl;
- Pressione arteriosa sistolica di 130 mmHg o superiore e diastolica 85 mmHg o superiore;
- Colesterolo Hdl inferiore o uguale a 40 mg/dl negli uomini e 50 mg/dl nelle donne;
- Circonferenza vita maggiore di 102 cm negli uomini e 88 nella donna;
- Glicemia a digiuno maggiore di 100 mg/dl.

Tale sindrome influenza la maggior parte delle funzioni del corpo, predisponendolo a danni microvascolari, inspessimento della tonaca intima arteriosa e aumento della rigidità. E' una patologia di tipo infiammatorio e degenerativa, e rappresenta la prima causa di morte nel mondo occidentale.

I vasi, se inspessiti e/o irrigiditi, sono maggiormente soggetti a ulcerarsi (rottura), non avendo l'elasticità necessaria a sopportare la



¹¹ *Adipociti*: cellule specifiche che compongono

¹² *Citochine pro-infiammatorie*: molecole protei indurre una risposta locale o in tutto l'organism

¹³ *Coronariche*: vasi che irrorano il muscolo cardiaco.

¹⁴ *Insulino-resistenza*: si verifica una minor sensibilità delle cellule all'azione dell'insulina, questo determina che, a parità di quantità prodotta essa avrà minor effetto.

pressione sanguigna, e causare trombi o embolie periferiche (Barbatelli, 2020, p. 427).

Figura 2.4: progressione dell'ateroma.

Oltre a modificare la struttura dei vasi, la dislipidemia può innescare un processo aterosclerotico.

L'aterosclerosi, detta anche placca aterosclerotica, è un accumulo di sostanza lipidica che può provocare stenosi dei vasi, ovvero un restringimento del flusso o addirittura un'interruzione.

Se questo avviene a livello coronarico provoca l'infarto acuto del miocardio, che nel 30% dei casi provoca il decesso del soggetto (Swarup et al., 2023).

La sostanza lipidica è composta principalmente da colesterolo Ldl, o lipoproteine a bassa densità; uno dei meccanismi riscontrati nei vari studi è che l'assunzione di cibi ultra-lavorati vada ad interferire con i valori di colesterolo Hdl, o lipoproteine ad alta densità.

L'Hdl ha l'importante funzione di rimuovere eventuali accumuli di Ldl nei vasi, trasportandolo al fegato che provvede alla sua eliminazione.

Le concentrazioni lipidiche nel sangue vengono alterate dalla qualità e dalla quantità di grassi assunti con la dieta: la comunità scientifica è in accordo sul fatto che il maggior impatto è da imputare ai grassi trans, presenti negli oli vegetali idrogenati. Di minor rilevanza, ma comunque influente, è la presenza elevata di grassi saturi negli alimenti trasformati e ultra-trasformati come burro, olio di palma e olio di cocco.

Oltre ai livelli lipidi sierici e le alterazioni di tipo metabolico, è importante valutare l'effetto che alcune categorie di alimenti hanno nei confronti del microbiota.

È un sistema eterogeneo, dinamico¹⁵ e simbiotico con il resto degli apparati, è composto da microrganismi di natura diversa come batteri, funghi e virus, che si trovano lungo tutto il canale alimentare, non solo nell'intestino, e viene considerato "organo essenziale". Si genera durante i primi giorni di vita, a contatto con i microrganismi della madre durante il parto e lattazione. Differisce molto da individuo a individuo, anche di stessa etnia, per via delle influenze ambientali e delle abitudini alimentari (Barbatelli, 2020, p. 545)

¹⁵ *Dinamico*: sistema in continuo cambiamento.

Viene definito sistema simbiotico perché alcuni microrganismi presenti, come l'*Escherichia coli*¹⁶ o il *Clostridium*¹⁷, presi singolarmente possono avere effetti dannosi per la salute, o essere addirittura mortali; immessi in tale sistema, invece, sono di fondamentale importanza. Inoltre, per mantenere l'equilibrio tra le specie presenti può intervenire il sistema immunitario, ad esempio evitando proliferazioni incontrollate.

Una sua alterazione provoca patologie di diverso genere, che coinvolgono il sistema nervoso centrale, l'apparato cardiovascolare o gastrointestinale stesso. Diversi studi hanno evidenziato l'associazione dell'ambiente batterico intestinale con una serie di patologie:

- Ipertensione, vi sono due meccanismi, il primo riguarda la TMAO¹⁸ circolante, metabolita prodotta da specifici batteri che agisce sulla regolazione pressoria e inibisce la sintesi di colesterolo HDL.

Il secondo meccanismo va ben oltre la regolazione dell'intestino stesso, bensì riguarda alcuni metaboliti, come il 5-idrossitriptamina, che trasportati dal flusso ematico riescono a permeare la barriera emato-encefalica¹⁹, agendo sui recettori 5-HT₃. L'azione inibisce l'attività del nervo vago²⁰ che può provocare vasocostrizione influenzando la pressione sanguigna (Chen et al., 2021).

- Aterosclerosi, recenti studi hanno evidenza una connessione tra la traslocazione batterica dall'intestino al cuore e la progressione della placca aterosclerotica, questo perché gli stati infiammatori intestinali possono ripercuotersi ai vasi cardiaci; inoltre, il microbiota produce enzimi specifici che fermentano la fibra alimentare, in acidi grassi a corta catena, come butirrato e acetato. Tali molecole attivano recettori associati a proteine G (GPR41 e Olfr-78), promuovendo la sintesi del peptide YY e peptide 1, molecole simili al glucagone, riducendo la pressione sanguigna e di conseguenza l'insorgenza dell'ateroma (Jonsson & Bäckhed, 2017).
- Diabete, è una malattia metabolica sistemica caratterizzata da alti livelli di glucosio nel sangue, responsabile tra le altre complicanze di lesioni vascolari a livello cardiovascolare. Ne esistono tre tipologie, diabete mellito di tipo 1

¹⁶ *Escherichia coli*: batterio che fa parte della famiglia degli enterobatteri, presente in grande quantità nel colon.

¹⁷ *Clostridium*: batterio sporigeno, al genere *Clostridium* appartengono il botulinum, il difficile, il tetani e il perfringens, in stato vegetativo alcuni di essi producono tossine, nocive per l'uomo.

¹⁸ *Tmao*: trimetilammina-N-ossido

¹⁹ *Barriera emato-encefalica*: struttura funzionale che regola il passaggio di sostanze chimiche da e verso il cervello.

²⁰ *Nervo vago*: decimo nervo cranico, con funzione principale di regolare le funzioni digestive e cardiache.

(insulino-dipendente), diabete mellito di tipo 2 (non insulino-dipendente) e diabete gestazionale²¹.

Diversi studi hanno evidenziato che, metaboliti prodotti dal microbiota come peptidoglicani, lipopolisaccaridi e flagellina, prodotti in risposta a specifici alimenti, distruggono le giunzioni cellulari della parete intestinale, creando infiammazioni attraverso segnali TLR2 e TLR4. Questo sistema nel tempo può provocare resistenza insulinica e, nei casi gravi, il diabete. Inoltre il sistema nervoso enterico può regolare autonomamente i livelli glicemici tramite il nervo vago, agendo direttamente sul glucosio ematico indipendentemente dal sistema nervoso centrale (Ebrahimzadeh Leylabadlo et al., 2020).

I potenziali meccanismi alla base dell'insorgenza di malattie cardiovascolari, associata al consumo di alimenti ultra-lavorati, non è sempre chiaro, e il legame causa-effetto non sempre diretto, ma è il risultato di meccanismi diversi e cumulati nel tempo. Gli UPF sono nutrizionalmente sbilanciati, energeticamente molto densi, ricchi di sale, zuccheri e grassi trans. Queste caratteristiche, nel complesso, predispongono ad uno stato di obesità, che già di per se rappresenta un fattore scatenante per altre patologie metaboliche e cardiocircolatorie.

Per identificare altri meccanismi è opportuno valutare le singole molecole presenti nell'alimento, e gli effetti noti sulla salute:

- Livelli elevati di zuccheri, che oltre a predisporre l'organismo a stati infiammatori per via del carico glicemico, sono responsabili di risposte neurali, che provocano dipendenza, creando un circolo vizioso che provoca assunzione di cibo maggiore rispetto al fabbisogno;
- Prodotti di glicazione, sono composti derivati dal glucosio, che ritroviamo in grandi quantità nelle bevande zuccherate e negli snack dolci, che sono responsabili di stress ossidativo, con conseguente accelerazione di malattie cardiovascolari;
- Composti chimici aggiunti o rilasciati dagli imballaggi, presentati nel capitolo 2, ne esistono di diversi generi e tipologie con effetti vari.

Un esempio sono gli emulsionanti che in quantità eccessiva e con assunzione cronica, provocano alterazioni del microbiota;

- Idrocarburi policiclici aromatici, sono molecole che si generano durante i processi termici e produttivi, ad esempio l'acrilammide e l'acroleina. E' stata dimostrata l'associazione positiva soprattutto nell'insorgenza dell'ipertensione;

²¹ *Diabete gestazionale*: tipico delle donne in gravidanza, rappresenta una grave complicanza e mette a rischio la gravidanza.

- Scarsità di fibre, questi alimenti infatti vengono prodotti con ingredienti raffinati a cui viene eliminata la fibra alimentare.

Questo impoverimento di fibra rende l'alimento scadente a livello nutrizionale, e, a lungo andare, provoca alterazioni nel microbiota, che, come visto in precedenza può avere importanti ripercussioni sulla salute (Wang et al., 2022);

- Minor biodisponibilità dei nutrienti, questo fenomeno si contrappone alla maggior quantità energetica, rendendo tali alimenti scadenti a livello nutrizionale, aumentando le carenze nella popolazione;
- Alti livelli di sodio, presente nel sale, che ha ripercussioni sulla volemia, aumentandola, con conseguente aumento della pressione arteriosa e rischio di ictus, infarto e insufficienza renale;
- Alti livelli di fosforo, a causa dell'utilizzo degli additivi a base di fosfato, provocano disfunzioni a livello ormonale, provocando aumento di secrezione di ormone paratiroideo e ormone della crescita dei fibroblasti.

