



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE E GEOLOGICHE

Corso di Laurea Magistrale in Didattica e Comunicazione delle Scienze

**RENDERE VISIBILE L'INVISIBILE:
Laboratorio sensoriale, molecole della vita e
educazione alimentare nella didattica delle scienze**

**Relatore
Prof. M. Antonio Todaro**

**Laureanda
Diana-Alexandra Ferenti**

**Correlatore
Prof.ssa Lisa Vezzosi**

Anno Accademico: 2024/2025

*A mia madre **Angela**, che da quattro anni è il mio angelo custode. Se oggi sono la donna che vedete, è grazie alla luce che hai saputo accendere in me: tutto ciò che sono lo devo a te.*

*Alle mie **figlie**, perché questo traguardo sia per voi un esempio vivente. Spero di insegnarvi che nella vita non bisogna mai arrendersi, nemmeno quando la salita si fa ripida. Ricordate sempre che con l'impegno, la costanza e il coraggio di non mollare, ogni traguardo è raggiungibile.*

*A tutte le **donne** che combattono battaglie difficili e silenziose: a voi dedico la forza di questo cammino.*

INDICE

1	INTRODUZIONE	1
1.1	Contesto e motivazione dello studio	1
1.2	Le molecole della vita: basi biochimiche	2
1.2.1	Carboidrati	8
1.2.2	Lipidi.....	11
1.2.3	Proteine	14
1.2.4	Acidi Nucleici	16
1.2.5	Acqua	18
1.3	Macro e microelementi: ruolo biologico e nutrizionale.....	19
1.3.1	Macroelementi	20
1.3.2	Microelementi.....	21
1.3.3	Vitamine.....	21
1.3.4	Prospettiva didattica integrata: l'esperienza laboratoriale.....	22
1.4	Educazione alimentare e cittadinanza scientifica.....	23
1.5	Originalità del contributo	24
1.6	Struttura della tesi	25
2	SCOPO DELLA TESI	26
2.1	Analisi del problema e necessità educativa.....	26
2.2	Razionale dello studio	26
2.3	Domanda di ricerca	27
2.4	Obiettivi della ricerca	27
2.5	Ipotesi sperimentali	28
2.6	Risultati attesi e ricadute didattiche	29
3	MATERIALI E METODI.....	30
3.1	Il campione: contesto scolastico e destinatari	30
3.1.1	Caratteristiche del gruppo classe	32
3.2	Progettazione del percorso didattico e fasi della ricerca	33
3.3	Materiali e schede operative.....	34
3.4	Articolazione del percorso laboratoriale	35
3.4.1	Focus nutrizionale: dalla Dieta Mediterranea alla "Dieta a Colori"	37
3.5	Strumenti di raccolta dati	39
3.6	Struttura dell'intervento.....	40
3.6.1	Osservazione guidata	40
3.6.2	Formulazione di ipotesi (Cooperativa)	41

3.6.3	Collegamento molecolare e sistematizzazione	42
3.6.4	Educazione civica e approfondimento nutrizionale.....	43
3.7	Metodologia di analisi dei dati	45
3.7.1	Analisi dei dati quantitativi.....	46
3.7.2	Analisi dei dati qualitativi.....	46
3.7.3	Sintesi.....	47
4	RISULTATI.....	48
4.1	Evoluzione delle competenze biochimiche: analisi dei test.....	48
4.1.1	Analisi statistica descrittiva: Medie e Deviazioni Standard	49
4.2	Cambiamenti nei processi cognitivi e negli atteggiamenti	54
4.2.1	Evidenze dell'osservazione sensoriale: casi studio in aula	55
5	DISCUSSIONE	57
5.1	Analisi critica dei risultati e implicazioni pedagogiche	57
5.2	La dimensione sensoriale e l'identità professionale degli studenti.....	58
5.3	Limiti dello studio e prospettive di ricerca	58
6	CONCLUSIONI	60
7	RINGRAZIAMENTI.....	62
8	BIBLIOGRAFIA	64
9	APPENDICI.....	67
9.1	Appendice A – Questionario pre-intervento.....	67
9.2	Appendice B – Questionario post-intervento	69
9.3	Appendice C – Questionario pre-intervento (versione semplificata DSA/BES) 71	
9.4	Appendice D – Questionario post-intervento (versione semplificata DSA/BES) 73	
9.5	Appendice E - Schede operative del laboratorio "Rendere visibile l'invisibile" 75	
9.6	Appendice F – Scheda di Osservazione Partecipante	78
9.7	Appendice G - Estratti dal diario di bordo	79

Abstract

Il presente lavoro di tesi scaturisce dall'esperienza di tirocinio svolta presso "I.I.S. L. Nobili" di Reggio Emilia, coinvolgendo le classi seconde dell'indirizzo Tecnico Moda. L'obiettivo centrale è indagare l'efficacia di un percorso didattico innovativo incentrato sulle "molecole della vita", integrando i fondamenti della biochimica con i temi dell'educazione alimentare e dei corretti stili di vita.

La scelta dell'argomento nasce dall'esigenza di rendere accessibili concetti biochimici complessi (biomolecole, polimeri, isomeri, carboidrati, lipidi, proteine, enzimi e acidi nucleici), a studenti non appartenenti a un indirizzo scientifico, promuovendo al contempo una consapevolezza critica sulle abitudini alimentari.

La metodologia ha previsto una fase diagnostica iniziale, test pre-intervento, seguita da attività laboratoriali di tipo sensoriale. In queste ultime, l'osservazione cromatica e organolettica degli alimenti è stata utilizzata come ponte cognitivo per connettere le proprietà macroscopiche dei nutrienti alla loro struttura molecolare.

Il percorso è stato realizzato alternando lezioni dialogate e momenti di riflessione metacognitiva e si è concluso con una valutazione finale, test post-intervento. L'analisi dei risultati evidenzia non solo un consolidamento delle conoscenze scientifiche, ma anche una maggiore capacità di correlare la composizione chimica delle sostanze alle funzioni biologiche e alla salute. È emersa, inoltre, una rielaborazione critica degli errori alimentari più comuni e una maggiore consapevolezza del legame tra dieta e attività fisica.

In definitiva, l'integrazione tra rigore scientifico, dimensione esperienziale e riflessione civica si è dimostrata efficace nel promuovere un apprendimento significativo e nello sviluppo di competenze di cittadinanza scientifica.

1 INTRODUZIONE

1.1 Contesto e motivazione dello studio

L'educazione scientifica nella scuola secondaria di secondo grado rappresenta, allo stato attuale, una sfida cruciale per il sistema educativo. L'obiettivo primario non si esaurisce nella mera trasmissione di conoscenze disciplinari, bensì si estende alla promozione di competenze critiche e di una solida consapevolezza scientifica, strumenti indispensabili per interpretare i complessi fenomeni della realtà contemporanea.

In tale cornice, l'educazione alimentare assume una rilevanza centrale. L'alimentazione, difatti, trascende la dimensione del semplice comportamento quotidiano, configurandosi come un ambito multidisciplinare in cui convergono istanze biologiche, sociali, culturali ed economiche. Per tale ragione, essa costituisce un terreno d'elezione per l'integrazione sinergica tra l'insegnamento delle scienze naturali, l'educazione alla salute e l'educazione civica.

Il presente lavoro di tesi trae origine dall'esperienza di tirocinio formativo condotta presso l'Istituto di Istruzione Superiore "L. Nobili" di Reggio Emilia, coinvolgendo le classi seconde dell'indirizzo Tecnico Moda, nel periodo compreso tra la metà di ottobre e la metà di dicembre 2025. La scelta di questa sede è stata dettata dalla collocazione dell'istituto in un tessuto economico e sociale estremamente dinamico: Reggio Emilia, polo d'eccellenza per l'innovazione tecnologica e la riqualificazione urbana (simboleggiata dall'area delle ex Officine Reggiane), esprime una realtà produttiva fondata sulla vitalità del settore meccanico e, in particolare, di quello tessile-moda. L'Istituto "L. Nobili", grazie ai solidi legami con le imprese locali e il mondo accademico, ha offerto l'opportunità di sperimentare approcci didattici innovativi all'interno di un curriculum non specialistico. Tale contesto ha offerto un'opportunità didattica di notevole interesse: declinare tematiche prettamente scientifiche all'interno di un curriculum non specialistico, valorizzando approcci di natura interdisciplinare e metodologie di apprendimento fondate sull'esperienza concreta.

Il progetto didattico ha posto al proprio centro il nucleo tematico relativo alle "molecole della vita", focalizzandosi in particolar modo sui macronutrienti e sui micronutrienti. I contenuti disciplinari sono stati progressivamente integrati con moduli di educazione civica, con il fine ultimo di sviluppare nei discenti una maggiore consapevolezza in merito alle proprie scelte alimentari e alla stretta correlazione intercorrente tra dieta e salute.

1.2 Le molecole della vita: basi biochimiche

L'architettura chimica fondamentale degli organismi viventi si basa su un insieme di composti organici e inorganici comunemente definiti "molecole della vita". Dal punto di vista biochimico, la materia vivente è costituita prevalentemente da macromolecole basate sullo scheletro del carbonio, le quali si organizzano in strutture di complessità crescente (Nelson & Cox, 2022). Tali biomolecole sono composti organici (ossia composti del carbonio) costituiti da catene di atomi di carbonio, dette *scheletri carboniosi*, che rappresentano la struttura di base di numerose molecole (Figure 1.1), e da gruppi funzionali, ovvero insiemi di atomi che conferiscono specifiche proprietà chimiche al composto in cui sono inseriti (Figura 1.2).

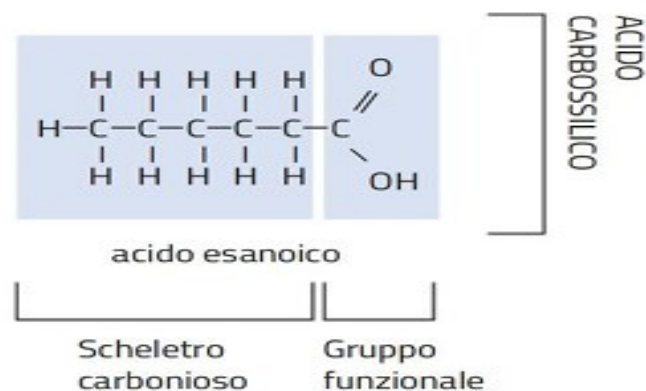


Figura 1.1 - Esempio di scheletro carbonioso lineare. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

Classe	Gruppo funzionale	Formula di struttura	Nome
alcoli	R-OH ossidrile	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	etanolo
eteri	R-O-R etere	$ \text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3 $	dimetiletere
aldeidi	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array} $ carbonile	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array} $	propanale
chetoni	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{R} \end{array} $ carbonile	$ \begin{array}{c} \text{H} \quad \text{O} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	propanone (acetone)
acidi carbossilici	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array} $ carbossile	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{C} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{O} \\ \quad \quad \\ \quad \quad \text{OH} \end{array} $	acido etanoico (acido acetico)
esteri	R-COO-R estere	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{C} \\ \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{O} \quad \text{CH}_3 \end{array} $	etanoato di metile (acetato di metile)
ammine	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{R}-\text{N}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} $ amminico	$ \begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{N}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array} $	metilammina
ammidi	$ \begin{array}{c} \text{R}-\text{C}-\text{N}-\text{R} \\ \quad \\ \text{O} \quad \text{H} \end{array} $ ammidico	$ \begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array} $	etanamide

Figura 1.2 - I gruppi funzionali più diffusi. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

Per descrivere correttamente le diverse classi di biomolecole è necessario considerare sia la formula bruta (Figura 1.3) sia la formula di struttura (Figura 1.4), poiché la disposizione degli atomi all'interno della molecola influenza le sue proprietà tanto quanto la sua composizione chimica (Berg et al., 2020).



Figura 1.3 - Metano – formula bruta.
Fonte: *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

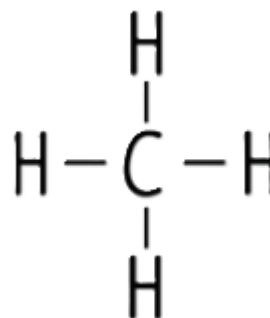


Figura 1.4 - Metano – formula di struttura.
Fonte: *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

Per lo studio delle biomolecole risulta quindi fondamentale conoscere i gruppi funzionali in esse presenti e saper interpretare le formule di struttura e i modelli molecolari, come quelli riportati nelle figure. In particolare, nel modello molecolare compatto (Figura.1.5) gli atomi sono rappresentati come sfere a contatto tra loro, orientate in modo da riflettere la reale disposizione nello spazio. Nel modello a sfere e bastoncini (Figura.1.6), invece, gli atomi risultano distanziati e collegati da bastoncini che rappresentano i legami chimici: tale rappresentazione non corrisponde esattamente alla realtà, ma consente di evidenziare con maggiore chiarezza la geometria dei legami (Campbell & Farrell, 2019).

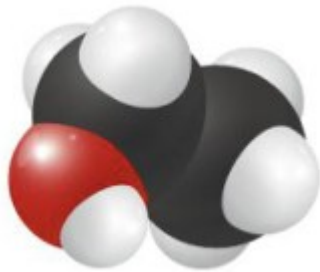


Figura 1.5 - Modello molecolare compatto.

Fonte: *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

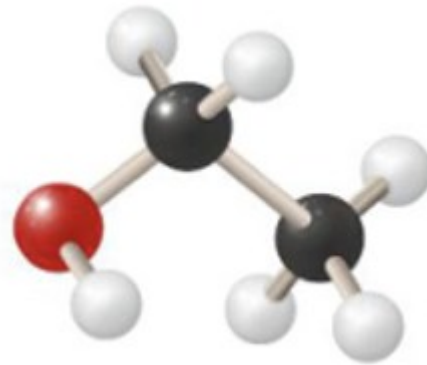


Figura 1.6 - Modello molecolare a sfere e bastoncini.

Fonte: *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

In base ai gruppi funzionali che le caratterizzano e alla loro organizzazione strutturale, è possibile suddividere le biomolecole in quattro classi principali:

1. I carboidrati, che comprendono monosaccaridi, disaccaridi e polisaccaridi;
2. Gli amminoacidi e le proteine;
3. I lipidi;
4. I nucleotidi e gli acidi nucleici.

A queste macromolecole organiche si aggiunge l'acqua, solvente universale e matrice indispensabile per tutte le reazioni biologiche (Nelson & Cox, 2022). Ogni classe comprende molecole di dimensioni variabili, accomunate da specifici gruppi funzionali

che ne determinano il comportamento chimico, la reattività e la specifica funzione biologica all'interno della cellula.

È fondamentale sottolineare che queste molecole non rappresentano esclusivamente delle unità strutturali inerti. Al contrario, esse sono attivamente coinvolte in una complessa rete di vie metaboliche e partecipano a numerosi processi con funzioni energetiche, regolatorie e informative, essenziali per il mantenimento dell'omeostasi cellulare e dell'intero organismo (Bender, 2014). La comprensione approfondita di questi meccanismi biochimici, partendo proprio dalla loro natura chimica e dai gruppi funzionali che ne mediano le interazioni, rappresenta una base scientifica imprescindibile per progettare interventi di educazione alimentare efficaci, che superino la semplice trasmissione di nozioni per approdare a una reale consapevolezza della materia vivente.

Le formule di struttura e i modelli molecolari risultano utili anche per distinguere gli isomeri, ovvero molecole costituite dagli stessi atomi ma disposti in modo differente. La diversa disposizione dei legami tra gli atomi comporta infatti proprietà chimiche e fisiche differenti. Un esempio significativo è rappresentato dal glucosio e dal fruttosio (Figura 1.7), che, pur avendo la stessa formula bruta, presentano una diversa struttura (Cozzani & Dainese, 2010).

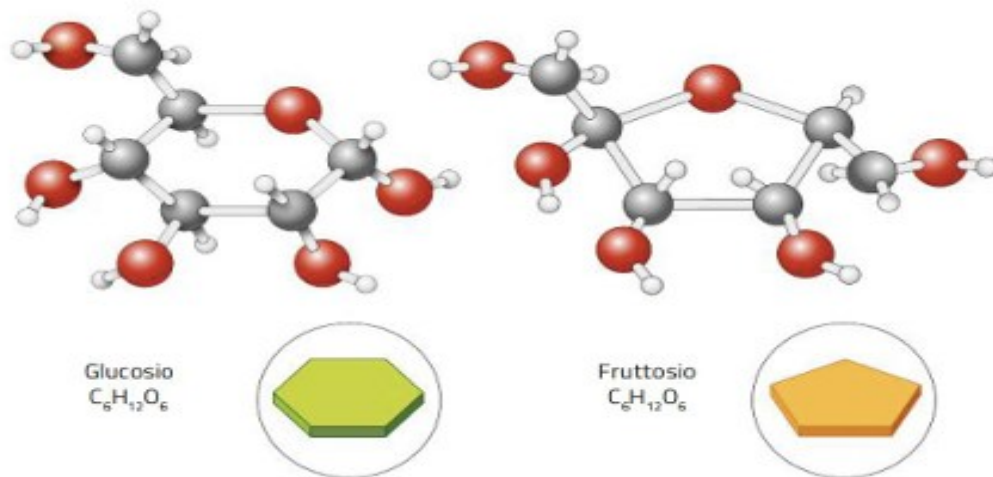


Figura 1.7 - Struttura del glucosio e del fruttosio: esempio di isomeria strutturale tra due monosaccaridi con la stessa formula bruta ma diversa disposizione degli atomi. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino.

Molte biomolecole si presentano inoltre sotto forma di polimeri, cioè macromolecole costituite da centinaia o migliaia di unità più piccole, dette monomeri, unite tra loro mediante legami covalenti. Sono polimeri biologici i polisaccaridi, ovvero carboidrati complessi formati da monosaccaridi; le proteine, costituite da catene di amminoacidi e gli acidi nucleici, formati da nucleotidi. I lipidi, invece, non rientrano tra i polimeri.

La formazione dei polimeri avviene attraverso reazioni di condensazione (Figura 1.8), che comportano l'eliminazione di una molecola d'acqua, mentre la loro degradazione avviene tramite reazioni di idrolisi (Figura 1.9), che richiedono l'intervento di una molecola d'acqua per la rottura del legame.

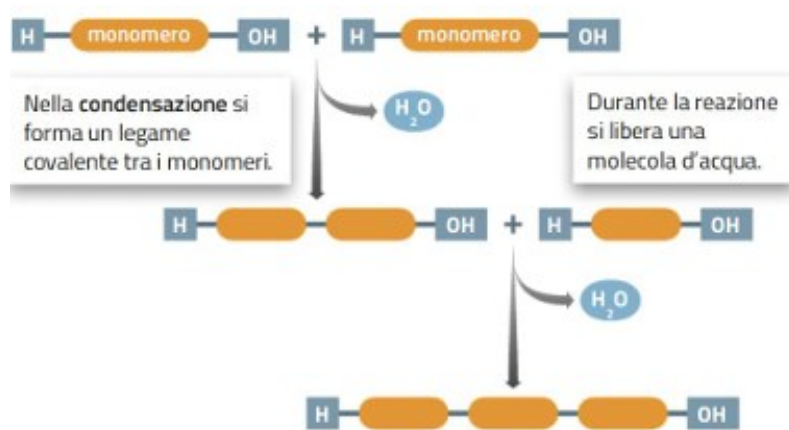


Figura 1.8 - Reazione di condensazione: formazione di un legame covalente tra due monomeri con eliminazione di una molecola d'acqua. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino.

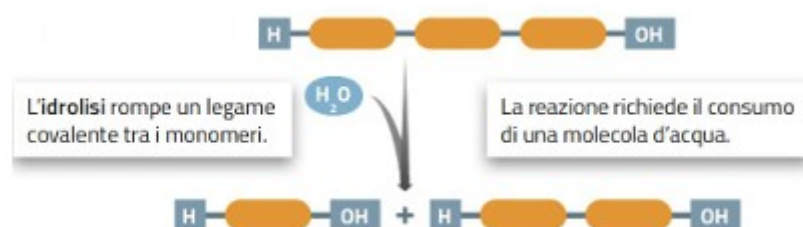


Figura 1.9 - Reazione di idrolisi: rottura di un legame covalente tra monomeri mediante l'aggiunta di una molecola d'acqua. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino

Gli esseri umani sono organismi eterotrofi e si nutrono attraverso i processi di ingestione e digestione. Le biomolecole introdotte con l'alimentazione, prodotte da altri organismi, vengono inizialmente scomposte nei loro componenti più semplici e successivamente rese disponibili per le cellule, dove vengono utilizzate per sostenere le diverse funzioni biologiche (Bender, 2014).

Tutte le sostanze assunte con l'alimentazione e impiegate dall'organismo per il mantenimento delle proprie attività vitali sono definite nutrienti. Le biomolecole, come carboidrati, lipidi e proteine, rientrano tra i macronutrienti, in quanto richiesti in quantità relativamente elevate. Accanto a questi, l'organismo necessita anche di micronutrienti, quali vitamine e sali minerali, che, pur essendo richiesti in quantità minime, risultano indispensabili per il corretto svolgimento delle funzioni biologiche (Bender, 2014; WHO, 2004).

È importante sottolineare che il fabbisogno nutrizionale giornaliero non è uniforme, ma varia in funzione di diversi fattori, tra cui età, sesso, livello di attività fisica e condizioni fisiologiche (Figura 1.10) (CREA, 2018).

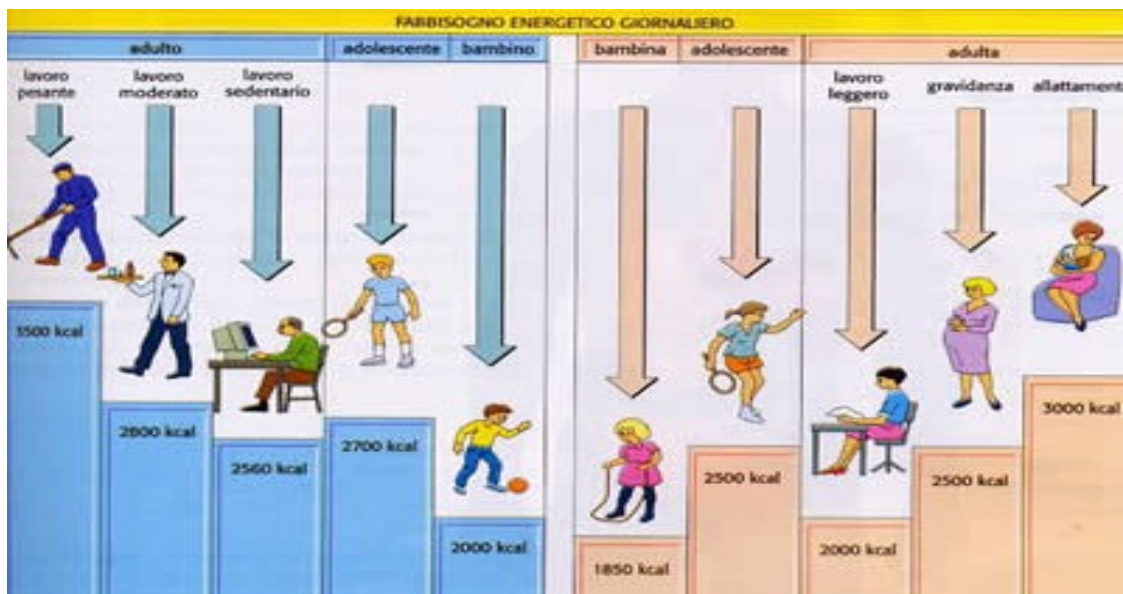


Figura 1.10 - Fabbisogno energetico giornaliero per soggetti di età compresa tra 18 e 29 anni, suddiviso per sesso e livello di attività fisica. **Fonte:** *Estriemaestri, Esame di Stato – Fabbisogno energetico per soggetti in età compresa fra i 18 e i 29 anni*, disponibile su <https://estriemaestri.altervista.org/esame-di-stato-fabbisogno-energetico-per-soggetti-in-eta-compresa-fra-i-18-e-i-29-anni/>

1.2.1 Carboidrati

I carboidrati, o glucidi, sono composti organici ternari costituiti da carbonio, idrogeno e ossigeno. In base alla loro complessità strutturale, vengono classificati in tre categorie principali (Berg et al.,2020):

- 1) Monosaccaridi, o zuccheri semplici contengono da tre a sette atomi di carbonio e hanno formula generale $C_nH_{2n}O_n$.
 - Il loro scheletro carbonioso può formare una caratteristica struttura ad anello, che conferisce loro polarità e solubilità in acqua. Esempi fondamentali sono il glucosio e il fruttosio, utilizzati come primaria fonte di energia cellulare attraverso la scissione dei legami chimici (Nelson & Cox, 2022).
 - Oltre alla funzione energetica, alcuni monosaccaridi come il ribosio e il desossiribosio (Figura 1.11) costituiscono componenti essenziali della struttura dei nucleotidi e degli acidi nucleici (Campbell & Farrell, 2019). Questi zuccheri non servono come fonte energetica primaria, ma costituiscono componenti essenziali della struttura dei nucleotidi e, di conseguenza, degli acidi nucleici.