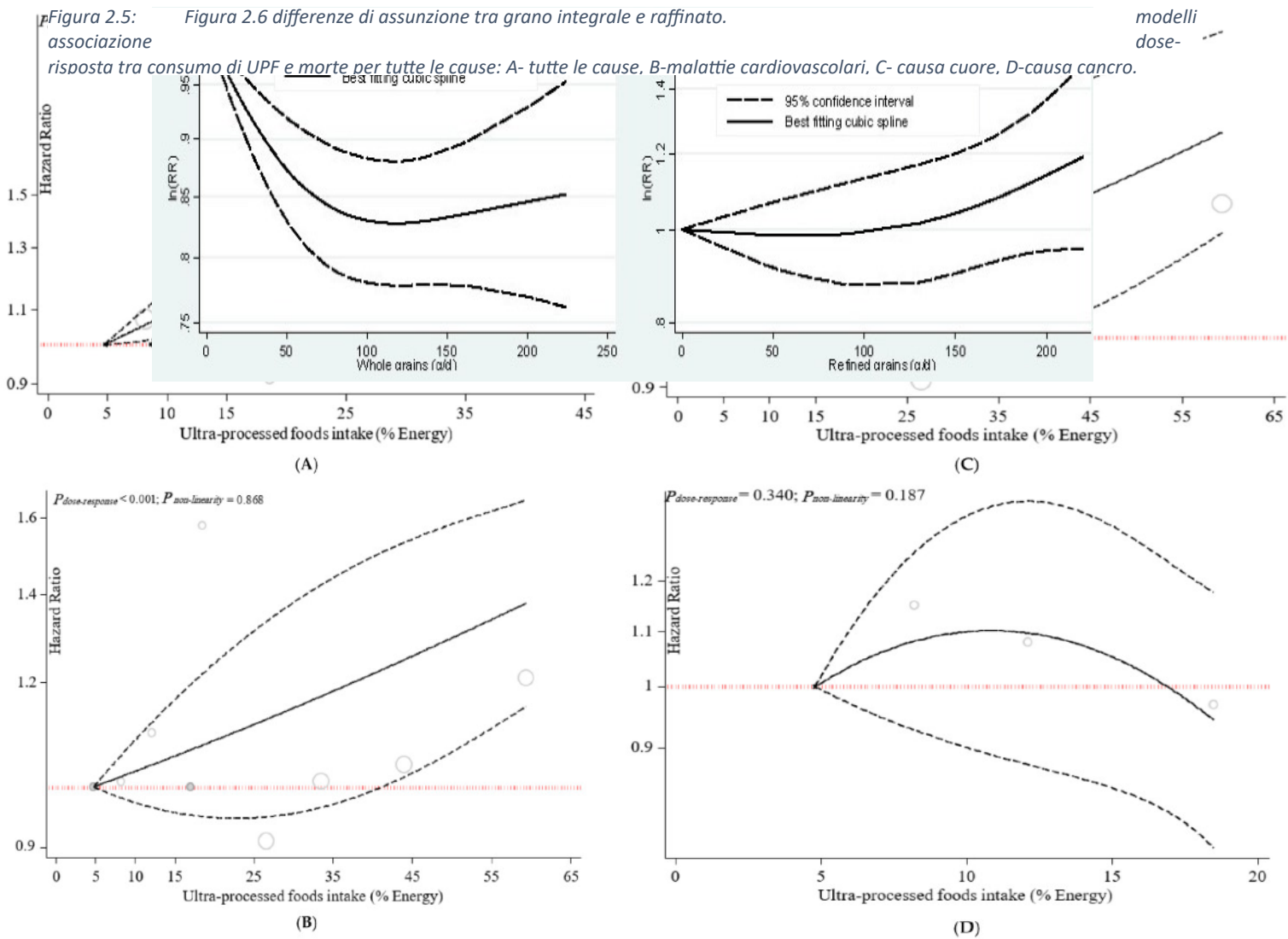
Entrambi questi ormoni, se prodotti in eccesso provocano calcificazione arteriosa, inoltre sono promotori di uno stato ossidativo (Juul et al., 2021).

2.3 Associazione tra consumo e mortalità

Nel mondo, più del 50% dei decessi è causato da malattie cardiovascolari e tumori; diversi studi e conseguenti linee guida hanno dimostrato l'impatto rilevante della dieta nell'esito di tali patologie.

I dati presenti in questo articolo sono estratti da una revisione sistematica e metanalisi di sette studi di coorte, nel complesso vi sono 207.291 partecipanti, di etnie diverse e maggiore età. I risultati sono chiari, ed è evidente la correlazione tra assunzione di alimenti ultra-lavorati e mortalità; nello specifico i dati mostrano che ad ogni aumento del 10% delle calorie, date da assunzione di tali alimenti, vi è un aumento del 15% di mortalità per tutte le cause. Come rappresentato in figura, si può notare che tra le cause non è stato dimostrato un aumento dell'insorgenza di cancro, bensì l'aumento di mortalità è a carico del sistema cardiovascolare (Suksatan et al., 2021).

Un modello dietetico basato sull'assunzione di ottimali quantità di frutta, verdura, legumi, noci, cereali integrali e oli vegetali e basso consumo di carni rosse e ultra-lavorate, è correlato a una riduzione del rischio di mortalità.



Nello specifico un'ulteriore revisione sistematica in cui complessivamente sono coinvolti 111.594 soggetti, ha effettuato un confronto tra la somministrazione di vari gruppi alimentari, tra cui i precedentemente citati cereali integrali. Lo studio ha preso in considerazione un'assunzione di cereali integrali confrontati a cereali raffinati (tipici degli UPF) a vari intervalli di assunzione giornaliera. I risultati hanno evidenziato un'associazione con malattie coronariche, ad assunzioni ottimali, negativa nel caso dei cereali integrali e positiva per i raffinati (Wang et al., 2022).

Capitolo 3. La prevenzione

3.1 Cos'è la prevenzione

Per prevenzione si intende una serie di strategie e azioni utili a ridurre i rischi di morbilità²², mortalità o gli effetti di una determinata patologia (profilassi).

La prevenzione è interesse del singolo ma anche della collettività: del singolo perché riduce i casi di malattia e sofferenza fisica, della collettività in quanto il minor numero di casi patologici riduce la spesa pubblica per le cure.

Essa si divide in quattro livelli:

- Prevenzione Primaria, si applica al soggetto sano, privo di patologie, per evitare l'insorgenza delle stesse; include le vaccinazioni, lo stile di vita in generale (dieta e attività fisica) e il mantenimento delle condizioni igieniche ottimali. L'obiettivo è quello di conservare lo stato di benessere;
- Prevenzione Secondaria, si applica al soggetto malato, al fine di diagnosticare la patologia prima che essa si manifesti, in modo da intervenire in maniera tempestiva; tale prevenzione, quindi, non evita l'insorgenza ma riduce la mortalità migliorando gli esiti della malattia. Di tale prevenzione fanno parte gli screening come il controllo della pressione arteriosa, analisi del sangue o anche la mappatura dei nei;
- Prevenzione Terziaria, si applica al soggetto malato, nella fase di decorso della malattia; l'obiettivo è quello di ridurre gli effetti della stessa velocizzare la guarigione o evitare complicanze. Di essa fanno parte la riabilitazione e la terapia farmacologica.
- Prevenzione Quaternaria o della ipermedicalizzazione, consiste nell'evitare trattamenti medici non necessari o aggressivi che possono peggiorare le condizioni cliniche del soggetto. Tale prevenzione deve essere attuata in parte dal medico e in parte dal soggetto (Lisa A. Kisling, 2022).

²² *Morbilità*: numero percentuale di insorgenza di una data malattia.

Per applicare la prevenzione primaria è fondamentale la valutazione dei fattori di rischio, ovvero le azioni che, ripetute nel tempo aumentano statisticamente l'insorgenza di patologie.

I fattori di rischio si dividono in modificabili e non modificabili, i primi sono dovuti a scelte effettuate nel tempo, essenzialmente legati allo stile di vita, i secondi sono quelli sui quali non è possibile agire direttamente.

Riferendosi alle malattie cardiovascolari i principali fattori di rischio non modificabili sono:

- Genetica e ereditarietà
- Età;
- Predisposizione legata al sesso
- Fattori ambientali.

I modificabili invece sono:

- Fumo di sigaretta;
- Sedentarietà;
- Dieta scorretta;
- Ipertensione;
- Iperglicemia;
- Alti livelli di colesterolo LDL;
- Alto IMC;

I fattori legati allo stile alimentare, comprendono gli effetti avversi derivati dal sottoconsumo (frutta, verdura, legumi, cereali integrali, noci e semi, latte, fibre, calcio, acidi grassi omega-3 dei frutti di mare, e acidi grassi polinsaturi) e consumati in eccesso (bevande zuccherate, carni trasformate, acidi grassi trans, sodio e carni rosse).

Le malattie cardiovascolari legate a pratiche alimentari scorrette conta 7,94 milioni di decessi annuali e 188 milioni di DALY²³ annuali associati a YLL²⁴ E YLD²⁵.

²³ DALY: acronimo di Disability-adjusted Life Year, indica la malattia o la gravità.

²⁴ YLL: Years of Life Lost, anni di vita persi.

²⁵ YLD: Years lived with disability, anni vissuti con disabilità.

Il tutto il mondo i DALY A
raggiunge il picco tra i 55
e i 70 anni, con picco di
decessi negli uomini a 80
anni.

Si riscontrano inoltre
variazioni percentuali
nell'insorgenza di
malattie in aree
geografiche differenti,
date da quantità di
alimenti consumati e
diversa esposizione.

Interessi economici verso
i cibi malsani hanno reso
interventi politici, volti a
ridurre il consumo di
zuccheri, sale e grassi
trans, poco impattanti sui

dati di mortalità e morbilità. Altro fattore determinante è il non accesso a frutta,
verdura e cereali integrali in alcuni paesi (Roth et al., 2020).

Dal 1990 al 2019, la popolazione affetta da ipertensione arteriosa è aumentata da
2,18 miliardi a 4,06 miliardi, per ipertensione arteriosa si intende un valore di
pressione sistolica superiore a 140 mmHg. Tale patologia colpisce 9 adulti su 10 e
rappresenta un fattore di rischio di morte e DALY (Roth et al., 2020).

Le linee guida del CREA indicano il quantitativo massimo di sale da assumere al
giorno per evitare o ridurre l'insorgenza di tale condizione, ovvero 5 grammi.
(CREA, 2017).

Per Iperglicemia si intende una condizione in cui i livelli di glucosio ematico, a
digiuno, sono compresi tra 100 e 125 mg/dl. Il numero di decessi dovuti a tale
condizione sono aumentati da 2,91 milioni nel 1990 a 6,50 milioni nel 2019, tali
valori sono direttamente collegati all'insorgenza di diabete, soprattutto se collegati a
obesità e apporto calorico elevato (Roth et al., 2020). Le linee guida indicano, per
ridurre l'iperiglicemia, l'assunzione di zuccheri semplici nei limiti del 10-15%
dell'apporto calorico giornaliero (CREA, 2017).