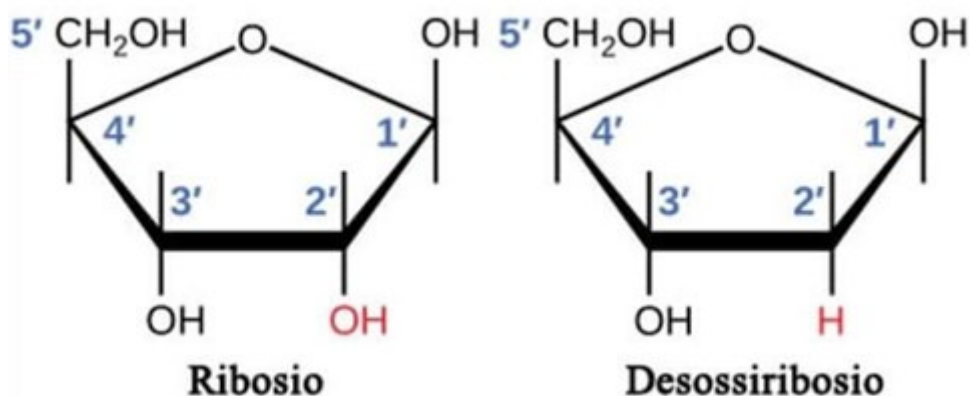


Figura 1.11 - Strutture del ribosio, zucchero pentoso presente nei nucleotidi, e del desossiribosio, zucchero pentoso componente dei nucleotidi e degli acidi nucleici. **Fonte:** *Chimica Online, Ribosio*, disponibile su <https://www.chimica-online.it/composti-organici/ribosio.htm>

- 2) Disaccaridi, sono zuccheri formati da due monosaccaridi uniti tra loro mediante legami covalenti, generati da reazioni di condensazione che comportano l'eliminazione di una molecola d'acqua. Tra i disaccaridi più comuni vi sono il saccarosio, zucchero da tavola, e il lattosio, zucchero presente nel latte (Cozzani & Dainese, 2010).
- 3) Polisaccaridi, rappresentano la classe più complessa dei carboidrati, configurandosi come macromolecole polimeriche costituite da estese catene di monosaccaridi, lineari o ramificate, unite mediante legami glicosidici derivanti da reazioni di condensazione. Negli organismi viventi, queste molecole assolvono a funzioni biologiche cruciali, riconducibili essenzialmente a due ambiti: il deposito energetico (funzione di riserva) e la costituzione di impalcature meccaniche (funzione strutturale) (Bender, 2014).
- *Polisaccaridi di Riserva:* Nell'ambito dei depositi glucidici, le molecole di riferimento per il mondo vegetale e animale sono, rispettivamente, l'amido e il glicogeno.
 - *L'amido:* è un polimero del glucosio sintetizzato dai vegetali come riserva energetica, in cui viene accumulato il glucosio prodotto in eccesso durante la fotosintesi, principalmente in organi quali radici, tuberi e semi (Nelson & Cox, 2022). Sotto il profilo sensoriale, emerge un paradosso interessante: pur essendo composto esclusivamente da unità di glucosio, l'amido non stimola i recettori del gusto dolce. Ciò è dovuto alla sua complessa architettura molecolare, che ne impedisce l'interazione diretta con i recettori linguali prima della degradazione enzimatica (Cozzani & Dainese, 2010).
 - *Il glicogeno:* costituisce la controparte animale dell'amido, con siti di sintesi e accumulo elettivi nel fegato e nel tessuto muscolare. Rispetto all'amido, il glicogeno presenta un grado di ramificazione nettamente superiore; tale densità strutturale ne permette una mobilitazione biochimica estremamente rapida, rispondendo prontamente alle richieste metaboliche dell'organismo (Berg et al., 2020).
 - Entrambi i polimeri operano come combustibili a rilascio modulato: la loro scomposizione avviene tramite reazioni di idrolisi che liberano

gradualmente le unità di glucosio nel torrente ematico, garantendo un apporto energetico costante alle cellule.

- *Polisaccaridi Strutturali*: Queste macromolecole fungono da elementi portanti, conferendo rigidità e protezione agli organismi:
- La *cellulosa*: costituente fondamentale della parete cellulare vegetale, assicura il sostegno meccanico alla pianta grazie alla sua organizzazione in microfibrille rigide e fibrose (Nelson & Cox, 2022).
- La *chitina*: caratterizzata da un'elevata resistenza chimico-fisica, costituisce la componente primaria dell'esoscheletro di artropodi e crostacei, oltre a essere presente nelle pareti cellulari dei funghi.
- Sebbene risulti indigesta per l'uomo a causa della mancanza di specifici enzimi idrolitici, la cellulosa rappresenta la componente principale della fibra alimentare, essenziale per la regolarità del transito intestinale e la prevenzione di patologie metaboliche (Bender, 2014; WHO, 2021).

In sintesi, i carboidrati rappresentano una classe fondamentale di biomolecole, caratterizzate da una notevole varietà strutturale e funzionale, che si riflette nei diversi ruoli biologici che svolgono. La comprensione di tali aspetti costituisce una base essenziale per affrontare in modo consapevole le tematiche legate all'alimentazione e alla salute, aprendo la strada a una riflessione in chiave didattica.

Prospettiva didattica

Nel contesto dell'insegnamento scolastico, l'insegnamento dei carboidrati presenta spesso alcune difficoltà legate alla presenza di idee errate già radicate negli studenti. Molti di loro, infatti, risentono dell'influenza di messaggi mediatici semplificati che tendono a identificare i carboidrati unicamente con gli "zuccheri", attribuendo a questi ultimi una connotazione negativa e considerandoli nutrienti da ridurre o addirittura da eliminare (Contento, 2015).

Per questo motivo, in ambito didattico diventa importante mettere in discussione questa visione semplicistica che associa automaticamente lo zucchero a qualcosa di dannoso, proponendo invece una prospettiva più ampia e scientificamente corretta. L'obiettivo educativo, in linea con i modelli di apprendimento

significativo (Novak, 2001), è promuovere una comprensione scientificamente corretta: il problema nutrizionale non risiede nella molecola in sé, ma nella qualità della fonte (indice glicemico, contenuto di fibre) e nel contesto metabolico individuale (CREA, 2018). Un approccio basato sull'indagine (Bybee, 2015) permette di sviluppare un atteggiamento critico e consapevole rispetto alle proprie scelte alimentari quotidiane.

1.2.2 Lipidi

I lipidi costituiscono una classe eterogenea di biomolecole che comprende trigliceridi, fosfolipidi e steroidi. Dal punto di vista chimico, la loro caratteristica unificante è la presenza di lunghe catene idrocarburiche apolari, che conferiscono loro una spiccata idrofobicità e li rendono insolubili in acqua, svolgendo all'interno dell'organismo funzioni di grande rilevanza strutturale ed energetica (Nelson & Cox, 2022).

I *trigliceridi* (Figura 1.12), formati da una molecola di glicerolo legata a tre acidi grassi mediante reazioni di condensazione, rappresentano la principale forma di riserva energetica a lungo termine: essi vengono accumulati nel tessuto adiposo e costituiscono una quota significativa del peso corporeo, oltre a svolgere un'importante funzione di isolamento termico (Bender, 2014).

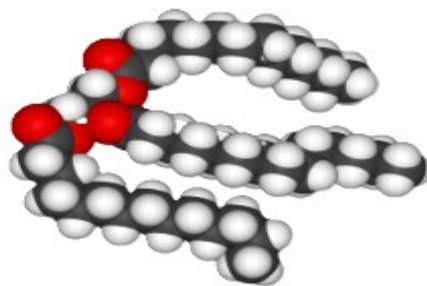


Figura.1.12 - Modello 3D di un trigliceride. **Fonte:** <https://it.wikipedia.org/wiki/Trigliceridi>

I *fosfolipidi* (Figura 1.13), invece, presentano una struttura anfipatica, caratterizzata da una testa idrofila contenente un gruppo fosfato e due code apolari idrofobiche. In ambiente acquoso, queste molecole si organizzano spontaneamente in un doppio strato, costituendo la base strutturale delle membrane cellulari (Berg et al., 2020).

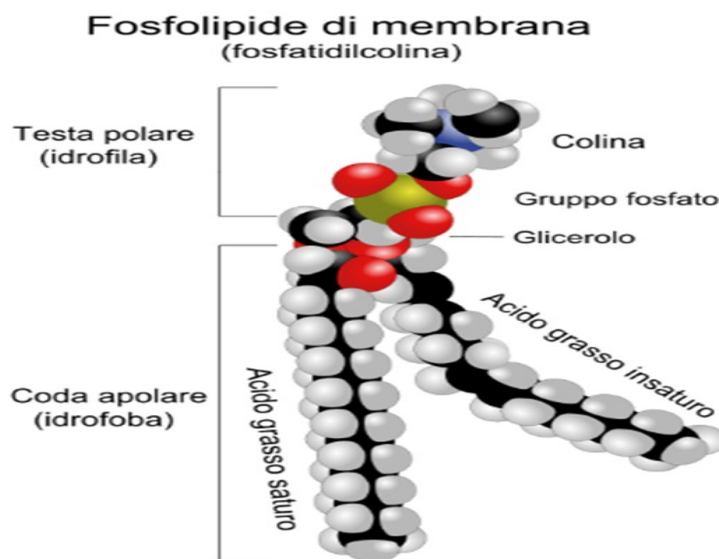


Figura 1.13 - Fosfolipide di membrana. **Fonte:** <https://it.wikipedia.org/wiki/Fosfolipide>

Gli steroidi (Figura 1.14), svolgono prevalentemente funzioni regolatrici. Il colesterolo (Figura 1.15), in particolare, è una molecola caratterizzata da una struttura rigida formata da anelli fusi ed è un componente essenziale delle membrane delle cellule animali, oltre a rappresentare il precursore di importanti ormoni steroidei e della vitamina D (Nelson & Cox, 2022).

Tuttavia, un eccesso di colesterolo nel sangue, spesso associato a un'alimentazione ricca di grassi saturi di origine animale, è correlato all'insorgenza di patologie cardiovascolari (WHO, 2004; Cozzani & Dainese, 2010).

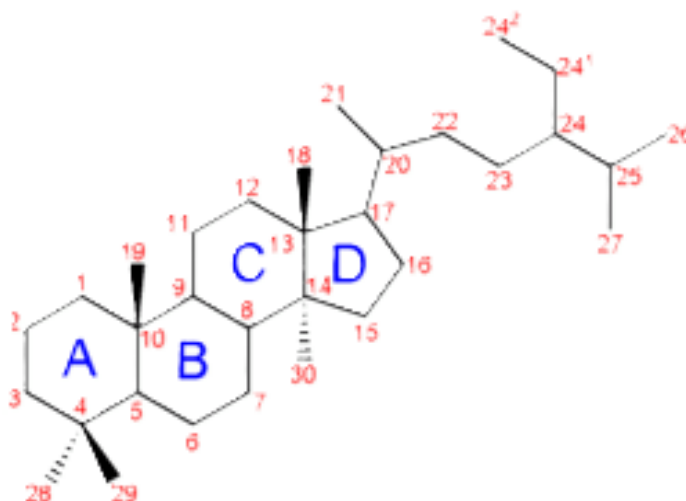


Figura 1.14 - Formula di struttura degli steroidi. **Fonte:** <https://it.wikipedia.org/wiki/Steroide>

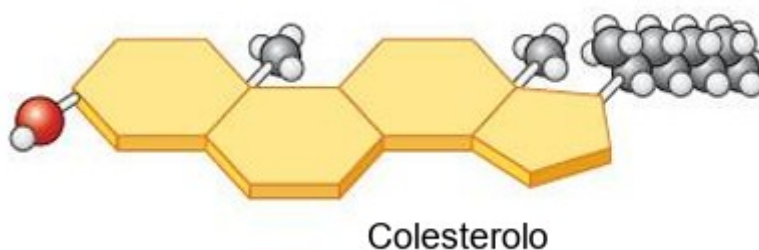


Figura 1.15 - Struttura molecolare del colesterolo, steroide caratterizzato da una struttura a quattro anelli fusi. **Fonte:** *Scopriamo la biologia*, Ed. 2, Zanichelli: Jay Phelan e Maria Cristina Pignocchino.

Prospettiva didattica

In modo simile a quanto accade per i carboidrati, anche i grassi vengono spesso percepiti dagli adolescenti in maniera negativa, associandoli esclusivamente all'aumento di peso o a effetti dannosi per la salute (Contento, 2015). Nel contesto didattico è dunque fondamentale superare questa visione semplificata, evidenziando il ruolo vitale dei lipidi: essi non solo costituiscono le membrane biologiche, ma sono indispensabili per l'assorbimento delle vitamine liposolubili (A, D, E e K) e per la protezione degli organi interni (Bender, 2014).

Per favorire una comprensione concreta di questi aspetti, le attività di laboratorio rappresentano uno strumento elettivo. Attraverso l'analisi sensoriale, gli studenti possono

osservare direttamente le differenze chimico-fisiche tra grassi saturi e insaturi, confrontando, ad esempio, lo stato fisico di alimenti d'uso quotidiano come l'olio d'oliva e il burro (Cochrane, 2012). Tale approccio permette di ancorare i concetti teorici della biochimica a evidenze fenomenologiche immediate, rendendo l'apprendimento più significativo e duraturo (Damiano, 2013).

1.2.3 Proteine

Le proteine rappresentano la classe di biomolecole più eterogenea e versatile dal punto di vista funzionale, costituendo i principali effettori dei processi biologici all'interno degli organismi viventi. La loro straordinaria capacità operativa è intrinsecamente legata a una complessa architettura tridimensionale, la cui integrità è condizione necessaria per l'espletamento di ogni specifica funzione (Nelson & Cox, 2022). La biosintesi proteica avviene a livello cellulare traducendo le informazioni codificate nel DNA attraverso l'assemblaggio di un set di venti amminoacidi fondamentali, comuni a tutte le forme di vita (Berg et al., 2020).

I livelli di organizzazione strutturale

Il legame chimico che unisce gli amminoacidi è il legame peptidico, la cui ripetizione dà origine a lunghe catene polipeptidiche. L'organizzazione spaziale di queste macromolecole segue una precisa gerarchia strutturale articolata in quattro livelli (Figura 1.16) (Campbell & Farrell, 2019):

- **Struttura primaria:** definita dalla sequenza lineare degli amminoacidi, la quale contiene l'informazione necessaria per il corretto ripiegamento della proteina.
- **Struttura secondaria:** determinata da ripiegamenti locali della catena (come l'alfa-elica o il foglietto beta), stabilizzati da legami a idrogeno.
- **Struttura terziaria:** rappresenta la configurazione tridimensionale complessiva (globulare o fibrosa), risultante dalle interazioni chimico-fisiche tra i gruppi laterali degli amminoacidi.
- **Struttura quaternaria:** presente in proteine complesse (come l'emoglobina), deriva dall'associazione di più subunità polipeptidiche in un unico complesso funzionale.

La conformazione finale così ottenuta, nota come conformazione nativa, permette alla proteina di operare attraverso meccanismi di riconoscimento molecolare altamente selettivi. Un esempio emblematico è il modello di complementarità strutturale “chiave-serratura”, fondamentale per comprendere l'interazione tra enzimi e substrati o tra anticorpi e antigeni (Berg et al., 2020).

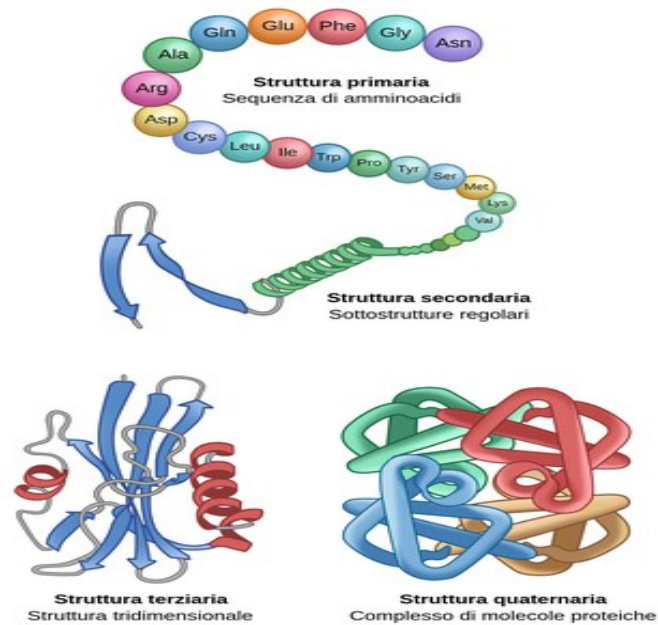


Figura 1.16 - Livelli di organizzazione strutturale delle proteine: struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. **Fonte:** *Labster; Struttura delle proteine*, disponibile su <https://theory.labster.com/it/protein-structure/>

Denaturazione e attività enzimatica

L'integrità della struttura proteica è estremamente sensibile alle condizioni ambientali. Variazioni termiche repentine, modifiche del pH o l'esposizione a radiazioni possono causare la denaturazione: un processo che comporta la perdita della conformazione tridimensionale e la conseguente cessazione della funzione biologica (Nelson & Cox, 2022). Dal punto di vista didattico, la denaturazione rappresenta un fenomeno di grande interesse poiché traduce un cambiamento molecolare invisibile in una variazione macroscopica osservabile (si pensi alla coagulazione dell'albume d'uovo durante la cottura).

All'interno della vasta famiglia delle proteine, un ruolo di primaria importanza è ricoperto dagli enzimi, i catalizzatori biologici responsabili dell'accelerazione delle reazioni biochimiche. Grazie alla presenza di un sito attivo — una regione della molecola con una geometria specifica — gli enzimi sono in grado di legare selettivamente il proprio substrato, facilitando le trasformazioni chimiche necessarie alla vita con estrema efficienza e specificità (Berg et al., 2020; Bender, 2014).

Prospettiva didattica

Il concetto di relazione struttura-funzione, pur essendo centrale, può risultare spesso astratto e difficile da comprendere per gli studenti. Per favorire un apprendimento significativo (Ausubel, 1978), questo concetto può essere reso più accessibile tramite analogie mirate, come il noto modello “chiave-serratura”, utile a spiegare la specificità enzimatica (Novak, 2001). Allo stesso modo, attività pratiche, come la costruzione di modelli molecolari tridimensionali, permettono di trasformare un'idea astratta in un'esperienza concreta, sia visiva che tattile (Piaget, 1981; Burner, 1967). Questo approccio si inserisce perfettamente in una prospettiva costruttivista (Vygotskij, 1980), in cui lo studente costruisce attivamente la propria conoscenza attraverso l'interazione diretta con l'oggetto di studio, favorendo lo sviluppo di una solida cultura scientifica (Bybee, 2015; Fensham, 2011).

1.2.4 Acidi Nucleici

Gli acidi nucleici, rappresentati dal DNA (acido desossiribonucleico) e dall'RNA (acido ribonucleico), costituiscono le macromolecole depositarie dell'informazione genetica e i mediatori della sintesi proteica (Nelson & Cox, 2022). Come illustrato in Figura 1.17., il DNA e l'RNA presentano differenze strutturali che riflettono le loro diverse funzioni biologiche (Berg et al., 2020). Essi sono polimeri costituiti da unità monomeriche definite nucleotidi, ciascuno dei quali è formato da uno zucchero pentoso (ribosio o desossiribosio), un gruppo fosfato e una base azotata (Adenina, Citosina, Guanina, Timina nel DNA o Uracile nell'RNA) (Campbell & Farrell, 2019).

DNA e RNA: l'archivio e il mediatore

Il DNA si organizza in una struttura a doppia elica, formata da due filamenti polinucleotidici avvolti l'uno sull'altro e stabilizzati da legami a idrogeno tra le basi azotate (Berg et al., 2020). Tale interazione segue una rigorosa complementarità strutturale (Adenina con Timina, Guanina con Citosina), che garantisce la stabilità e la fedele trasmissione dell'informazione necessaria alla biosintesi delle proteine (Nelson & Cox, 2022). L'RNA svolge invece un ruolo dinamico di mediazione: esso trasferisce le istruzioni codificate nel DNA verso i ribosomi, i complessi cellulari dove avviene l'assemblaggio degli amminoacidi in catene proteiche funzionali (Phelan & Pignocchino, 2017).

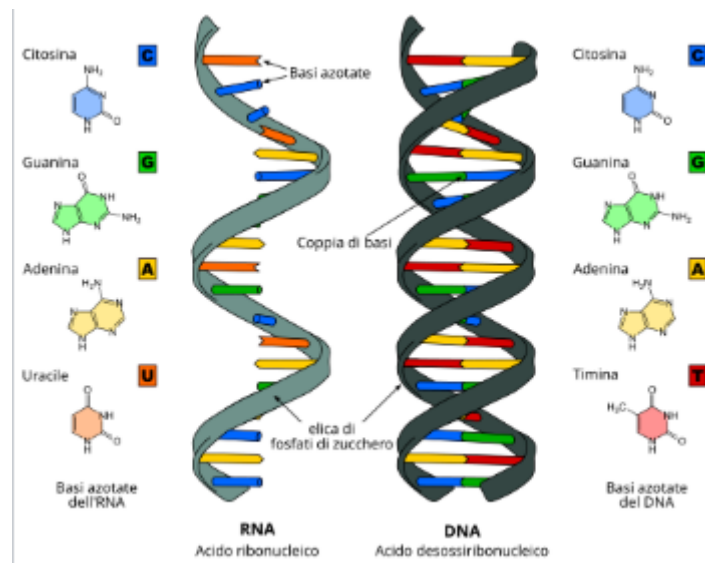


Figura 1.17 - Rappresentazione di RNA, a sinistra e DNA, a destra. **Fonte:** *Wikipedia, Acidi nucleici*, disponibile su https://it.wikipedia.org/wiki/Acidi_nucleici

L'ATP: la moneta energetica cellulare

Oltre alla costituzione degli acidi nucleici, alcuni nucleotidi svolgono funzioni metaboliche indipendenti di primaria importanza. Il più rilevante è l'Adenosina Trifosfato (ATP), considerata la "moneta energetica" universale della cellula (Bender, 2014). La molecola di ATP è composta da una base azotata (adenina), uno zucchero (ribosio) e tre gruppi fosfato ad alta energia (Nelson & Cox, 2022).

Attraverso una reazione di idrolisi, l'ATP può scindere uno dei suoi legami fosforici liberando una quantità significativa di energia libera, immediatamente utilizzabile dalla cellula per sostenere i processi vitali, dal trasporto molecolare alla contrazione muscolare (Nelson & Cox., 2022). In una prospettiva di educazione alimentare, l'ATP rappresenta

l'anello di congiunzione tra i nutrienti ingeriti (carboidrati, lipidi, proteine) e il lavoro biologico svolto dall'organismo, rendendo intellegibile il processo di trasformazione del cibo in energia vitale (Bender, 2014).

Prospettiva didattica:

Tra le "molecole della vita", gli acidi nucleici rappresentano spesso la sfida più complessa per l'astrazione concettuale che richiedono. Se carboidrati e lipidi sono facilmente associabili a cibi ed esperienze sensoriali dirette (la dolcezza, l'untuosità), il DNA viene percepito dagli studenti come un'entità confinata nel nucleo cellulare, distante dalla realtà quotidiana dell'alimentazione (Contenuto, 2015). In ambito didattico, è dunque fondamentale "demistificare" queste molecole, ricordando agli studenti che ogni alimento di origine vegetale o animale che consumiamo contiene il patrimonio genetico dell'organismo da cui proviene (Bybee, 2015). Collegare il concetto di acido nucleico alla "materia prima" alimentare permette di superare la visione puramente simbolica e di inserire queste molecole nel ciclo vitale che unisce l'ambiente, il cibo e il corpo umano (Damiano, 2013). L'utilizzo di modelli tridimensionali o di semplici esperimenti di estrazione del DNA può trasformare questa molecola invisibile in una sostanza tangibile, favorendo un apprendimento autentico (Novak, 2001) e basato sulla scoperta (Mayer, 2004).

1.2.5 Acqua

Sebbene nei tradizionali percorsi di educazione alimentare venga spesso trascurata a favore dei macronutrienti energetici, l'acqua rappresenta la molecola più abbondante negli organismi viventi, costituendo circa il 60-70% del peso corporeo umano (Bender, 2014). Le sue caratteristiche chimico-fisiche peculiari — come la polarità, la capacità di formare legami a idrogeno e l'elevato calore specifico — ne fanno un elemento indispensabile per tutte le reazioni metaboliche, fungendo da solvente universale e matrice della vita (Nelson & Cox, 2022). Grazie alla sua struttura molecolare, l'acqua è essenziale per la regolazione termica dell'organismo e per il trasporto sistemico di

nutrienti e prodotti di scarto attraverso i fluidi biologici (Berg et al., 2020; Campbell & Farrell, 2019).