L'alto indice di massa corporea (IMC), superiore a 30, determina la condizione di
obesità. Esso peggiora la maggior parte dei fattori di rischio legati a patologie
cardiovascolari, tra cui pressione arteriosa, glicemia, alto valore di lipidi nel sangue e

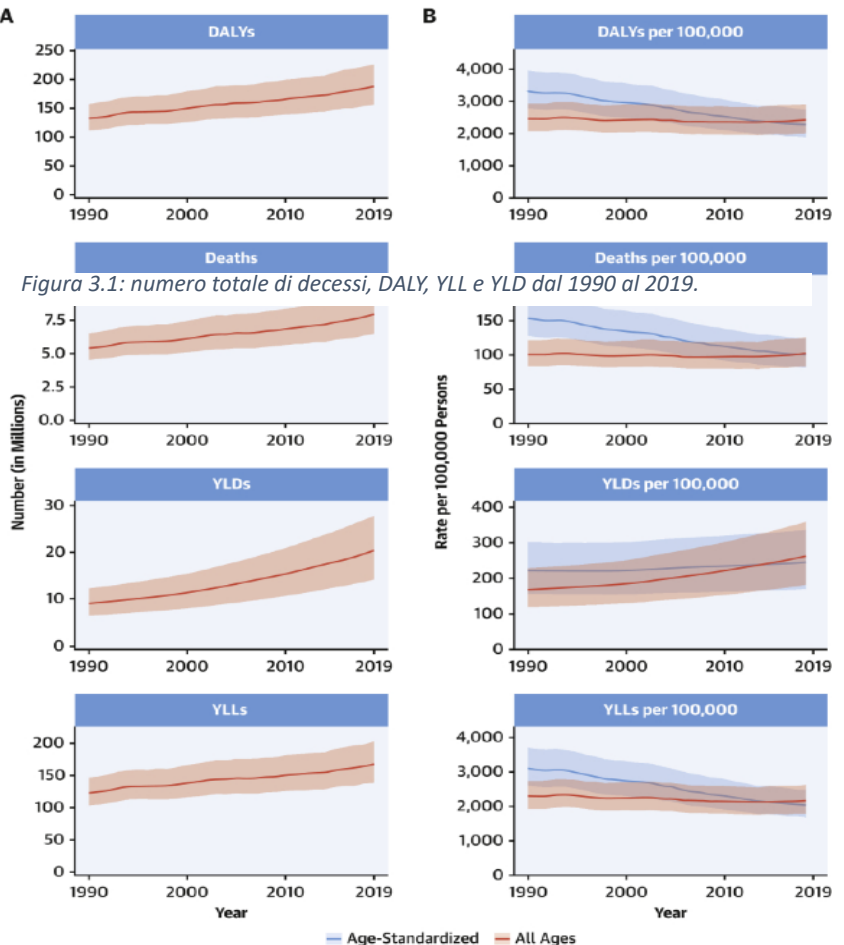


Figura 3.1: numero totale di decessi, DALY, YLL e YLD dal 1990 al 2019.

infiammazioni. Nel 2019 nel mondo, i decessi dovuti all'obesità sono stati 5,02 milioni. La prevenzione per ridurre tale condizione è soprattutto rivolta alla riduzione dell'assunzione calorica, degli zuccheri semplici e la promozione dell'attività fisica (Roth et al., 2020).

Le concentrazioni lipidiche plasmatiche sono fortemente influenzate dalla qualità e quantità dei grassi assunti con la dieta, c'è consenso scientifico sull'impatto che hanno i grassi trans e idrogenati presenti negli alimenti ultra-lavorati; inoltre, la ricerca suggerisce vi sia un effetto anche dei carboidrati semplici, e dal loro grado di lavorazione. La prevenzione primaria, quindi, consiste nel ridurre gli alimenti contenenti grassi trasformati e un alto tenore di zuccheri semplice, prediligendo fonti vegetali e integrali (Juul et al., 2021).

La sedentarietà rappresenta uno dei fattori di rischio cardiovascolari principali, di conseguenza una regolare attività fisica è il primo mezzo di prevenzione.

Ippocrate²⁶ affermava che:

«Camminare è la migliore medicina dell'uomo»

Gli ultimi studi hanno evidenziato un meccanismo d'azione che lega l'attività fisica agli effetti benefici sull'apparato cardiovascolare, ovvero la produzione di Ossido Nitrico (NO). Tale molecola viene prodotta in tre isoforme, ovvero:

- Endoteliale (eNOS)
- Neuronale (nNOS)
- Inducibile (iNOS)

In particolare, l'eNOS prodotta in abbondanza dalle cellule endoteliali²⁷, durante l'attività fisica, è responsabile di vasodilatazione; il risultato di tale vasodilatazione è una riduzione della resistenza dei vasi e della perfusione²⁸ dei vari tessuti. Un altro potenziale meccanismo d'azione è legato alla composizione del miocardio stesso, infatti, si è visto a seguito di autopsie di soggetti allenati una maggior sezione del ventricolo sinistro, che di conseguenza migliora la funzionalità cardiaca generale e la gittata sistolica. L'esercizio fisico quindi rappresenta una delle forme principali di prevenzione, gli studi indicano che i benefici sono evidenti solo se mantenuti nell'intero arco della vita, e anche se vi sono patologie pregresse o preesistenti (Ciumărnean et al., 2021).

²⁶ *Ippocrate*: medico, considerato padre della medicina scientifica.

²⁷ *Cellule endoteliali*: cellule presenti nella parte interna dei vasi sanguigni e del cuore.

²⁸ *Perfusione*: afflusso di sangue.

3.2 La dieta mediterranea

La dieta mediterranea presa in esame rispecchia le abitudini alimentari delle comunità dei paesi mediterranei, nei primi anni '60; essa è espressione di culture e storia che si rispecchia in grande eterogeneità degli ingredienti, delle preparazioni l'origine degli alimenti e la loro stagionalità (Rees et al., 2019).

Viene osservata per la prima volta da Ancel Keys, in Italia meridionale e Grecia, in cui egli constatò una minor mortalità rispetto a realtà maggiormente industrializzate. Inizialmente la dieta mediterranea non veniva descritta con quantità di assunzione degli alimenti, ma solo in linea generale, negli ultimi decenni gli svariati studi hanno cercato di identificare le porzioni assunte ma anche i meccanismi responsabili della minor insorgenza di malattie (Tosti et al., 2018).

Tale stile alimentare si compone di due punti cardine ovvero:

- Alto consumo di grassi con rapporto fortemente sbilanciato a favore dei mono e polinsaturi, la fonte principale è l'olio d'oliva (spremuta a freddo) e, occasionalmente frutta secca a guscio;
- Elevato consumo di alimenti di origine vegetale, tra cui verdura, legumi e frutta.

Questi due punti sembrano essere i più influenti e benefici rispetto alle patologie cardiovascolari.

E' importante ricordare, seppur meno influenti, le altre quattro componenti che sono:

- Elevato consumo di cereali integrali;
- Basso o moderato consumo di vino rosso;
- Buon consumo di pesce e basso consumo di carni rosse e bianche;
- Moderato consumo di latte e derivati dello stesso, a favore di latticini freschi o poco stagionati (Rees et al., 2019).

I modelli di dieta mediterranea moderni prendo in considerazione 16 paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo, che, seppur con preparazioni e stili di vita diversi, mantengono una serie di caratteristiche ritenute fondamentali negli studi condotti.

La pasta è la principale fonte di glucidi assunta in Italia, mentre in Francia e Spagna lo è il riso; infatti, non è importante il singolo alimento bensì il complesso dei macro e micro nutrienti assunti giornalmente. Inoltre, non si parla solo di assunzione di cibo, bensì del *Mediterranean-lifestyle*, ovvero delle abitudini psicosociali, l'alta presenza di attività fisica, ma anche, ad esempio, il riposo nelle ore successive al pranzo sembra essere rilevante ai fini salutistici.

Per rendere il tutto maggiormente comprensibile è stata sviluppata una piramide della dieta mediterranea moderna, che tiene conto anche delle abitudini comportamentali attuali.



Figura 3.2: piramide alimentare moderna.

Tutti gli studi presi in esami mostrano una diminuzione graduale ma costante, dell'aderenza al modello originale, andando statisticamente ad aumentare l'insorgenza di malattie come diabete, ipertensione e ipercolesterolemia. Questo anche per via del maggior fumo e minor attività fisica²⁹ (Tuttolomondo et al., 2019).

L'aderenza, negli studi epidemiologici, viene misurata tramite questionario al fine di compilare scale specifiche, il punteggio utilizzato è compreso tra 0 e 10. I risultati dei vari alimenti/nutrienti vengono poi sommati per ottenere l'aderenza del soggetto preso in esame. Queste scale forniscono un mezzo operativo per indicare l'aderenza alla dieta mediterranea, tuttavia negli studi vi è anche un approccio sperimentale, con somministrazione diretta (Corella et al., 2018).

3.2.1 Dieta mediterranea e ipertensione

Le linee guida della Società Europea di Cardiologia, indicano che, per prevenire l'ipertensione è opportuno intervenire sullo stile di vita; in particolare, tramite la moderazione di alcol e sale, con aumento di consumo di frutta, verdura e grassi vegetali. E' chiaro quindi che il modello mediterraneo sia il più indicato per la prevenzione primaria e secondaria (Rees et al., 2019).

Nei vari studi sono stati evidenziati diversi meccanismi tra cui:

- Riduzione dei livelli di mediatori di ossidazione, come le oxLDL e proteina C reattiva in associazione con consumo di oli ricchi di polifenoli; questi mediatori se presenti sono in grado di attivare il sistema renina-angiotensina³⁰, con trasformazione di angiotensina 1 in angiotensina 2³¹, che stimola la vasocostrizione. Vasocostrizione che, riducendo il lume dei vasi provoca l'aumento della pressione arteriosa
- Modifica di conformazione delle membrane cellulari, infatti diversi studi hanno dimostrato che la trioleina³², contenuto nell'olio EVO, ha la peculiarità

²⁹ Attività fisica: si intende non solo lo sport ma la quantità di movimenti effettuati nell'arco della giornata, ad esempio spostamenti a piedi rispetto a veicoli, o lavori manuali rispetto a lavori da ufficio.

³⁰ *Sistema renina-angiotensina*: meccanismo ormonale che, tramite secrezione ormonale regola la pressione.

³¹ *Angiotensina*: ormone peptidico.

³² *Trioleina*: trigliceride che si forma con l'esterificazione del glicerolo con tre unità di acido oleico.

di modificare positivamente le quantità di cis-MUFA nelle membrane, che risulta importante nella regolazione pressoria (Tuttolomondo et al., 2019).

Lo studio Predimed, ha evidenziato che, la somministrazione di dieta mediterranea, ha comportato la diminuzione della pressione sistole e diastolica; inoltre vi è stato l'aumento di produzione di ossido nitrico plasmatico (Corella et al., 2018).

3.2.2 *Dieta mediterranea e diabete*

Diversi studi clinici, hanno evidenziato che, la somministrazione di alte quantità di verdura, frutta e acidi grassi monoinsaturi, provoca la riduzione di insulino-resistenza; questo meccanismo è fondamentale nella prevenzione e il trattamento del diabete. Un altro risultato importante è stato ottenuto tramite somministrazione di olio d'oliva in un pasto con alto carico glicemico, si è visto l'aumento delle quantità di HDL-C³³ e GLP-1³⁴, associato alla riduzione plasmatica di insulina e glucosio nella fase postprandiale³⁵, effetto opposto rispetto allo stesso pasto senza somministrazione di grassi monoinsaturi.