Prospettiva didattica

Rendere esplicito il ruolo chimico e fisiologico dell'acqua all'interno del curriculum scolastico rappresenta un'opportunità preziosa per collegare la biochimica teorica alle esperienze quotidiane degli studenti (Bybee, 2015). Affrontare temi come l'idratazione corretta in relazione all'attività fisica e alla regolazione della temperatura corporea consente di integrare i contenuti scientifici con gli obiettivi trasversali dell'educazione alla salute e alla cittadinanza scientifica (WHO, 2004; Fensham, 2011). Tale approccio permette agli adolescenti di percepire la disciplina come concreta e utile, rispondendo ai loro bisogni informativi e favorendo lo sviluppo di abitudini alimentari sane e consapevoli (Contento, 2015; CREA, 2018).

1.3 Macro e microelementi: ruolo biologico e nutrizionale

Oltre all'apporto delle biomolecole organiche, il mantenimento dell'omeostasi fisiologica richiede l'assunzione costante di elementi minerali inorganici (Bender, 2014). In base al fabbisogno giornaliero dell'organismo, tali elementi vengono classicamente suddivisi in macroelementi (necessari in quantità superiori a 100 mg al giorno) e microelementi, o oligoelementi (richiesti in tracce) (Figura 1.18) (Nelson & Cox, 2022; WHO, 2004).



Figura 1.18 - Principali sali minerali, suddivisi in macroelementi e microelementi, e le loro funzioni nell'organismo umano. **Fonte:** *Benessere360, Sali minerali*, disponibile su <https://www.benessere360.com/sali-minerali.html>

1.3.1 Macroelementi

I macroelementi, tra cui calcio, potassio, sodio, magnesio e fosforo, svolgono ruoli sia strutturali sia regolatori di primaria importanza (Berg et al., 2020). Il calcio, ad esempio, è essenziale per la mineralizzazione del tessuto osseo e funge da messaggero intracellulare chiave nella trasmissione degli impulsi nervosi e nella contrazione muscolare (Nelson & Cox, 2022). Potassio e sodio giocano un ruolo centrale nella regolazione dell'equilibrio elettrolitico e nel mantenimento del potenziale di membrana, mentre il fosforo costituisce un componente fondamentale degli acidi nucleici e dell'ATP, la principale “moneta energetica” della cellula (Campbell & Farrell, 2019). Dal punto di vista biochimico, l'azione di questi ioni è indispensabile in numerose reazioni di fosforilazione e nei processi di trasporto attivo attraverso le membrane cellulari (Berg et al., 2020; Bender, 2014).

La comprensione di tali meccanismi rappresenta un nucleo fondamentale dell'educazione alimentare moderna, in quanto permette agli studenti di collegare l'assunzione di specifici alimenti (come latticini, legumi o frutta fresca) a precisi processi fisiologici vitali per il proprio benessere (MIUR, 2015; CREA, 2018).

1.3.2 Microelementi

I microelementi (o oligoelementi), sebbene richiesti in quantità molto ridotte, rivestono un ruolo altrettanto fondamentale per l'organismo (Nelson & Cox, 2022). Il ferro, ad esempio, costituisce il gruppo prostetico dell'emoglobina e della mioglobina, consentendo il trasporto e l'accumulo di ossigeno nei tessuti (Berg et al., 2020). Lo iodio rappresenta il substrato indispensabile per la sintesi degli ormoni tiroidei, regolatori del metabolismo basale e dello sviluppo neuronale (Bender, 2014). Lo zinco, infine, funge da cofattore per centinaia di metalloenzimi coinvolti nella sintesi del DNA e nel corretto funzionamento del sistema immunitario (Campbell & Farrell, 2019).

La letteratura internazionale documenta ampiamente come le carenze di questi micronutrienti possano determinare effetti clinici rilevanti, con conseguenze particolarmente critiche durante l'adolescenza, periodo caratterizzato da una rapida crescita sia somatica sia cognitiva (WHO, 2004; CREA, 2018). Promuovere la conoscenza di queste molecole e della loro funzione biologica all'interno del curriculum scolastico rappresenta un obiettivo prioritario per sviluppare abitudini alimentari consapevoli e prevenire stati di carenza nutrizionale (MIUR, 2015; WHO, 2021).

1.3.3 Vitamine

Le vitamine sono composti organici essenziali che l'organismo non è in grado di sintetizzare in quantità sufficienti e che devono pertanto essere assunti attraverso la dieta (Bender, 2014). Pur essendo richieste in quantità infinitesimali, esse non svolgono funzioni energetiche o strutturali, ma agiscono come bioregolatori fondamentali, spesso operando come coenzimi in una vasta gamma di reazioni metaboliche (Nelson & Cox, 2022).

Le principali fonti alimentari di vitamine sono rappresentate in Figura 1.19. In base alla loro solubilità, le vitamine vengono classificate in due gruppi:

- Vitamine Idrosolubili (gruppo B e vitamina C): non accumulabili dall'organismo e soggette a rapida degradazione termica durante la cottura degli alimenti (Cozzani & Dainese, 2010).

- Vitamine Liposolubili (A, D, E, K): veicolate dai lipidi alimentari e immagazzinate nel tessuto adiposo e nel fegato (Berg et al., 2020).



Figura 1.19 - Principali fonti alimentari di vitamine. **Fonte:** *Benessere 360*, disponibile su <https://www.benessere360.com/vitamine.html>

Prospettiva didattica

Dal punto di vista dell'educazione alimentare, le vitamine rappresentano l'esempio perfetto per il concetto di "rendere visibile l'invisibile". La loro presenza negli alimenti vegetali è spesso segnalata da pigmenti colorati, come i carotenoidi (precursori della vitamina A) o le clorofille (spesso associate ai folati) (Cochrane, 2012). Insegnare agli studenti a riconoscere queste molecole attraverso il colore dei vegetali non solo facilita l'apprendimento della biochimica, ma promuove la consapevolezza che una dieta variata e cromatica è la strategia migliore per garantire l'apporto di tutti i micronutrienti necessari alla salute e alla prevenzione delle patologie (WHO, 2021; CREA, 2018).

1.3.4 Prospettiva didattica integrata: l'esperienza laboratoriale

La distinzione teorica tra macro e microelementi e la comprensione della loro distribuzione negli alimenti si prestano in modo ottimale a un approccio didattico di tipo laboratoriale (Bybee, 2015). Nel contesto del percorso di ricerca-azione (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002) svolto durante il tirocinio presso l'Istituto I.I.S. "L. Nobili", è

stata adottata l'analisi sensoriale e visiva di frutta e ortaggi come strumento elettivo di indagine scientifica (Cochrane, 2012).

Questa metodologia ha permesso agli studenti di:

- Associare in modo diretto il colore dell'alimento alla presenza di specifici composti bioattivi e fitocomplessi (Sjöström & Eilks, 2018).
- Analizzare in modo critico il contenuto di minerali e vitamine nei diversi alimenti, superando la memorizzazione meccanica di tabelle nutrizionali (Novak, 2001).
- Comprendere il legame tra la struttura chimica dei nutrienti e i benefici fisiologici che ne derivano per l'organismo, sviluppando una reale cittadinanza scientifica (Fensham, 2011).

A titolo esemplificativo, durante le attività laboratoriali è stato evidenziato come gli alimenti di colore arancione siano ricchi di beta-carotene (precursore della vitamina A), come i vegetali a foglia verde scuro siano fonti privilegiate di ferro e magnesio (legato alla struttura della clorofilla) e come i frutti rossi siano caratterizzati da un'elevata concentrazione di polifenoli ad azione antiossidante (CREA, 2018; Paoletti, 2020). In questo contesto, l'uso del colore ha agito come un potente mediatore cognitivo (Damiano, 2013), facilitando i processi di memorizzazione e comprensione attraverso l'attivazione di canali percettivi multipli. Tale approccio trasforma l'aula in una comunità di ricerca, dove la scienza viene "vissuta" e non semplicemente ascoltata, favorendo un apprendimento autentico e situato (Bruner, 1967; Mayer, 2017).

1.4 Educazione alimentare e cittadinanza scientifica

L'alimentazione umana va oltre la semplice necessità biologica di fornire energia e materiali per la crescita, configurandosi come un fenomeno complesso che intreccia aspetti sociali, culturali, economici ed etici (Bender, 2014; Contento, 2015). In ambito scolastico, l'educazione alimentare non dovrebbe essere confinata a un singolo capitolo del programma di biologia, ma inserirsi pienamente nei percorsi trasversali di educazione civica (MIUR, 2015). Essa è infatti strettamente legata al diritto alla salute, alla promozione della sostenibilità ambientale — considerando l'impatto ecologico delle

filieri agroalimentari — e allo sviluppo di una consapevolezza critica nelle scelte di consumo (WHO, 2021; CREA, 2018).

Affinché l'educazione scientifica risulti realmente incisiva, essa deve porsi come obiettivo ultimo la promozione di competenze di cittadinanza scientifica (*Scientific Literacy*). Questo concetto pedagogico si traduce nella capacità dell'individuo di interpretare correttamente le informazioni nutrizionali (come la lettura consapevole delle etichette), di valutare con spirito critico l'affidabilità delle fonti mediatiche — spesso veicolo di disinformazione e "diete miracolose"— e, in definitiva, di prendere decisioni informate e responsabili per il proprio benessere (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

Dal punto di vista metodologico, ciò impone al docente di superare un modello trasmissivo e puramente nozionistico, per abbracciare strategie didattiche volte a favorire il *problem solving*, il pensiero critico e la riflessione metacognitiva sui propri stili di vita (Hattie, 2009; Pellerey, 2010). L'educazione alimentare si configura quindi non solo come trasmissione di saperi biologici, ma come un'opportunità per nutrire la mente e la coscienza, promuovendo una cultura del benessere che parta dalla scelta alimentare quotidiana (Paoletti, 2020).

1.5 Originalità del contributo

L'elemento di innovazione del presente percorso risiede nell'integrazione sistematica tra rigore teorico e dimensione esperienziale, volta a superare la dicotomia tra lo studio della biochimica e la realtà fenomenica (Damiano, 2013). La proposta si articola su quattro pilastri fondamentali:

- Rigore scientifico dei contenuti: mediati attraverso una trasposizione didattica accurata, capace di rendere accessibile il sapere esperto senza banalizzarlo (Chevallard, 1994);
- Coinvolgimento sensoriale: inteso come strumento per tradurre l'astrazione molecolare in esperienza diretta e tangibile, riducendo il carico cognitivo degli studenti (Cochrane, 2012; Mayer, 2017);

- Rilevazione empirica dei dati: finalizzata a monitorare l'evoluzione di attitudini e competenze attraverso l'uso di strumenti di ricerca-azione validati (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002);
- Sviluppo della cittadinanza scientifica: che ancora i temi della biochimica al vissuto quotidiano e alla responsabilità sociale dell'individuo (Fensham, 2011).

L'intervento mira dunque a rendere esplicito il legame profondo tra i processi chimici "invisibili" e la quotidianità osservabile, favorendo un apprendimento autentico, situato e duraturo (Novak, 2001).

1.6 Struttura della tesi

L'elaborato è organizzato secondo la struttura tipica delle indagini sperimentali in ambito scientifico e si articola nei seguenti capitoli:

1. Introduzione – Presenta lo sfondo teorico, biochimico e pedagogico dell'indagine.
2. Scopo della tesi – Definisce il problema, la domanda di ricerca e gli obiettivi dell'indagine.
3. Materiali e Metodi – Descrive il campione (indirizzo Moda), il dispositivo didattico e le modalità di somministrazione del laboratorio sensoriale.
4. Risultati – Espone i dati quantitativi e qualitativi emersi dai test pre-intervento e post-intervento.
5. Discussione – Analizza criticamente i risultati in relazione al quadro teorico e agli obiettivi della ricerca.
6. Conclusioni – Sintetizza i principali traguardi raggiunti e le prospettive future.
7. Ringraziamenti – Sezione dedicata a coloro che hanno supportato il percorso di ricerca e di vita
8. Bibliografia – Riporta tutte le fonti bibliografiche utilizzate.
9. Appendici – Contengono gli strumenti di valutazione utilizzati (questionari, schede, materiali di laboratorio) e ulteriori documentazioni a supporto dell'indagine.

2 SCOPO DELLA TESI

2.1 Analisi del problema e necessità educativa

L'insegnamento della biochimica nella scuola secondaria di secondo grado si scontra sistematicamente con un profondo ostacolo epistemologico: l'estrema astrazione delle strutture molecolari (Chevallard, 1994). Per gli studenti, le "molecole della vita" (carboidrati, lipidi, proteine, acidi nucleici) restano spesso confinate in una dimensione puramente simbolica, fatta di formule e diagrammi che non trovano un riscontro immediato nella realtà fenomenica (Damiano, 2013).