Un sottostudio, svolto in soggetti sovrappeso e obesi, ha dimostrato che, l'aderenza alla dieta mediterranea ha provocato miglior sensibilità insulinica ed un miglioramento della composizione corporea.

Gli studi sono concorsi nell'affermare che i MUFA³⁶ hanno effetti opposti rispetto ad acidi grassi saturi e carboidrati (Tuttolomondo et al., 2019).

3.2.3 *Dieta mediterranea e livelli lipidici*

L'aterosclerosi è la prima causa di malattie cardiovascolari, questa si genera tramite l'accumulo di colesterolo LDL nella frazione sub endoteliale dei grandi vasi, che, oltre alla riduzione del lume innesca processi infiammatori.

Questi processi sono mediati da monociti che una volta raggiunta la sede dell'accumulo diventano cellule schiumose, contribuendo all'aumento della dimensione dell'occlusione.

³³ *HDL-C*: colesterolo associato a proteine, viene considerato protettivo perché preleva il colesterolo in eccesso per riportarlo al fegato.

³⁴ *GLP-1*: ormone prodotto dall'intestino che stimola la secrezione di insulina.

³⁵ *Postprandiale*: locuzione che indica, dopo il pranzo.

³⁶ *MUFA*: acidi grassi monoinsaturi.

Un minor livello di LDL circolante e di infiammazione contrasta direttamente tale fenomeno, questo si ottiene tramite dieta mediterranea tramite vari meccanismi:

- L'alto consumo di fibre solubili, presenti in frutta e legumi, ha mostrato in diversi studi randomizzati, una riduzione dei livelli plasmatici di LDL. Mediamente ogni grammo comporta una riduzione di 1.12 mg/L di LDL; questo perché avviene una riduzione di assorbimento a livello intestinale e conseguente minor assorbimento epatico;
- I carotenoidi (licopene, zeaxantina, β -carotene, luteina, capsorubina, ecc.) contenuti in frutta e verdura, hanno effetti antiossidanti e, oltre ad essere coinvolti nei processi immunitari, provocano riduzione dei livelli di LDL;
- I fitosteroli presenti negli oli vegetali, nei cereali e nella frutta a guscio provocano la riduzione di LDL pari al 5% ogni grammo al giorno;
- Il coenzima Q10 o Ubichinone, contenuto in frutta e verdura hanno importante effetto antiossidante, questo, presente a livello mitocondriale condivide parte della via di biosintesi di colesterolo, riducendone la produzione (LDL);
- Gli acidi grassi Ω -3 e Ω -6 contenuti negli oli vegetali e frutta secca, tramite vari studi, sono correlati ad una riduzione dell'adiposità viscerale, con conseguente minor infiammazione sistemica (Tuttolomondo et al., 2019).

3.2.4 Dieta mediterranea e infiammazioni

L'infiammazione ha un effetto cruciale nella patogenesi dell'aterosclerosi e la disfunzione endoteliale. Una dieta con buone quantità di acidi grassi insaturi dati da olio d'oliva e frutta a guscio, è stata dimostrata importante nel controllo delle risposte infiammatorie; diversi studi infatti evidenziano l'interazione con i livelli plasmatici di proteina C³⁷ e la molecola di adesione cellulare Vcam-1³⁸, inoltre si è vista una riduzione a tre mesi di IL-6³⁹ e dell'espressione di CD49d⁴⁰.

³⁷ *Proteina C*: proteina plasmatica che aumenta in caso di processi infiammatori.

³⁸ *Vcam-1*: fa parte delle immunoglobuline Cam, che hanno funzione di accumulare leucociti nel sito dell'infiammazione.

³⁹ *IL-6*: interleuchina 6, mediatore infiammatorio che interviene anche negli stati febbrili e risposte acute.

⁴⁰ *CD49d*: molecola di adesione cellulare, che permettono l'accumulo di leucociti nel sito dell'infiammazione.

Entrambi questi processi associano, quindi, la dieta mediterranea a un minor stato infiammatorio sistemico, che, mediato da specifiche molecole provocano l'attivazione del sistema immunitario con il risultato di aumentare la crescita della placca aterosclerotica, con conseguenti maggiori rischi cardiovascolari (Tuttolomondo et al., 2019).

Capitolo 4. Gli alimenti ultra-lavorati

4.1 Introduzione

Come spiegato dagli esperti della Harvard Medical School⁴¹, il cibo è considerato non lavorato o minimamente lavorato quando è integro, che esiste in natura, o ha subito solo alcune modifiche rispetto al suo stato originale, eventualmente vengono apportate piccole modifiche per renderlo idoneo al consumo umano. Carote, mele, pollo crudo sono solo alcuni esempi.

⁴¹ *Harvard Medical School*: dipartimento dell'Università di Harvard sita a Boston (U.S.A.).

un'attenta lettura della lista degli ingredienti, è possibile notare un numero spropositato di ingredienti, tale da renderlo un Ultra-processato.

Tramite la classificazione NOVA⁴⁵ e nutri-score⁴⁶ è possibile classificare rispettivamente il grado di lavorazione e la salubrità di un alimento, rispetto alla lavorazione.

Figura 4.1: Etichetta di un prodotto ultra-processato.

Soprattutto il Nutri-score può diventare un importante ausilio per il consumatore al momento dell'acquisto, essendo un indicatore rapido e immediato presente in etichetta.

4.2 Classificazione Nova e Nutri-score

La definizione di Ultra Processed Food (UPF) è stata coniata da Carlos Monteiro, professore di nutrizione e salute pubblica all'Università di San Paolo in Brasile. Egli osservò (tramite analisi statistica), che, pur diminuendo la vendita al dettaglio di zucchero, i tassi di diabete di tipo due e obesità stavano comunque aumentando nel Paese.

Monteiro analizzò quindi da quali alimenti la popolazione brasiliana attingeva a zuccheri e grassi, scoprendo che questi venivano assunti soprattutto tramite UPF, accomunati dall'alto grado di lavorazione (Pagliai et al., 2021).

Per lavorazione si intende la modifica delle caratteristiche nutrizionali⁴⁷, fisiche⁴⁸ e chimiche⁴⁹.

Essa può influenzare in modo importante le qualità di un alimento e di conseguenza ciò che avviene a livello fisiologico dopo l'assunzione,



Figura 4.2: Riassunto delle OU.

il processo di produzione può essere visto come l'insieme di più operazioni unitarie (Juul et al., 2021).

Come si evince dall'immagine in alto le OU⁵⁰ si dividono in:

- Trattamenti di conservazione, che comprendono tutti i trattamenti termici;
- Trattamenti di trasformazione, che comprendono operazioni meccaniche, con applicazione o rimozione di pressione, trattamenti chimici e enzimatici.

NOVA è un sistema di classificazione basato appunto sul grado di lavorazione, e prevede la divisione in 4 gruppi o classi:

Gruppo 1 - Alimenti non processati o minimamente processati

Riguarda i cibi destinati al consumo da fresco, ma anche sottoposti a processi semplici di conservazione come refrigerazione, congelamento, essiccazione e fermentazione (non alcolica). In questo gruppo non sono presenti cibi con aggiunta di sale, zuccheri, grassi o additivi.

Gruppo 2 - Ingredienti

Si tratta di prodotti destinati ad essere aggiunti ad alimenti del primo gruppo, come oli vegetali, grassi animali, miele e sale. Inoltre, fanno parte degli ingredienti gli additivi. Secondo la definizione dell'EFSA⁵¹ :

«Gli additivi alimentari sono sostanze deliberatamente aggiunte ai prodotti alimentari per svolgere determinate funzioni tecnologiche, ad esempio per colorare, dolcificare o conservare»

In Europa, tutti gli additivi devono essere indicati in etichetta con un numero preceduto dalla lettera E, in base a tipologia e funzione.

Si articolano nel seguente modo:

- E 100-199 Coloranti, utilizzati per pigmentare;

⁵⁰ OU: operazioni unitarie, ovvero le singole fasi in cui può essere scomposto un processo.

⁵¹ EFSA: European Food and Safety Authority, Autorità Europea che si occupa di fornire pareri scientifici a Commissione e Parlamento Europeo.

- E 200-299 Conservanti, utilizzati per aumentare la conservabilità rallentando o bloccando reazioni degradative.

A questa categoria appartengono l'acido benzoico e i sali come sodio, potassio e calcio, vengono definiti conservanti antimicrobici perché inibiscono la loro propagazione, bloccando il ciclo dell'acido citrico della fosforilazione ossidativa;

- E 300-399 Antiossidanti, impediscono reazioni di irrancidimento dei grassi o imbrunimenti della frutta, e sono l'acido ascorbico, il BHA⁵² e il BHT⁵³. Molto importante la valutazione dell'alimento e le condizioni di conservazione per la scelta dell'antiossidante adeguato;
- E 400-499 Addensanti, Emulsionanti e Stabilizzanti, utilizzati per migliorare le caratteristiche fisiche;
- E 500-599 Regolatori di acidità, agiscono direttamente sul Ph;
- E 600-699 Esaltatori di sapidità, utilizzati per migliorare le qualità sensoriali, come edulcoranti, glutammato⁵⁴ o miscele aromatizzanti;
- E 900-999 Agenti ausiliari, come i gas da imballaggio che permettono di creare ambienti sfavorevoli all'interno del packaging, riducendo le reazioni degradative;
- E 1000-1999 Sostanze non presenti nelle classi precedenti, come i coadiuvanti tecnologici, utilizzati nella trasformazione ma non presente nell'alimento finito (come il lievito nei prodotti da forno).

È importante conoscere la natura, cioè l'origine, di un additivo; essa, infatti, può essere di tre tipi:

- **Naturale**, cioè ricavata da specie vegetali, animali o minerali, ad esempio il colorante Rosso E120 ricavato dalla cocciniglia⁵⁵;
- **Naturale ma modificati**, ricavati da specie presenti in natura, ma tramite sintesi chimica;
- **Prodotti in laboratorio** (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 442–445).

⁵² *BHA*: acronimo di butilidrossianisolo.

⁵³ *BHT*: acronimo di butilidrossitoluene.

⁵⁴ *Glutammato*: utilizzato per aumentare la percezione del gusto umami.

⁵⁵ *Cocciniglia*: insetto appartenente alla famiglia delle coccoidea, che si trova prevalentemente nelle foglie di cactus.

Gruppo 3 – Alimenti Lavorati

Comprende cibi del *Gruppo 1* con aggiunta di ingredienti come grassi vegetali, sale o alcuni additivi (solo con azione antiossidante e antimicrobica). Inoltre, possono essere stati sottoposti a cottura, conservazione e fermentazione non alcolica.

Sono generalmente prodotti semplici, con 2 o 3 ingredienti, come legumi in scatola, frutta secca, pesce in scatola, formaggi e prodotti da forno.

Gruppo 4 – Alimenti Ultra-lavorati

Si tratta di prodotti industriali, formati da più di cinque ingredienti, che possono essere di diversa natura; infatti, è possibile trovare costituenti direttamente ricavati da alimenti come oli, proteine del siero o caseine, oppure dall'ulteriore trasformazione di tali elementi, ad esempio i grassi idrogenati o esterificati.

I grassi idrogenati sono prodotti tramite idrogenazione catalitica di oli vegetali, presenti in natura liquidi (a temperatura ambiente), per renderli solidi. Solitamente tale processo prevede l'utilizzo di temperature di 120-210 °C e di un catalizzatore come nichel o rame, che, unito all'idrogeno, permette la riduzione parziale dei doppi legami Carbonio-Carbonio (tipici dei grassi mono e polinsaturi) in legami singoli (tipici dei grassi saturi). Dal

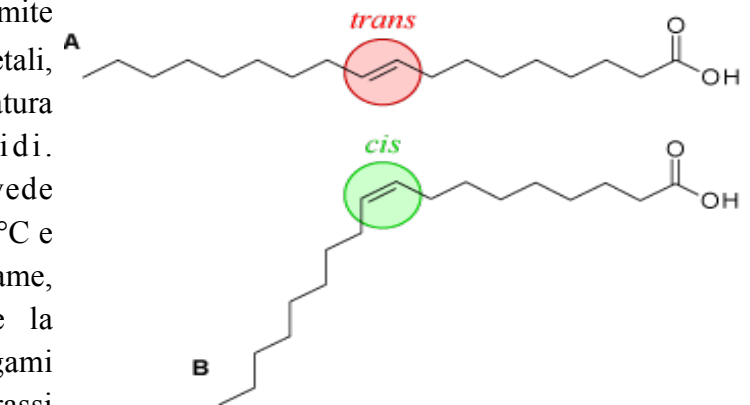


Figura 4.3: Differenza tra catene di acidi grassi Trans e Cis.

processo di idrogenazione si ottiene la margarina, che ha dei vantaggi a livello di consistenza rispetto agli oli di partenza ed è comunque più economica del burro (*La chimica e gli alimenti*, 2019, p. 167).

La problematica principale dei grassi idrogenati è la formazione di Grassi Trans, secondo le linee guida CREA⁵⁶ essi sono:

«Molecole di Acidi Grassi che sono generate, come prodotti collaterali nei processi-chimico-fisici» «Tali composti hanno effetti negativi sulla salute umana»

Nel *Gruppo 4* sono presenti additivi non presenti negli alimenti del *Gruppo 3* cioè:

⁵⁶ CREA: acronimo del Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria.

Coloranti, Esaltatori di sapidità, edulcoranti, addensanti, emulsionanti⁵⁷, umettanti⁵⁸ e coadiuvanti tecnologici⁵⁹.

I processi di lavorazione degli alimenti ultra-processati includono sia lavorazioni tipiche di una cucina domestica, come cottura e conservazione, ma anche processi industriali come la sterilizzazione ad alte temperature, la stabilizzazione tramite aggiunta di conservanti o la pigmentazione tramite coloranti.

Esempi concreti di questi alimenti sono la maggior parte dei piatti precotti o da scaldare come: torte, biscotti, hot dog, pizze surgelate, estratti di carne o anche bibite gassate.

L'obiettivo dell'industria è quello di far raggiungere al consumatore il “*Bliss Point*”, ovvero il punto di massima beatitudine.

Il Bliss point viene teorizzato per la prima volta negli anni 90 dallo psicofisico Howard Moskowitz, il quale si accorse che uno specifico mix di sale, zuccheri e grassi all'interno di un alimento fosse in grado di stimolare la produzione di dopamina⁶⁰. La dopamina, tra le tante funzioni fisiologiche, è legata al piacere e alla ricompensa dati, ad esempio, dal sesso o artificialmente dalle droghe. Inoltre, Moskowitz vide che nelle giuste quantità questo mix fosse in grado di alterare le capacità percettive delle papille gustative, in modo così marcato da non percepire il reale sapore di un alimento. Fu una scoperta molto importante per l'industria, in quanto permise di aumentare le vendite tramite la dipendenza indotta dal cibo, quasi paragonabile a quella causata dalle droghe (Onaolapo & Onaolapo, 2018).

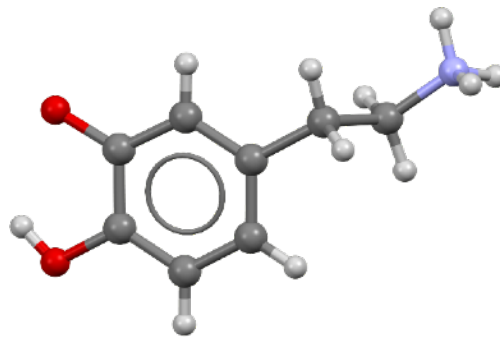


Figura 4.4: Molecola di Dopamina.

Com'è facilmente intuibile, la ricerca industriale del bliss point, per via delle maggiori quantità di sale, zuccheri e grassi ha ridotto fortemente le qualità e salubrità dei prodotti, a favore delle vendite.

Le ragioni del successo di tali prodotti sono essenzialmente tre:

⁵⁷ Emulsionanti: sostanze in grado di stabilizzare un'emulsione (Olio in acqua o Acqua in olio)

⁵⁸ *Umiettanti*: additivi che regolano l'attività dell'acqua (Aw) oltre alla consistenza del prodotto finito.

⁵⁹ *Coadiuvanti Tecnologici*: sostanze aggiunte in fase di lavorazione per modificare le caratteristiche del prodotto ma che non si ritrovano nell'alimento finito (ad esempio il lievito nella panificazione).

⁶⁰ *Dopamina*: è un neurotrasmettitore, prodotto in diverse aree del cervello come amigdala, gangli della base e telencefalo.

- Strategie di marketing aggressivo, soprattutto nei confronti di bambini e adolescenti, basti pensare alla pubblicità fatta dai grandi marchi di fastfood, oppure ai packaging attraenti che si trovano negli scaffali della GDO⁶¹;
- Appetibilità, creata attraverso lo studio del Bliss Point;
- Velocità e facilità di preparazione.

Al gruppo 4, inoltre, non appartengono solo preparazioni con più di 5 ingredienti, ma anche qualsiasi alimento del gruppo 1 con aggiunta di elementi di sintesi chimica con finalità estetiche o sensoriali, come ad esempio yogurt bianco con aggiunta di aromi artificiali, o preparazioni da forno semplici come il pane con emulsionanti e esaltatori di sapidità.

La fermentazione alcolica⁶² viene classificata come processo industriale, per cui tutti i prodotti ottenuti da tale processo come birra, vino e superalcolici vengono inseriti in questo gruppo.

Il Nutri-score a differenza del NOVA, oltre ad essere un sistema di classificazione è anche un sistema di etichettatura, che permette al consumatore di effettuare la scelta del prodotto in base ad una serie di parametri.

Il Nutri-score è un bollo che viene apposto sulle confezioni degli alimenti che ne indica le qualità nutrizionali con punteggi da A a E, oltre a una scala cromatica dal verde al rosso. Venne sviluppato da un gruppo di ricercatori francesi dell'EREN⁶³ nel 2013, con la pubblicazione di un rapporto sull'importanza di tale classificazione per guidare e sensibilizzare ad una scelta consapevole il consumatore.

L'algoritmo effettua la classificazione valutando i seguenti parametri:

- Attributi negativi: energia (Kcal), zuccheri, grassi saturi e sodio;
- Attributi positivi: fibre, proteine, frutta e verdura e presenza di frutta secca.



Figura 4.5: Bolli Nutri-score.

⁶¹ GDO: acronimo di grande distribuzione organizzata.

⁶² Fermentazione alcolica: processo ad opera di lieviti, in condizioni di assenza di ossigeno in cui il glucosio viene degradato in etanolo (alcol).

⁶³ EREN: acronimo di Equipe de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle.

Tale sistema è entrato in vigore in Francia nel 2016 e in Belgio e Spagna nel 2018, mentre nel resto dei Paesi Ue (tra cui anche l'Italia) ha incontrato molte resistenze, soprattutto da parte di produttori di alimenti ultra-lavorati insieme a Coldiretti⁶⁴.

Il portavoce di questa battaglia è un'importante azienda alimentare italiana, che vede i suoi prodotti di punta contrassegnati dalle lettere D e E, per via delle quantità di grassi saturi e zuccheri.

La classificazione Nutri-score da sola ha comunque dei limiti, basti pensare alle bevande 0⁶⁵ che seppur avendo livelli energetici bassissimi e pochi zuccheri (sostituiti da edulcoranti), esse fanno comunque parte degli alimenti ultra-lavorati.

Secondo il quotidiano “*Il Fatto Alimentare*” vi è la necessità di un sistema standardizzato basato sul Nutri-score basato sulle qualità nutrizionali, ma associato alla classificazione NOVA basata sul grado di lavorazione.

4.3 Le modifiche chimico-fisiche

La trasformazione degli alimenti induce cambiamenti di tipo chimico-fisico, le quali hanno ripercussioni sulla salute del consumatore, differenti rispetto al corrispettivo alimento integrale (Juul et al., 2021).

Quando si parla di alimenti bisogna valutarne i singoli costituenti; il loro profilo nutrizionale è composto essenzialmente da:

I Macronutrienti, ovvero proteine, carboidrati, lipidi e acqua;

È presente il prefisso “macro” in quanto essi sono necessari per la vita nell'ordine di grammi al giorno (ad eccezione dell'acqua), oltre ad avere funzione energetica e strutturale.

Le Proteine, o protidi, sono polimeri⁶⁶ composti da amminoacidi, tra loro legati da legami peptidici. Il gruppo amminico (NH₂) di un amminoacido va a formare un legame con il gruppo carbossilico (COOH) del successivo.

Una proteina si distingue da un'altra in base al numero di amminoacidi e alla tipologia.

⁶⁴ *Coldiretti*: confederazione nazionale coltivatori diretti.

⁶⁵ *Bevande 0*: bevande senza zuccheri e pochissime calorie.

⁶⁶ *Polimero*: formati da più elementi detti monomeri.

Durante i processi digestivi le proteine vengono scomposte in catene più semplici o nei singoli amminoacidi dalle proteasi⁶⁷. Queste unità tramite il circolo ematico⁶⁸ raggiungono i diversi tessuti per poi essere riassemblate in proteine specifiche dai ribosomi, nel processo di sintesi proteica. Alcuni amminoacidi che troviamo negli alimenti sono definiti “essenziali”, perché l’organismo umano non riesce a sintetizzarli autonomamente e quindi è necessario introdurli dall’esterno. Gli amminoacidi essenziali sono otto, maggiore è la loro presenza e integrità, maggiore è il valore biologico delle proteine presenti nei cibi.