Questa criticità è particolarmente evidente negli indirizzi tecnici non scientifici, come quello della Moda, dove gli studenti possiedono una spiccata intelligenza visiva e creativa, ma possono percepire le scienze naturali come un corpo estraneo al proprio percorso professionale (Fensham, 2011). La necessità educativa, dunque, non è solo quella di trasmettere nozioni nutrizionali, ma di fornire strumenti cognitivi per "leggere" la complessità della materia biologica partendo dall'esperienza quotidiana dell'alimento, superando il divario tra il sapere esperto e il sapere insegnato (Chevallard, 1994; Sjöström & Eilks, 2018).

In assenza di una mediazione didattica efficace, l'apprendimento rischia di ridursi a una memorizzazione meccanica di nomi e strutture, priva di significato reale per il discente (Novak, 2001; Ausubel, 1978). Per ovviare a tale problematica, è necessario adottare strategie che ancorino l'astrazione molecolare all'esperienza sensoriale, permettendo agli studenti di costruire attivamente la propria conoscenza partendo dall'osservazione diretta del reale (Piaget, 1981; Bruner, 1967).

2.2 Razionale dello studio

Il presente studio nasce dall'idea che, per superare l'astrazione della biochimica, sia necessario un "ponte sensoriale". La rationale della ricerca risiede nell'utilizzo del colore e delle proprietà organolettiche degli alimenti come mediatori epistemici (Damiano,

2013). Si è scelto di operare presso l'I.I.S. “L. Nobili” proprio per sfruttare la familiarità degli studenti dell'indirizzo Moda con il linguaggio cromatico: trasformare il colore da elemento estetico (il tessuto, il bozzetto) a "segnale chimico" (il fitocomposto, la molecola) permette di attivare una trasposizione didattica efficace (Chevallard, 1994).

Il laboratorio sensoriale diventa così il dispositivo capace di rendere l'invisibile (la molecola) visibile e tangibile, ancorando il sapere scientifico all'identità professionale e personale dei discenti (Cochrane, 2012; Sjöström & Eilks, 2018). L'utilizzo di canali percettivi multipli (visivo, olfattivo, tattile) riduce il carico cognitivo dell'apprendimento, trasformando l'astrazione molecolare in un'esperienza concreta e significativa per lo studente (Mayer, 2017; Novak, 2001). Tale approccio permette di superare la visione frammentaria della materia biologica, favorendo lo sviluppo di una solida cultura scientifica (Bybee, 2015; Fensham, 2011).

2.3 Domanda di ricerca

Sulla base delle premesse teoriche e del contesto educativo analizzato, l'indagine sperimentale è guidata dal seguente interrogativo centrale:

“In che misura un approccio didattico di tipo laboratoriale e sensoriale, integrato con strumenti di valutazione pre e post-intervento, risulta efficace nel veicolare a studenti senza un background scientifico conoscenze avanzate relative alle molecole della vita e ai principi della sana alimentazione?”

2.4 Obiettivi della ricerca

Per rispondere in modo sistematico alla domanda di ricerca, il lavoro si è prefissato nei seguenti traguardi operativi e metodologici:

- Analisi del quadro teorico: approfondire i fondamenti biochimici delle biomolecole in chiave didattica, focalizzandosi sul legame tra struttura chimica e funzione nutrizionale (Bender, 2014; Nelson & Cox, 2022).

- **Progettazione sperimentale:** ideare un percorso di apprendimento attivo che integri lezioni dialogate e attività di osservazione sensoriale, seguendo il modello dell'indagine scientifica guidata (Bybee, 2015; Mayer, 2017).
- **Implementazione del dispositivo:** realizzare il laboratorio "Rendere visibile l'invisibile", utilizzando campioni vegetali come mediatori cognitivi per facilitare la trasposizione del sapere esperto in sapere insegnato (Damiano, 2013; Chevallard, 1994).
- **Valutazione quantitativa e qualitativa:** misurare l'evoluzione delle competenze attraverso il confronto tra test pre-intervento e post-intervento (valutazione diagnostica e finale) e l'analisi delle osservazioni condotte in aula (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).
- **Riflessione critica:** valutare le ricadute metodologiche dell'approccio proposto per l'insegnamento delle scienze naturali nelle scuole secondarie, in un'ottica di miglioramento continuo dell'azione didattica (Novak, 2001; Pellerrey, 2010).

2.5 Ipotesi sperimentali

Il lavoro si fonda su tre ipotesi principali che la fase sperimentale mira a verificare:

1. **Ipotesi 1 (Efficacia Cognitiva):** Si ipotizza che l'ancoraggio dei concetti biochimici a stimoli sensoriali diretti (colore, forma, consistenza) faciliti la memorizzazione a lungo termine e riduca il carico cognitivo associato allo studio delle molecole (Mayer, 2017; Novak, 2001). Tale approccio dovrebbe permettere di trasformare l'astrazione simbolica in un'esperienza percettiva concreta e duratura (Cochrane, 2012; Piaget, 1981).
2. **Ipotesi 2 (Coinvolgimento Motivazionale):** Si ipotizza che il collegamento tra la scienza e il profilo professionale degli studenti (indirizzo Moda) aumenti la motivazione intrinseca e la partecipazione attiva alla disciplina (Hattie, 2009). L'uso del colore come linguaggio comune tra arte e scienza dovrebbe favorire un'identificazione positiva con l'oggetto di studio (Sjöström & Eilks, 2018; Damiano, 2013).
3. **Ipotesi 3 (Cambiamento Attitudinale):** Si ipotizza che la comprensione della "chimica del cibo" porti a un superamento dei pregiudizi alimentari comuni (es.

carboidrati e grassi visti esclusivamente come nutrienti "dannosi"), favorendo atteggiamenti più critici e consapevoli verso le proprie scelte nutrizionali (Contento, 2015; WHO, 2021). Tale consapevolezza rappresenta il fondamento per lo sviluppo di una reale cittadinanza scientifica in ambito alimentare (Fensham, 2011; MIUR, 2015).

2.6 Risultati attesi e ricadute didattiche

Dall'implementazione di questo percorso ci si attende una significativa ristrutturazione concettuale (Novak, 2001): lo studente non deve più solo "sapere" cos'è una proteina, ma deve essere in grado di "spiegare" il ruolo di quella molecola all'interno di un sistema biologico e quotidiano (Ausubel, 1978; Bybee, 2015).

Le ricadute didattiche attese riguardano lo sviluppo di una solida cittadinanza scientifica (*Scientific Literacy*): gli studenti dovrebbero acquisire la capacità di interpretare etichette nutrizionali, decodificare messaggi pubblicitari e riconoscere l'importanza della varietà alimentare per la prevenzione e il benessere individuale (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018; Contento, 2015). In questo senso, l'educazione alimentare si configura come una competenza di vita fondamentale per il cittadino del XXI secolo (WHO, 2021; MIUR, 2015).

Infine, lo studio ambisce a proporre un modello didattico replicabile, che dimostri come le scienze possano dialogare con contesti tecnici e professionali apparentemente distanti, valorizzando l'interdisciplinarietà come strumento di crescita culturale e professionale (Damiano, 2013; Hattie, 2009). Tale approccio permette di integrare i contenuti disciplinari con le competenze trasversali, favorendo lo sviluppo di una visione complessa e integrata della realtà (Chevallard, 1994; Morin, 2000).

3 MATERIALI E METODI

Uno dei principali ostacoli epistemologici nell'insegnamento delle scienze biologiche e chimiche nella scuola secondaria di secondo grado riguarda la distanza che spesso si crea tra il livello microscopico dei fenomeni studiati e l'esperienza quotidiana degli studenti (Chevallard, 1994; Damiano, 2013). Le cosiddette “molecole della vita”, che comprendono strutture complesse come polimeri biologici e micronutrienti, appartengono infatti a una dimensione della realtà che non è direttamente osservabile a occhio nudo (Nelson & Cox, 2022; Berg et al., 2020). Per questo motivo, tali contenuti rischiano di essere percepiti dagli studenti come concetti puramente astratti e distanti dall'esperienza concreta, rendendo difficoltosa la costruzione di un apprendimento significativo che colleghi la teoria scientifica alla quotidianità (Novak, 2001; Ausubel, 1978).

3.1 Il campione: contesto scolastico e destinatari

Il percorso sperimentale oggetto della presente ricerca è stato realizzato presso l'Istituto I.I.S. “L. Nobili” di Reggio Emilia, una realtà d'eccellenza che accoglie una popolazione scolastica di circa 1.800 studenti. La struttura, articolata in più plessi moderni e ben integrati nel contesto urbano della città (Figura 3.1), è dotata di un'ampia gamma di laboratori specialistici e tecnologie didattiche avanzate (Digital Board, strumentazioni multimediali e dispositivi informatici in comodato d'uso), che hanno fornito il supporto logistico fondamentale per l'attuazione della ricerca-azione (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).



Figura 3.1. Inquadramento del contesto di ricerca: scorci della città di Reggio Emilia e dei plessi dell'Istituto I.I.S. "L. Nobili". **Fonte:** Elaborazione originale dell'autrice su immagini proprie e da archivi istituzionali ([https://it.wikipedia.org/wiki/File:Reggio_emilia_panorama_e_Ghiara.jpg/visit-Reggio Emilia](https://it.wikipedia.org/wiki/File:Reggio_emilia_panorama_e_Ghiara.jpg/visit-Reggio_Emilias) <https://www.youtube.com/watch?v=DFqKczK6KOA>)

Dal punto di vista pedagogico, come esplicitato nel Piano Triennale dell'Offerta Formativa (PTOF) 2025/26, l'istituto promuove un modello di apprendimento ispirato alla classificazione ICF dell'OMS (World Health Organization, 2004). Tale approccio mira alla rimozione sistemica delle barriere all'apprendimento per tutti gli studenti, favorendo la costruzione di ambienti educativi flessibili e inclusivi (WHO, 2021). La scuola vanta una consolidata tradizione nell'uso di metodologie attive, quali il *Cooperative Learning*, la *Flipped Classroom* e il *Problem Solving*, oltre a una spiccata propensione per il protagonismo studentesco (Hattie, 2009; Bybee, 2015).

In particolare, l'indirizzo Moda si distingue per un'identità creativa basata sulla manipolazione dei materiali e sullo studio del colore, elementi visibili nei numerosi manufatti e progetti realizzati nei laboratori della sezione (Figura 3.2). Questa forte componente visiva e laboratoriale ha rappresentato il terreno ideale per l'implementazione di un intervento didattico mirato, capace di integrare la cultura del design con la consapevolezza scientifica (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

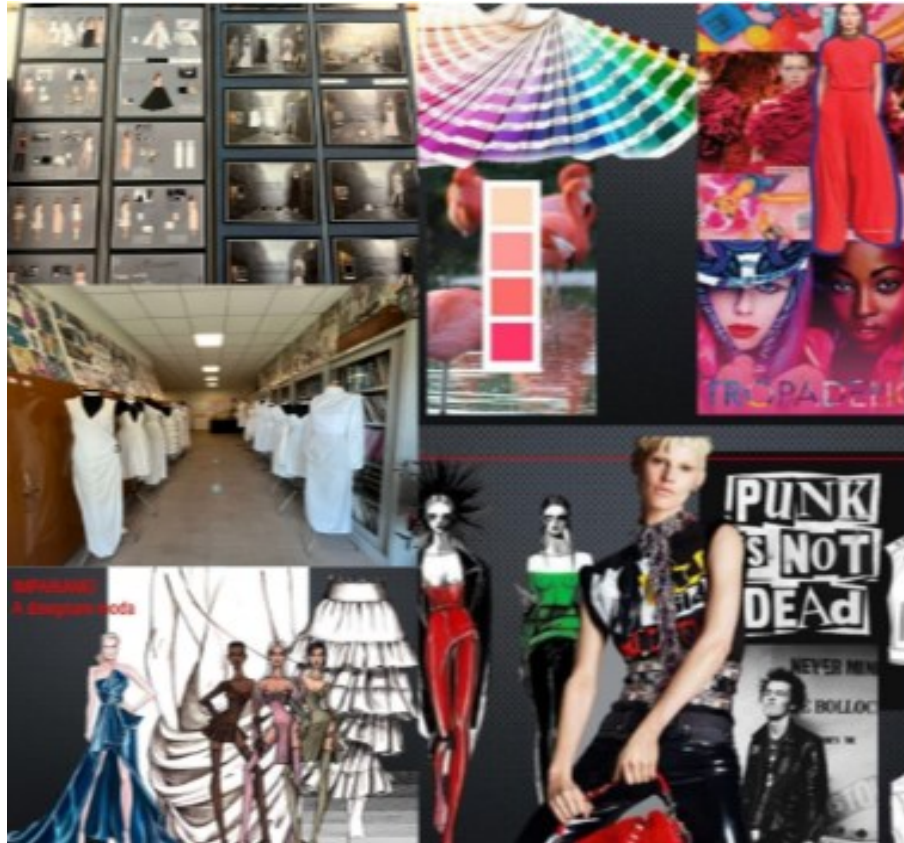


Figura 3.2. L'identità progettuale dell'indirizzo Moda: esempi di palette cromatiche, campionari tessili e manufatti realizzati nei laboratori dell'Istituto. **Fonte:** Elaborazione originale dell'autrice su materiali didattici dell'indirizzo professionale.