I processi di trasformazione provocano reazioni chimiche che vanno ad intaccare il profilo proteico; dunque, le proteine all’interno dell’alimento saranno meno biodisponibili⁶⁹. La maggior parte degli amminoacidi sono sensibili alle alte temperature, le reazioni risultanti sono:

- Reazione di Maillard, si verifica tra l’amminoacido lisina e il glucosio, questi andranno a formare un complesso non riconoscibile dagli enzimi digestivi e di conseguenza non saranno più disponibili all’organismo. Oltre a perdere la lisina questi complessi formati andranno ad ostacolare la digestione dell’intera proteina;
- Formazione di isozeptidi, che si verifica tra le catene R della lisina e di altri amminoacidi, con formazione di legami crociati atipici, non riconosciuti dagli enzimi digestivi;
- Disidratazione (serina), ovvero la disidratazione⁷⁰ dell’amminoacido serina, che, formando un doppio legame, si trasforma in deidroalanina, che non ha alcun valore dal punto di vista nutrizionale.



-Racemizzazione, la quale avviene se il trattamento

Figura 4.6: Strutture di serina e deidroalanina.

⁶⁷ *Proteasi*: detti anche peptidasi, sono classi di enzimi in grado di tagliare i legami peptidici.

⁶⁸ *Circolo ematico*: flusso sanguigno.

⁶⁹ *Biodisponibilità*: la frazione di nutrienti che l’organismo è in grado di assorbire e rendere “disponibili” nei vari processi fisiologici.

⁷⁰ *Disidratazione*: reazione chimica, in cui vi è la perdita di una molecola d’acqua (H₂O).

termico è associato a pH fortemente basici o acidi. Si tratta di una modifica di configurazione spaziale⁷¹ degli amminoacidi, normalmente in configurazione L, che passano ad una miscela di configurazioni (circa il 50%) di L e D.

Tutte queste reazioni hanno la conseguenza di depauperare il profilo proteico dell'alimento, impoverendolo (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 173–184).

I Carboidrati, o glucidi, sono composti organici formati da carbonio, idrogeno e ossigeno. Rappresentano la fonte primaria di energia per l'uomo. Vengono classificati in base al numero di unità fondamentali di cui sono composte, rispettivamente in:

- Monosaccaridi, unità fondamentale, la cui struttura è composta da uno scheletro lineare di carbonio (da tre a otto atomi), legata ad un gruppo aldeidico o chetonico.
- Oligosaccaridi, formati da due a dieci unità, molecole classificate in base alle tipologie di unità e al numero da cui sono composti. Gli oligosaccaridi di maggior interesse alimentare sono: i disaccaridi (due unità), come saccarosio, maltosio, lattosio, e i trisaccaridi (tre unità) come il raffinosio, presente nei legumi.
- Polisaccaridi, formati da più di dieci unità, con una struttura che può essere lineare o ramificata; se formati dalla ripetizione della stessa unità vengono definiti omopolisaccaridi altrimenti eteropolisaccaridi. Essi si trovano in natura sia da fonti animali (glicogeno, chitina) sia da fonti vegetali (amido, cellulosa ed emicellulosa). La classe più importante è rappresentata dai polisaccaridi di origine vegetale, in particolare l'amido che una volta idrolizzato dagli enzimi digestivi, rappresenta la prima fonte di glucosio per l'organismo; cellulosa ed emicellulosa, conosciuti anche come *fibra alimentare*, non sono digeribili dagli enzimi umani ma comunque fondamentali per la salute.

La Fibra alimentare si divide in solubile (presente in maggior quantità nella frutta) e insolubile (presente in maggior quantità nei cereali integrali, ortaggi e verdura a foglia). Essi sono benefici a livello fisiologico, tra cui lo stimolo alla peristalsi⁷², riduzione del colesterolo ematico, controllo della glicemia e conseguente minor risposta insulinica.

La maggior parte delle reazioni degradative, che coinvolgono i carboidrati sono determinate da alte temperature e pH estremi. Sono:

⁷¹ *Configurazione spaziale*: indica la disposizione spaziale dei legami di una molecola.

⁷² *Peristalsi*: complesso di contrazioni intestinali, che permettono il transito e l'espulsione dai dotti escretori.

- Trasformazione di Lobry de Bruyn – Alberda van Eckerstein, è una reazione favorita da ambienti basici⁷³ e si tratta della trasformazione di uno zucchero aldoso (con gruppo aldeidico) in chetoso. Nello specifico si forma una miscela di zuccheri chetosi e aldosi.
- Reazione di Maillard, consiste in una serie di reazioni favorite da ambiente acido che avvengono durante un trattamento tecnico. Avvengono tra uno zucchero e un amminoacido con formazione di composti diversi, responsabili di aroma e sapori peculiari. Se il trattamento è abbastanza spinto si formano molecole come l'acrilammide e l'idrossimetilfurfurale. Secondo il Ministero della Salute: «L'acrilammide e la glicidammide, suo metabolita, sono genotossiche e cancerogene».
- Degradazione di Strecker, responsabile dell'aroma di prodotti cotti, il quale durante un processo termico avviene tra composti dicarbonilici e amminoacidi liberi. Si possono ottenere venti aldeidi differenti (come il numero di amminoacidi esistenti), se il trattamento termico risulta troppo spinto si ottiene l'imbrunimento dell'alimento. Sia gli zuccheri che gli amminoacidi coinvolti non sono più biodisponibili.
- Caramellizzazione, processo non enzimatico di degradazione termica e ossidativa. Si verifica una serie di reazioni che terminano con la formazione di composti volatili per polimerizzazione. Nel caso del saccarosio, si formano caramellana, caramellene e caramellino. Come nel caso della Maillard con alte temperature e lunghi tempi si formano i furani, cioè molecole potenzialmente tossiche (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 213–242).

I Lipidi sono un gruppo eterogeneo di molecole, che svolgono funzioni fondamentali a livello fisiologico. Sono classificati in:

- Lipidi di deposito, che hanno funzione di riserva energetica e trasporto, di questa classe fanno parte i trigliceridi⁷⁴.
- Lipidi cellulari, che compongono strutture delle cellule come la membrana, di questa classe fanno parte i fosfolipidi⁷⁵ e i glicolipidi⁷⁶.
- Lipidi bioattivi, gruppo che svolge funzioni biologiche rilevanti come riconoscimento intercellulari, immunità e ormoni.

⁷³ Ambiente basico: con Ph maggiore di sette.

⁷⁴ Trigliceridi: molecola formata da un atomo di glicerolo legato a tre catene di acidi grassi.

⁷⁵ Fosfolipidi: gruppo fosfato legato a due catene di acidi grassi.

⁷⁶ Glicolipidi: molecole formate da carboidrati e acidi grassi.

Le catene di acidi grassi che costituiscono le molecole lipidiche sono formate da una serie di atomi di carbonio, legati da doppi o singoli legami.

Se la catena ha solo legami singoli si parla di acidi grassi saturi, tipici degli alimenti di origine animale e che solitamente si trovano in natura allo stato solido (a temperatura ambiente).

Se la catena ha anche legami doppi (detti punti di insaturazione) si parla di acidi grassi insaturi, tipici di alimenti di origine vegetale, che si trovano in natura in forma liquida (a temperatura ambiente).

Tra i lipidi, i trigliceridi costituiscono le molecole di maggior interesse alimentare, i quali sono ottenuti dall'esterificazione⁷⁷ del glicerolo con tre acidi grassi. Se gli acidi grassi sono uguali si ottiene un trigliceride semplice, altrimenti misto.

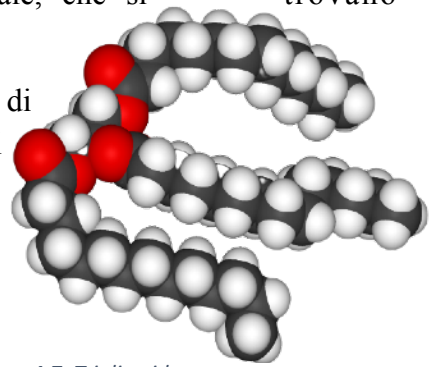


Figura 4.7: Trigliceride.

Le reazioni degradative che avvengono durante i processi produttivi alimentari sono:

- La lipolisi, che consiste nell'idrolisi fatta da catalizzatori acidi, basici o enzimatici. Tale reazione se controllata è fondamentale per la produzione di specifici alimenti come i lattiero-caseari tramite le lipasi⁷⁸. Avviene la liberazione di acidi grassi a corta catena che contribuiscono all'aroma del prodotto finale. Un eccesso di acidi grassi a corta catena provoca note organolettiche sgradevoli, di rancido.
- L'autossidazione, si compone di tre fasi: iniziazione, propagazione e terminazione.

Nella fase di iniziazione, un radicale libero reagisce con un acido grasso generando un radicale alchilico.

Nella fase di propagazione, il radicale alchilico reagisce con l'ossigeno formando un radicale perossido e un nuovo radicale alchilico.

Nella fase di terminazione, le due specie radicaliche reagiscono tra loro a dare una specie non radicalica, un idroperossido. L'autossidazione può ulteriormente proseguire fino a generare prodotti volatili (aldeidi, alcoli e chetoni) e non volatili polimerici.

I prodotti non volatili polimerici si formano in caso di prolungata esposizione all'ossigeno e alle alte temperature, essi sono responsabili della formazione di schiume negli oli da frittura.

⁷⁷ Esterificazione: reazione di condensazione tra un alcool e un acido.

⁷⁸ Lipasi: enzimi che idrolizzano i lipidi.

- Fotossidazione, reazione in cui per effetto di radiazioni luminose, l'ossigeno tripletto (forma stabile dell'ossigeno) si eccita a formare l'ossigeno singoletto (forma radicalica, instabile). L'ossigeno singoletto avendo un orbitale vuoto che cerca di riempire, effettua un attacco nucleofilo al carbonio del doppio legame dell'acido grasso, formando un idroperossido.

Maggiori sono i punti di insaturazione più sono favorite le reazioni di ossidazioni, per cui i grassi saturi risultano più stabili (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 125–138).

I grassi possono essere utilizzati anche come mezzo di cottura, questo è il caso della frittura.

La frittura consiste nell'immersione dell'alimento totale o parziale in un grasso riscaldato (a temperatura variabile), si utilizzano grassi sia di origine animale che vegetale. I grassi non hanno resistenza termica uguale, e nel caso di frittura di utilizza il parametro del "punto di fumo", esso indica la temperatura al di sopra della quale vi è maggiore degradazione e ossidazione. La reazione che maggiormente rende la frittura un metodo di cottura non consigliato è la scissione del glicerolo e la successiva disidratazione, che porta alla formazione di acroleina. L'acroleina è una molecola epatotossica⁷⁹ e altamente irritante per la mucosa gastrica (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 163–164).

In industria vengono utilizzati antiossidanti (E300-399) per rallentare le reazioni precedentemente descritte. Vengono classificati in base al meccanismo d'azione in:

- Scavenger di radicali, ha la funzione di sequestrare radicali andando a bloccare la fase di propagazione dell'autossidazione;
- Sequestratori di Ossigeno singoletto, sono solitamente molecole del gruppo dei carotenoidi (β -carotene e licopene) che reagiscono con l'ossigeno singoletto per dare ossigeno tripletto a più bassa energia eccitandosi.

Il carotenoide eccitato reagisce nuovamente con l'ossigeno tripletto, tornando allo stato normale, liberando calore;

- Chelanti di metalli, sono molecole che legano gli ioni metallici, evitando che essi agiscano da catalizzatori di reazione, si tratta solitamente di polifenoli⁸⁰.

Gli antiossidanti possono essere estratti direttamente da alimenti presenti in natura come l'eugenolo (chiodi di garofano), carnosolo (rosmarino) e vitamina E (germe del grano) oppure di sintesi come il BHA (usato nelle patatine a sacchetto e nelle gomme da masticare) o BHT (usato nelle carni conservate) (*La chimica e gli alimenti*, 2019, p. 451).

⁷⁹ Epatotossica: la tossicità è a carico del fegato, composto da cellule dette epatociti.

⁸⁰ Polifenoli: più di 5000 molecole, largamente presenti nel regno vegetale.

Oltre a reazioni non volute come le ossidazioni possono essere modificate delle specie lipidi per ragioni produttive ed economiche come nel caso della transesterificazione.

La transesterificazione è un processo che modifica la distribuzione delle catene di acidi grassi nel trigliceride, non si va quindi ad alterare la composizione ma solo la posizione. Avviene la rottura del legame dei legami tramite catalizzatori chimici (metossido di sodio) o enzimatici (lipasi). Questo processo viene utilizzato per ottenere grassi spalmabili da oli vegetali, il risultato sarà diverso in base al catalizzatore utilizzato e l'ambiente di reazione.

I Micronutrienti, cioè vitamine e minerali;

Sono necessari in quantità inferiore (nell'ordine di milligrammi al giorno), e non hanno funzione energetica; nonostante ciò, non sono meno importanti dei macronutrienti, in quanto ricoprono funzioni fondamentali nella regolazione di migliaia di reazioni fisiologiche.

Le vitamine sono molecole che rendono possibili alcuni processi fondamentali per la vita stessa. Vengono classificate in base alla loro solubilità in:

- Idrosolubili, che hanno caratteristiche polari e sono le vitamine del gruppo B e la vitamina C.

- Liposolubili, con caratteristiche apolari e sono le vitamine A, D, E e K.

La **B1** o tiamina, è costituita da un anello pirimidico⁸¹ legato tramite ponte metilenico ad un anello tiazolico⁸².

Essa agisce da coenzima⁸³ catalizzando reazioni di decarbossilazione ossidativa di α -chetoacidi. La carenza di tale vitamina provoca la Beri-beri, ovvero una malattia neurodegenerativa che provoca atrofia muscolare.

È stabile ai trattamenti termici sia ad alte che a basse temperature (tuttavia in fase di scongelamento può fuoriuscire con i liquidi essendo idrosolubile), ma si decompone esposta ai raggi UV, è dunque fotosensibile.

La **B2** o riboflavina, composta da flavina⁸⁴ legata ad una molecola di ribitolo⁸⁵, il suo ruolo fisiologico è quello di partecipare alle redox, come la conversione del succinato a fumarato. I sintomi da carenza sono diversi, dal rallentamento della crescita a disturbi oculari e cutanei.

⁸¹ *Anello pirimidinico*: anello eterociclico azotato.

⁸² *Anello tiazolico*: anello composto da tre atomi di carbonio, uno di azoto e uno di zolfo.

⁸³ *Coenzima*: sostanza che legandosi ad una proteina forma un enzima.

⁸⁴ *Flavina*: composto azotato a tre anelli.

⁸⁵ *Ribitolo*: alditolo derivato dalla riduzione del ribosio, un monosaccaride.

È termostabile in ambiente acido, termolabile in ambiente basico e si decompone esposta ai raggi UV. Non vi sono perdite quindi nei processi di pastorizzazione e sterilizzazione ma vi sono in caso di essiccamento al sole dell'alimento.

La B3 o niacina, non è essenziale l'assunzione tramite dieta ma consigliata, perché viene sintetizzata dall'organismo a partire dal triptofano, anche se l'efficienza di conversione è bassa. La malattia tipica della carenza è la pellagra, che provoca deficit cognitivi ed eruzioni cutanee.

E' resistente ai trattamenti termici, all'ossidazione e agli ambienti con Ph estremi, durante i processi alimentari non viene degradata.

La B5 o acido pantotenico, è costituito da una molecola di acido pantoico legata alla beta-alanina (un amminoacido). Il ruolo fisiologico è quello di prendere parte a diverse reazioni metaboliche di condensazione e addizione nucleofila, partecipa inoltre all'ossidazione e sintesi di acidi grassi. La sua carenza è improbabile per via della presenza in svariati alimenti.

Durante i processi alimentari è stabile alle variazioni di temperatura ma viene degradata da Ph lontani dalla neutralità.

La B6 esiste in tre forme biologicamente attive derivate dalla piridina cioè piridossina (alcol), piridossale (aldeide) e piridossamina (ammina). Il suo ruolo fisiologico e la partecipazione a reazioni di transaminazione, cioè la decomposizione di amminoacidi in ammine primarie. La sua carenza provoca problemi nervosi, debolezza e insonnia.

È stabile ad ambienti acidi, ai trattamenti termici e all'esposizione alla luce; Si degrada in presenza di ambienti alcalini.

La B8 o biotina, è costituita da un anello imidazolico⁸⁶ legato ad un anello tiofenico⁸⁷ a formare una struttura eterociclica.

È un cofattore enzimatico coinvolto nella decarbossilazione risultando fondamentale in processi come biosintesi di acidi grassi e gluconeogenesi. La sua carenza è molto rara perché presente in abbondanza negli alimenti da varia origine.

È stabile in ambienti acidi ma si degrada e ossida in quelli alcalini oltre ad essere sensibile ai trattamenti termici. Gli antiossidanti ne aumentano molto la stabilità.

La B9 o acido folico, si forma dall'unione di tre molecole, 6-metilpterina, acido p-aminobenzoico e acido glutammico. Il ruolo fisiologico della B9 è quello di

⁸⁶ *Anello imidazolico*: anello formato da cinque atomi tra cui carbonio, azoto e idrogeno.

⁸⁷ *Anello tiofenico*: anello formato da cinque atomi tra cui carbonio e zolfo.

partecipare al trasferimento di unità carboniose, alla biosintesi delle purine⁸⁸, alla conversione di glicina/serina e omocisteina/metionina⁸⁹.

La B12 o cianocobalamina, è costituita da un complesso ottaedrico dello ione cobalto legato ad un anello tetrapirrolico⁹⁰. Il suo ruolo fisiologico è quello da fungere da coenzima nelle reazioni di metilazione e riarrangiamento intramolecolare, oltre a partecipare alla biosintesi degli acidi desossiribonucleici (DNA). Una carenza può provocare anemia perniziosa.

È stabile a Ph estremi ed alle alte temperature.

La C o acido ascorbico, ha una struttura simile agli zuccheri composta da sei atomi di carbonio. Il suo ruolo fisiologico è quello di agire da scavenger di radicali, andando a reagire con molecole radicaliche formando specie più stabili, non radicaliche. Questa reazione blocca la fase di propagazione dell'ossidazione, rappresenta inoltre un importante agente riducente, come nel caso del Fe³⁺ a Fe²⁺, questo ne permette l'assorbimento a livello intestinale rafforzando il sistema immunitario. Una sua carenza può provocare lo scorbuto con conseguenti emorragie, debolezza e perdita di appetito.

Durante i processi produttivi risulta stabile in ambienti acidi ma si degradi durante le fasi di conservazione e trasformazione di alimenti. È utilizzata come additivo antiossidante con la sigla E300.

Tutte le vitamine idrosolubili inoltre sono soggette a dilavamento⁹¹ se l'alimento viene cotto o lavorato in acqua, per via delle caratteristiche di solubilità (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 106–121).

La A o retinolo, è un alcol composto da un anello β-ionone⁹² legato ad una coda alifatica.

I ruoli fisiologici del retinolo sono vari:

- Coinvolta nella risposta immunitaria, una sua carenza infatti espone l'organismo ad infezioni;
- Necessaria nel processo di emopoiesi, ovvero la differenziazione degli elementi corpuscolati del sangue;
- Agisce da sequestratore di radicali, legando l'ossigeno singoletto.

⁸⁸ *Purine*: basi azotate presenti negli acidi nucleici.

⁸⁹ *Glicina/serina e omocisteina/metionina*: sono amminoacidi.

⁹⁰ *Anello tetrapirrolico*: detta *corrina*, formato da quattro anello pirrolici e tre ponti metilici.

⁹¹ *Dilavamento*: azione di rimozione di una sostanza attuata dall'acqua.

⁹² *Anello β-ionone*: chetone insaturo.

La vitamina A, si trova prevalentemente negli alimenti di origine animale mentre nelle specie vegetale si trovano i soli precursori, i carotenoidi.

La D, per convenzione si considera la D3 o colecalciferolo, ma in realtà esistono cinque forme con stessa attività biologica. È scarsamente presente negli alimenti, ma viene sintetizzata tramite esposizione ai raggi UV.

Infatti, la carenza è presente soprattutto nelle regioni del nord Italia. Il ruolo fisiologico della vitamina D è legato allo sviluppo osseo e del sistema immunitario.

Durante le trasformazioni alimentari risulta resistente ai trattamenti termici e a Ph estremi ma si degrada con l'esposizione ai raggi UV.

La E o tocoferolo/tocotrienolo, è composta da un anello cromen-6-olo legata ad una catena⁹³ alifatica, il fitile. Se la catena alifatica è composta da legami singoli (saturi) si parla di tocoferolo mentre se vi sono legami doppi (insaturi) avremo il tocotrienolo.

La forma maggiormente attiva a livello fisiologico è la prima. Il ruolo fisiologico della vitamina E è quello da agire da antiossidante, in particolare esso funge da scavenger di radicale perossido, formando con esso specie non radicaliche. Una eventuale carenza provoca disturbi a carico del sistema nervoso e metabolico.

Durante i processi alimentari risulta stabile a temperature e Ph estremi, ma si degrada a contatto con l'ossigeno e ione Fe³⁺.

La K, si forma dal menadione ed i suoi derivati, ne esistono quindi tre forme:

- K1 o filochinone, presente nelle specie di origine vegetale, fondamentale nei processi di coagulazione sanguigna;
- K2 o menachinone, di origine batterica, favorisce l'assorbimento intestinale e risulta fondamentale nei processi di sintesi e crescita ossea.
- K3 o menadione, di origine sintetica, utilizzato in farmaci che regolano i processi di coagulazione.

È un importante fattore di coagulazione del sangue perché contribuisce alla sintesi di proteine derivanti dall'acido glutammico.

È resistente all'ossigeno atmosferico e gli ambienti acidi, si degrada con l'esposizione al calore, la luce solare e agli ambienti alcalini (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 69–99).

I minerali, sono sostanze essenziali assunte attraverso di alimenti, non apportano energia ma sono comunque necessari per molte funzioni:

- Agiscono da cofattori enzimatici;
- Permettono il mantenimento delle condizioni chimico-fisico delle cellule;

⁹³ *Catena alifatica*: catena aperta di atomi di carbonio.