3.1.1 Caratteristiche del gruppo classe

L'intervento ha coinvolto complessivamente 22 studenti di una classe seconda dell'indirizzo Moda (2M). Il gruppo si presentava eterogeneo per livelli di partenza, con la presenza di due studenti con disturbi specifici dell'apprendimento (DSA) e uno studente con bisogni educativi speciali (BES) di tipo linguistico, con un livello di competenza in italiano pari ad A2 secondo il Quadro Comune Europeo di Riferimento per le Lingue (Council of Europe, 2001). Tale composizione evidenziava la necessità di adottare strategie didattiche inclusive, in quanto per una parte degli studenti la didattica frontale tradizionale risultava spesso scarsamente efficace (Hattie, 2009; Pellerey, 2010).

L'adozione di un approccio basato sulla percezione visiva è stata motivata non solo dalla coerenza con il profilo d'indirizzo, ma anche dall'esigenza di applicare i principi dell'Universal Design for Learning (UDL), al fine di consentire a ciascuno studente di accedere ai contenuti scientifici attraverso canali sensoriali differenti (Meyer, Rose &

Gordon, 2014; Anderson & Krathwohl, 2001). L'individuazione di questo specifico target risponde, inoltre, alla necessità di verificare l'efficacia di un approccio sensoriale in un contesto formativo caratterizzato da una marcata attitudine visiva e creativa (Cochrane, 2012).

Gli studenti di tale indirizzo, generalmente di età compresa tra i 15 e i 16 anni, presentano un orientamento progettuale volto alla manipolazione di forme, materiali e colori, ma evidenziano spesso una minore propensione verso l'apprendimento di discipline scientifiche proposte in forma esclusivamente teorica (Contento, 2015; Fensham, 2011). Alla luce di queste caratteristiche, si è reso necessario progettare un intervento didattico in grado di ancorare i contenuti biochimici astratti (le “molecole della vita”) a esperienze concrete e visivamente significative, riducendo la distanza tra rigore scientifico e quotidianità professionale (Damiano, 2013; Mayer, 2017).

3.2 Progettazione del percorso didattico e fasi della ricerca

Il cuore metodologico dell'intervento è rappresentato dal laboratorio sensoriale, concepito non come semplice attività pratica, ma come un autentico dispositivo epistemologico (Chevallard, 1994; Damiano, 2013). Il laboratorio ha operato come uno spazio di mediazione volto a colmare il divario tra il livello microscopico delle molecole e il livello macroscopico dell'esperienza sensoriale (Cochrane, 2012).

In questa prospettiva, l'alimento è stato trasformato in un “mediatore cognitivo” (Damiano, 2013). Attraverso la mediazione dei sensi, il laboratorio ha permesso di connettere tre dimensioni ontologiche distinte:

- Livello Macroscopico: proprietà organolettiche (colore, forma, consistenza).
- Livello Microscopico: natura biochimica dei nutrienti (carboidrati, lipidi, proteine, micronutrienti) (Nelson & Cox, 2022; Berg et al., 2020).
- Livello Funzionale: benefici fisiologici e metabolici per l'organismo (Bender, 2014; WHO, 2004).

L'obiettivo centrale è stato "rendere visibile l'invisibile", trasformando la percezione del colore da semplice dato estetico in segnale chimico-biologico capace di orientare le

scelte di salute del cittadino (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018). Questo processo di decodifica sensoriale favorisce un apprendimento profondo, in cui la teoria biochimica si ancora a evidenze fenomenologiche immediate e significative per lo studente (Novak, 2001; Ausubel, 1978).

3.3 Materiali e schede operative

Per lo svolgimento del laboratorio sensoriale “Rendere visibile l’invisibile” sono stati predisposti materiali e schede operative specifici, finalizzati a facilitare l’osservazione, l’analisi e la comprensione dei concetti scientifici da parte degli studenti (Cochrane, 2012). Gli strumenti scelti hanno privilegiato il collegamento tra esperienza sensoriale, osservazione diretta e identificazione delle principali categorie di nutrienti, in linea con gli obiettivi didattici e di cittadinanza scientifica (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

Materiali utilizzati:

- Alimenti freschi di diversi colori: carote, patate, broccoli, sedano, zucchine, pomodoro, melanzane, peperoni, mirtilli, zucca, arance, mela; burro, olio di semi. Questi hanno permesso di collegare la percezione visiva al riconoscimento dei principali nutrienti (carboidrati, proteine, grassi, vitamine, sali minerali e fibre) (Bender, 2014; Nelson & Cox, 2022).
- Schede operative di laboratorio: strutturate con domande guidate, tabelle di osservazione, esercizi di abbinamento colore-funzione e spazi per annotazioni personali, per favorire l'apprendimento significativo (Novak, 2001; Ausubel, 1978).
- Strumenti per l’osservazione sensoriale: pinze, 6 becher, 6 bacchette di vetro, un bollitore, forbici, piatti di plastica, pezzettini di stoffa bianca, coltello per sezionare l’alimento, fogli per la raccolta dei dati individuali e di gruppo (Damiano, 2013; Piaget, 1981).
- Questionari pre- e post-intervento: semplificati per studenti DSA e BES linguistico, per raccogliere dati quantitativi e qualitativi sulle conoscenze iniziali

e finali, e favorire una valutazione equa delle competenze (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002; Pellerey, 2010).

- Diari di bordo e schede di osservazione partecipante: utilizzati dall'insegnante per monitorare dinamiche di gruppo, uso del linguaggio tecnico-scientifico e partecipazione attiva, secondo il modello della ricerca-azione (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

L'utilizzo combinato di questi materiali ha garantito un approccio multisensoriale e concreto, rendendo l'apprendimento dei concetti biochimici più accessibile e significativo per tutti gli studenti (Mayer, 2017; Hattie, 2009). Inoltre, le schede operative hanno supportato la riflessione metacognitiva, stimolando gli studenti a confrontare percezione, conoscenze pregresse e nuove acquisizioni scientifiche (Novak, 2001; Sanmartí, 2010).

3.4 Articolazione del percorso laboratoriale

Il laboratorio didattico “Rendere visibile l'invisibile” è stato progettato e realizzato per una durata complessiva di 6 ore, articolate in sei incontri da 1 ora ciascuno, in coerenza con l'organizzazione curricolare della classe. Questa scansione temporale è stata strutturata per consentire una distribuzione equilibrata delle diverse fasi del percorso, garantendo la necessaria continuità didattica e una gradualità nell'apprendimento, evitando al contempo un eccessivo sovraccarico cognitivo per gli studenti (Mayer, 2017; Hattie, 2009).

Per guidare l'osservazione sistematica e favorire la formulazione di ipotesi, sono state somministrate agli studenti delle schede operative strutturate (cfr. Appendice E), progettate in coerenza con il profilo professionale dell'indirizzo Moda (Sjöström & Eilks, 2018; Damiano, 2013).

Fasi dell'intervento:

Incontro 1 (1 ora) – Attivazione delle conoscenze pregresse

Il primo incontro è stato dedicato all'introduzione del percorso e all'attivazione delle conoscenze pregresse degli studenti.

Attraverso una lezione dialogata, sono stati introdotti i concetti fondamentali relativi alle biomolecole, con particolare attenzione al rapporto tra struttura chimica e funzione nutrizionale. Gli studenti sono stati coinvolti mediante domande stimolo, favorendo la partecipazione attiva e l'emersione delle rappresentazioni iniziali (Novak, 2001; Ausubel, 1978).

Incontro 2 (1 ora) – Rilevazione iniziale

Nel secondo incontro è stato somministrato un test pre-intervento (valutazione diagnostica), finalizzato a rilevare il livello iniziale delle conoscenze. A seguire, è stata presentata l'attività laboratoriale, esplicitandone obiettivi, modalità operative e materiali, al fine di preparare gli studenti all'esperienza pratica (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

Incontro 3 (1 ora) – Avvio del laboratorio sensoriale

Il terzo incontro ha segnato l'inizio dell'attività laboratoriale. Gli studenti sono stati coinvolti nella prima fase del laboratorio "*Rendere visibile l'invisibile*", basata sull'osservazione sensoriale di campioni vegetali. In questa fase iniziale, l'attenzione è stata posta sull'esplorazione libera e guidata dei materiali, stimolando curiosità e formulazione di prime ipotesi (Cochrane, 2012; Piaget, 1981).

Incontro 4 (1 ora) – Sviluppo dell'attività laboratoriale

Il quarto incontro è stato dedicato al proseguimento del laboratorio. Gli studenti hanno approfondito l'osservazione dei campioni, mettendo a confronto diverse caratteristiche sensoriali e iniziando a collegarle alla possibile presenza di specifiche biomolecole. L'attività è stata orientata verso un'osservazione più sistematica e consapevole (Bender, 2014; Nelson & Cox, 2022).

Incontro 5 (1 ora) – Rielaborazione dell'esperienza

Nel quinto incontro è stata proposta una discussione guidata, finalizzata alla rielaborazione collettiva dell'esperienza. Gli studenti sono stati accompagnati nella

sistematizzazione delle osservazioni e nella costruzione di collegamenti tra evidenze empiriche e concetti teorici, favorendo un processo di astrazione e generalizzazione. (Bruner, 1967; Vygotskij, 1980).

Incontro 6 (1 ora) – Valutazione e riflessione finale

- L'ultimo incontro c'è stata la somministrazione del test post-intervento (valutazione finale) e momento di riflessione metacognitiva, durante il quale gli studenti hanno analizzato il proprio percorso di apprendimento e i traguardi raggiunti (Sanmartí, 2010; Pellerey, 2010).

Nel complesso l'articolazione in sei incontri dovrebbe permettere di distribuire in modo equilibrato le diverse fasi del percorso didattico, garantendo continuità e gradualità nell'apprendimento (Mayer, 2017; Hattie, 2009).

3.4.1 Focus nutrizionale: dalla Dieta Mediterranea alla "Dieta a Colori"

Un modulo centrale dell'intervento è stato dedicato alla transizione dai modelli alimentari tradizionali alle moderne evidenze biochimiche sulla salute. Partendo dalla Dieta Mediterranea, pilastro della prevenzione cardiovascolare, la discussione è approdata alla proposta visiva della "Dieta a Colori" (CREA, 2018).

Questa metodologia è stata scelta per la sua capacità di trasformare l'astrazione dei micronutrienti in una guida pratica e visiva, associando ogni pigmento a specifici benefici per il corpo (Tabella 3.1).

Tabella 3.1 - I cinque colori del benessere: composti bioattivi e benefici sistemici

Colore	Fitocomposti chiave	Benefici per l'organismo e organi bersaglio
Rosso	Licopene, Antocianine	Salute del cuore, memoria e protezione del tratto urinario
Giallo/Arancio	Beta-carotene, Vitamina C	Funzione visiva, salute della pelle e sistema immunitario
Verde	Clorofilla, Magnesio, Folati	Benessere degli occhi, salute di ossa e denti
Blu/Viola	Antocianine, Potassio	Protezione del microcircolo e contrasto all'invecchiamento cellulare
Bianco	Quercetina, Allicina	Regolazione della pressione arteriosa, colesterolo e difese immunitarie

Fonte: Elaborazione dell'autrice su dati CREA, 2018

A integrazione di questa classificazione, il laboratorio ha permesso di analizzare criticamente gli errori alimentari più comuni nel regime dietetico degli adolescenti, favorendo lo sviluppo di un pensiero critico basato sulle evidenze (Contento, 2015; WHO, 2021):

- Carenza di fibre e vitamine: è stata approfondita la distinzione tra fibra solubile (fondamentale per modulare la glicemia e il colesterolo) e fibra insolubile (essenziale per il transito intestinale e la prevenzione meccanica) (Bender, 2014).
- Squilibrio tra fonti animali e vegetali: si è discusso il consumo eccessivo di prodotti animali (spesso ricchi di grassi saturi) rispetto alla raccomandazione di incrementare le proteine vegetali, naturalmente prive di colesterolo e ricche di composti protettivi.
- Stagionalità e distribuzione dei pasti: gli studenti hanno riflettuto sull'importanza di consumare prodotti di stagione, che mantengono intatte le proprietà antiossidanti, e sulla necessità di una corretta ripartizione energetica durante la giornata per ottimizzare i processi metabolici (Paoletti, 2020).

Questo approfondimento ha permesso di chiudere il cerchio tra "visibile" (il colore dell'alimento) e "invisibile" (l'impatto molecolare sulla salute), preparando la classe alla fase valutativa finale.