- Regolano la pressione osmotica e il grado di idratazione;
- Fondamentali per il trasferimento del potenziale elettrico;
- Attivano o inibiscono determinati enzimi;

Sono presenti negli alimenti in quantità variabile, nelle specie vegetali dipende dalla composizione dei terreni nelle specie animali dipende dall'alimentazione degli stessi.

La classificazione principale dei minerali viene effettuata in base al fabbisogno giornalieri e la concentrazione fisiologica, in:

Macroelementi, maggiormente presenti, ovvero calcio, fosforo, magnesio, sodio, potassio, cloro e zolfo.

Microelementi, presenti in quantità inferiore nell'organismo, ovvero ferro, zinco, selenio, manganese, rame, iodio, cobalto, litio, fluoro, silicio, molibdeno e nichel.

Tutti i minerali sono necessari per svolgere funzioni diverse, si parla quindi di assunzione giornaliera minima. Di contro se assunti in eccesso hanno un certo grado di tossicità, esiste quindi anche una soglia minima.

La biodisponibilità di un minerale è la quota di elementi realmente assorbiti, e dipende da molti fattori tra cui età, sesso, microflora⁹⁴ ma anche i processi subiti dall'alimento prima del consumo (*La chimica e gli alimenti*, 2019, pp. 47–53).

La lavorazione come abbiamo in precedenza può andare a depauperare il profilo nutrizionale dell'alimento, per ovviare a tale fenomeno l'industria può opportunamente intervenire per ripristinare la presenza di vitamine e minerali, tale processo viene definito fortificazione.

L'Istituto Superiore di Sanità definisce la fortificazione come:

«il processo attraverso il quale un nutriente e più generalmente un micronutriente, come una vitamina, un minerale o altri composti che hanno un effetto benefico sulla salute (per esempio: acidi grassi essenziali, fibra), vengono aggiunti a un prodotto alimentare per migliorarne la qualità nutrizionale e per aumentarne i livelli di assunzione nella popolazione».

Si divide in:

- Fortificazione obbligatoria, se viene imposto al produttore da specifiche norme, su proposta di esperti di un panel di esperti e valutazione rischi/benefici.
- Fortificazione volontaria, cioè appositamente effettuata dal produttore per migliorare le caratteristiche dell'alimento, promuovendone la vendita per i loro potenziali benefici salutistici.

⁹⁴ *Microflora*: flora batterica intestinale, che svolge funzioni di frammentazione e assorbimento dei nutrienti.

La fortificazione, quindi consiste nell'aggiungere un determinato elemento nutrizionale che l'alimento non contiene, per natura stessa o per i processi subiti.

L'arricchimento invece è l'aggiunta di sostanze già presenti nell'alimento, in modo da aumentarne le quantità.

Un esempio di alimento arricchito è il latte proteico, che pur contenendo naturalmente proteine viene addizionato a proteine del siero.

Spesso quando si parla di prodotti proteici, l'azienda non aggiunge proteine con il solo intento di aumentare il valore nutrizionale, ma anche per scopi di marketing. Questo avviene perché i consumatori associano erroneamente quantità maggiori di tale macronutriente in maggiori benefici per la salute.



Figura 4.8: Latte proteico.

Conclusioni

L'obiettivo di questa tesi era quello di dimostrare l'associazione che occorre tra l'assunzione di alimenti ultra-lavorati e la patogenesi di malattie cardiovascolari.

Nella parte iniziale sono state presentate le tipologie di alimenti, secondo la classificazione Nova e Nutriscore, ma anche le criticità a livello comunicativo degli stessi; vi è stata inoltre l'esposizione delle componenti essenziali degli alimenti e le modifiche che avvengono durante i vari processi produttivi. La lavorazione, infatti, comporta sia la perdita di biodisponibilità dei vari nutrienti, ma anche la formazione di molecole che interagiscono con i normali processi fisiologici.

Le malattie dell'apparato cardiovascolare rappresentano, nel mondo, la prima causa di morte.

L'insorgenza di tali patologie è in costante aumento e i dati presi in considerazione indicano il ruolo fondamentale della dieta. La comprensione dei potenziali meccanismi d'azione non è possibile senza la conoscenza anatomica e fisiologica dell'apparato cardiovascolare, e delle molecole presenti all'interno degli alimenti ultra-lavorati che interagiscono con esso; infatti, nel testo sono presentati entrambi gli aspetti.

Gli UPF sono nutrizionalmente sbilanciati, energeticamente molto densi, ricchi di sale, zuccheri e grassi, queste caratteristiche predispongono a lungo andare ad uno stato di obesità, determinando varie condizioni metaboliche e pro-infiammatorie.

Data l'importanza rappresentata dalla dieta e il ruolo preventivo che essa può avere, nella parte finale è stata analizzata la dieta mediterranea come riferimento di dieta bilanciata. La dieta mediterranea, tipica dei paesi che si affacciano sul Mar Mediterraneo, nei diversi studi presentati si è rivelata protettiva, per patologie cardiovascolari, ma non solo. Dagli studi esposti, maggiore è l'aderenza dei soggetti a tale regime alimentare, minore è l'insorgenza di diabete, di aterosclerosi e stati infiammatori. Inoltre, si è vista fondamentale anche in soggetti in cui la patologia si era già presentata, quindi utilizzata come prevenzione secondaria.

La letteratura attuale sostiene l'ipotesi inizialmente avanzata, infatti le indagini epidemiologiche e le ultime review dimostrano che vi siano meccanismi diretti e indiretti che determinano l'associazione positiva tra il consumo di UPF e sviluppo di malattie cardiovascolari. Tuttavia, vi sono delle criticità comuni a tutti gli studi presi in considerazione, che non permettono di spiegare tutti i meccanismi plausibili e che necessitano di ulteriori approfondimenti in futuro.

Fonti

- Barbatelli, G. (2020). *Anatomia umana: Fondamenti : con istituzioni di Istologia*. Edi-Ermes.
- Battineni, G., Sagaro, G. G., Chintalapudi, N., Amenta, F., Tomassoni, D., & Tayebati, S. K. (2021). Impact of Obesity-Induced Inflammation on Cardiovascular Diseases (CVD). *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4798. <https://doi.org/10.3390/ijms22094798>
- Chen, Y., Zhou, J., & Wang, L. (2021). Role and Mechanism of Gut Microbiota in Human Disease. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11, 625913. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.625913>
- Ciumărnean, L., Milaciu, M. V., Negrean, V., Orășan, O. H., Vesa, S. C., Sălăgean, O., Iluț, S., & Vlaicu, S. I. (2021). Cardiovascular Risk Factors and Physical Activity for the Prevention of Cardiovascular Diseases in the Elderly. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1), 207. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010207>
- Corella, D., Coltell, O., Macian, F., & Ordovás, J. M. (2018). Advances in Understanding the Molecular Basis of the Mediterranean Diet Effect. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9, 227–249. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032217-020802>
- CREA. (2017). *Linee Guida per una sana alimentazione*.
- Dalle Donne, I., & Beninati, S. (2019). *Citologia e istologia*. EdiSES.
- Ebrahimzadeh Leylabadlo, H., Sanaie, S., Sadeghpour Heravi, F., Ahmadian, Z., & Ghotaslou, R. (2020). From role of gut microbiota to microbial-based

- therapies in type 2-diabetes. *Infection, Genetics and Evolution: Journal of Molecular Epidemiology and Evolutionary Genetics in Infectious Diseases*, 81, 104268. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104268>
- Jonsson, A. L., & Bäckhed, F. (2017). Role of gut microbiota in atherosclerosis. *Nature Reviews. Cardiology*, 14(2), 79–87. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2016.183>
- Juul, F., Vaidean, G., & Parekh, N. (2021). Ultra-processed Foods and Cardiovascular Diseases: Potential Mechanisms of Action. *Advances in Nutrition (Bethesda, Md.)*, 12(5), 1673–1680. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab049>
- La chimica e gli alimenti: Nutrienti e aspetti nutraceutici.* (2019). CEA.
- Lisa A. Kisling, J. M. D. (2022). Strategie di prevenzione. *Strategie di prevenzione.* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537222/>
- Onaolapo, A. Y., & Onaolapo, O. J. (2018). Food additives, food and the concept of «food addiction»: Is stimulation of the brain reward circuit by food sufficient to trigger addiction? *Pathophysiology: The Official Journal of the International Society for Pathophysiology*, 25(4), 263–276. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2018.04.002>
- Pagliai, G., Dinu, M., Madarena, M. P., Bonaccio, M., Iacoviello, L., & Sofi, F. (2021). Consumption of ultra-processed foods and health status: A systematic review and meta-analysis. *The British Journal of Nutrition*, 125(3), 308–318. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002688>

- Rees, K., Takeda, A., Martin, N., Ellis, L., Wijesekara, D., Vepa, A., Das, A., Hartley, L., & Stranges, S. (2019). Mediterranean-style diet for the primary and secondary prevention of cardiovascular disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3(3), CD009825. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009825.pub3>
- Roth, G. A., Mensah, G. A., Johnson, C. O., Addolorato, G., Ammirati, E., Baddour, L. M., Barengo, N. C., Beaton, A. Z., Benjamin, E. J., Benziger, C. P., Bonny, A., Brauer, M., Brodmann, M., Cahill, T. J., Carapetis, J., Catapano, A. L., Chugh, S. S., Cooper, L. T., Coresh, J., ... GBD-NHLBI-JACC Global Burden of Cardiovascular Diseases Writing Group. (2020). Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study. *Journal of the American College of Cardiology*, 76(25), 2982–3021. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.11.010>
- Silverthorn, D. U. (2020). *Fisiologia umana: Un approccio integrato* (8. ed). Pearson.
- Suksatan, W., Moradi, S., Naeini, F., Bagheri, R., Mohammadi, H., Talebi, S., Mehrabani, S., Hojjati Kermani, M. A., & Suzuki, K. (2021). Ultra-Processed Food Consumption and Adult Mortality Risk: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of 207,291 Participants. *Nutrients*, 14(1), 174. <https://doi.org/10.3390/nu14010174>
- Swarup, S., Goyal, A., Grigorova, Y., & Zeltser, R. (2023). Metabolic Syndrome. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459248/>

- Tosti, V., Bertozzi, B., & Fontana, L. (2018). Health Benefits of the Mediterranean Diet: Metabolic and Molecular Mechanisms. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 73(3), 318–326. <https://doi.org/10.1093/gerona/glx227>
- Tuttolomondo, A., Simonetta, I., Daidone, M., Mogavero, A., Ortello, A., & Pinto, A. (2019). Metabolic and Vascular Effect of the Mediterranean Diet. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19), 4716. <https://doi.org/10.3390/ijms20194716>
- Wang, M., Du, X., Huang, W., & Xu, Y. (2022). Ultra-processed Foods Consumption Increases the Risk of Hypertension in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *American Journal of Hypertension*, 35(10), 892–901. <https://doi.org/10.1093/ajh/hpac069>