3.5 Strumenti di raccolta dati

Il colore ha rappresentato il fulcro dell'intero dispositivo didattico, agendo come "ponte cognitivo" tra l'esperienza estetica e la spiegazione scientifica, facilitando l'accesso ai concetti della chimica in un contesto interdisciplinare legato all'identità professionale degli studenti della Moda (Damiano, 2013; Sjöström & Eilks, 2018). La sua efficacia come mediatore dell'apprendimento deriva da diversi fattori: l'immediata percepibilità sensoriale, la capacità di suscitare curiosità e coinvolgimento, il supporto nei processi di memorizzazione e il collegamento tra dimensione estetica e spiegazione biochimica (Cochrane, 2012; Mayer, 2017).

Nel contesto di questo specifico indirizzo, il colore costituisce infatti un elemento centrale sia nella formazione sia nell'identità professionale degli studenti di questo percorso. Per loro, il colore rappresenta una vera e propria "materia prima" del lavoro progettuale e creativo; proprio per questo, trasformarlo in "segnale chimico" ha consentito di operare una efficace trasposizione didattica, rendendo i contenuti scientifici più accessibili e significativi (Chevallard, 1994; Fensham, 2011). In questo modo il colore è diventato un punto di accesso privilegiato ai concetti della chimica, favorendo la motivazione, la partecipazione e il collegamento tra sapere scientifico e ambito professionale.

L'attività ha inoltre favorito una naturale dimensione interdisciplinare, integrando le scienze naturali con la psicologia della percezione visiva e la cultura del colore tipica del settore tessile (Hattie, 2009; Morin, 2000).

Per monitorare l'evoluzione delle competenze e valutare l'efficacia dell'intervento, sono stati utilizzati i seguenti strumenti di rilevazione:

- Test Pre-intervento (Diagnostico): Questionario strutturato (Appendice A) volto a individuare le principali misconcezioni iniziali e a definire il livello di partenza della classe (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

- Osservazione partecipante (In itinere): Utilizzo di diari di bordo per documentare le dinamiche partecipative, l'evoluzione del linguaggio tecnico-scientifico e la qualità delle interazioni tra pari, secondo il modello della ricerca-azione (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).
- Test Post-intervento (Valutativo): Questionario finale (Appendice B) volto a valutare i cambiamenti nelle conoscenze acquisite e negli atteggiamenti degli studenti nei confronti dell'alimentazione e dei temi scientifici affrontati (Sanmartí, 2010; Pellerey, 2010).

Gli strumenti di valutazione sono stati costruiti in coerenza con gli obiettivi didattici e i contenuti trattati, garantendo una valutazione equa delle competenze anche per gli studenti con DSA e BES linguistico attraverso versioni semplificate degli strumenti (Appendice C e Appendice D) (Pellerey, 2010; Anderson & Krathwohl, 2001). L'analisi dettagliata dei dati raccolti, descritta nel paragrafo 3.6, si basa sull'integrazione di dati quantitativi e osservazioni qualitative per valutare l'efficacia complessiva dell'intervento (Trincherò, 2002; Hattie, 2009).

3.6 Struttura dell'intervento

L'architettura metodologica dell'attività laboratoriale ha seguito una progressione logica rigorosa, finalizzata a stimolare il passaggio dal pensiero intuitivo al pensiero scientifico attraverso tre fasi salienti (Chevallard, 1994).

3.6.1 Osservazione guidata

La fase iniziale del laboratorio ha previsto la presentazione agli studenti di un campionario di vegetali freschi (arance, mele, broccoli, carote, pomodori e peperoni). Prima di introdurre il tema dell'alimentazione e della salute, la lezione è stata avviata attraverso una breve riflessione condivisa: agli studenti è stato ricordato come il corpo umano possa essere paragonato, in senso metaforico, a un vero e proprio laboratorio chimico, nel quale le sostanze introdotte con l'alimentazione vengono continuamente trasformate, scomposte e ricombinate attraverso processi biochimici complessi. L'uso di

questa analogia ha permesso di ancorare il nuovo sapere a concetti già familiari, favorendo un apprendimento significativo (Novak, 2001; Ausubel, 1978).

In questo primo momento si è scelto deliberatamente di sospendere la spiegazione teorica preliminare, privilegiando un approccio basato sull'indagine (Inquiry-based learning) e ponendo una domanda aperta e stimolante: “Che cosa ci suggerisce il colore di questo alimento?” (Bybee, 2015; Mayer, 2004). Questo interrogativo ha funzionato come un vero e proprio innesco cognitivo (Damiano, 2013), orientando l’attenzione degli studenti oltre la semplice identificazione culinaria del prodotto e invitandoli a interpretarlo da una prospettiva scientifica. In tal modo, si è favorito l’emergere della curiosità e della meraviglia, motori essenziali per avviare un processo di osservazione sistematica e di riflessione critica (Hattie, 2009; Pellerrey, 2010).

3.6.2 Formulazione di ipotesi (Cooperativa)

Suddivisi in 5 gruppi cooperativi eterogenei, gli studenti sono stati invitati a formulare alcune ipotesi riguardo alla possibile composizione chimica dei campioni osservati. Il processo di riflessione si è concentrato in particolare sulla relazione tra il colore degli alimenti e il loro potenziale valore nutrizionale (Johnson & Johnson, 1994; Hattie, 2009).

Sono così emerse alcune prime associazioni interpretative:

- cromatismi aranciati, ipotizzati come possibili indicatori della presenza di beta-carotene;
- tonalità di verde intenso, ricondotte alla presenza di minerali come ferro e magnesio;
- colorazioni rosse, associate a composti dotati di potenziale attività antiossidante (Bender, 2014; CREA, 2018).

In tale contesto, l’errore è stato valorizzato come risorsa diagnostica e opportunità di apprendimento, piuttosto che come elemento da sanzionare (Sanmartí, 2010; Pellerrey, 2010). Il confronto collettivo tra le ipotesi formulate e le evidenze scientifiche ha permesso alla classe di validare o ristrutturare le proprie interpretazioni, trasformando la

discussione guidata in un processo di costruzione sociale della conoscenza (Vygotskij, 1980; Novak, 2001).

Durante le attività sono emerse diverse verbalizzazioni spontanee che documentano efficacemente il passaggio dall'intuizione al ragionamento inferenziale. Tra le riflessioni registrate si annoverano espressioni quali: «*il verde mi fa pensare al ferro*», «*l'arancione potrebbe essere legato alla vitamina A*» o «*il rosso indica sostanze che proteggono dalle malattie*». Tali affermazioni testimoniano il tentativo sistematico dei partecipanti di ancorare le proprietà sensoriali osservate a specifiche funzioni nutrizionali e biochimiche, favorendo un apprendimento autentico e significativo (Damiano, 2013; Ausubel, 1978).

3.6.3 Collegamento molecolare e sistematizzazione

Solo dopo l'esplorazione fenomenologica e la discussione delle intuizioni emerse tra gli studenti si è proceduto alla sistematizzazione dei contenuti teorici, esplicitando il legame biochimico sottostante alle osservazioni formulate (Chevallard, 1994; Damiano, 2013). In questa fase è stato chiarito, ad esempio, come la particolare struttura chimica dei carotenoidi determini l'assorbimento di specifiche lunghezze d'onda della luce, responsabili delle tipiche colorazioni aranciate di molti vegetali (Nelson & Cox, 2022; Berg et al., 2020). Allo stesso modo è stato evidenziato come la presenza di ioni metallici coordinati in complessi proteici possa influenzare non solo il colore di determinate molecole, ma anche la loro funzione biologica, come avviene nel caso del ferro all'interno dell'emoglobina (Campbell & Farrell, 2019; Nelson & Cox, 2022).

Questo momento di rielaborazione teorica ha permesso di mettere in luce un aspetto centrale: il colore degli alimenti non costituisce semplicemente una caratteristica estetica, ma rappresenta spesso la manifestazione macroscopica di specifiche proprietà molecolari (Cochrane, 2012). In tal modo gli studenti hanno potuto cogliere in maniera più concreta il collegamento tra l'osservazione sensoriale degli alimenti e i processi biochimici che ne determinano composizione e funzione, favorendo un apprendimento più efficace e significativo (Mayer, 2017; Novak, 2001). Tale approccio trasforma il laboratorio in uno spazio di mediazione didattica, dove la teoria scientifica viene "vissuta" e non semplicemente ascoltata (Damiano, 2013; Bruner, 1967).

3.6.4 Educazione civica e approfondimento nutrizionale

Durante l'attività laboratoriale, gli studenti sono stati stimolati a un approfondimento critico sulla composizione nutrizionale degli alimenti. L'approccio non è stato trasmissivo, ma basato sulla costruzione attiva della conoscenza attraverso tre fasi metodologiche:

1. Osservazione sistematica: analisi delle proprietà fisiche e organolettiche (Cochrane, 2012; Piaget, 1981).
2. Inferenza e Pensiero Analogico: deduzione della presenza di biomolecole (l'invisibile) a partire dal colore (il visibile) (Damiano, 2013; Novak, 2001).
3. Argomentazione: giustificazione delle ipotesi nel gruppo dei pari (Vygotskij, 1980; Hattie, 2009).

A partire dall'analisi dei diversi vegetali presentati, ciascun gruppo ha cercato di individuare quali biomolecole e quali categorie di nutrienti – macro o micronutrienti – fossero maggiormente rappresentate nei diversi alimenti.

Questo approccio ha favorito una transizione epistemologica fondamentale: il passaggio dalla conoscenza dichiarativa (es. *«la carota è salutare»*) alla conoscenza esplicativa (es. *«la carota contiene beta-carotene, pigmento precursore della vitamina A»*) (Chevallard, 1994; Ausubel, 1978).

In particolare, è emerso come la cromia dei vegetali possa essere correlato alla presenza di specifici composti bioattivi: pigmenti come carotenoidi, clorofille o altri fitocomposti che, oltre a determinare il colore dell'alimento, svolgono anche importanti funzioni nutrizionali e protettive per l'organismo.

La riflessione si è poi estesa ai "5 colori del benessere" (Figura 3.3), utilizzando la varietà cromatica come indicatore macroscopico di una dieta equilibrata e completa (MIUR, 2015; CREA, 2018). Il laboratorio si è concluso con una discussione comparativa tra alimenti di origine vegetale e animale: analizzando parametri biochimici (proteine, fibre, grassi), gli studenti sono stati guidati verso lo sviluppo di un pensiero critico basato su evidenze scientifiche, superando giudizi puramente morali o pregiudizi comuni.

Blu	Viola	Verde	Bianco	Giallo	Arancio	Rosso
(antocianine, carotenoidi, vitamina C, potassio e magnesio)		(clorofilla, carotenoidi, magnesio, vitamina C, acido folico e luteina)	(polifenoli, flavonoidi, composti solforati nella cipolla e nell'aglio, potassio, vitamina C, selenio nei funghi)	(flavonoidi, carotenoidi, vitamina C)		(licopene e antocianine)
melanzane, radicchio, fichi, frutti di bosco (lamponi, mirtilli, more, ribes), prugne, uva nera		asparagi, agretti, basilico, bieta, broccoli, cavoli, carciofi, cetrioli, cicoria, lattuga, rucola, prezzemolo, spinaci, zucchine, uva bianca, kiwi	aglio, cavolfiore, cipolla, finocchio, funghi, mele, pere, porri, sedano	arance, limoni, mandarini, pompelmi, melone, loti, albicocche, pesche, nespole, carote, peperoni, zucca, mais		pomodori, rape, ravanelli, peperoni, barbabietole, anguria, arance rosse, ciliegie, fragole.

Figura 3.3 - I cinque colori del benessere e i principali alimenti associati. **Fonte:** CSTM, *I 5 colori del benessere: cosa sono, caratteristiche e consigli alimentari*, disponibile online.

Al fine di guidare le studentesse nella fase di interpretazione e collegamento tra osservazione sensoriale e contenuti scientifici, è stata proposta una sistematizzazione delle principali correlazioni tra colore degli alimenti e composti bioattivi, come di seguito riportato:

- Arancione / giallo → presenza di carotenoidi (in particolare β -carotene), pigmenti liposolubili che rappresentano precursori della vitamina A e svolgono un ruolo importante nei processi visivi e nella protezione cellulare (Nelson & Cox, 2022; Bender, 2014).
- Rosso → presenza di licopene e altri carotenoidi, molecole dotate di attività antiossidante che contribuiscono alla protezione delle cellule dallo stress ossidativo (Berg et al., 2020; Cozzani & Dainese, 2010).
- Verde → presenza di clorofilla, spesso associata anche alla presenza di folati, magnesio e altri micronutrienti importanti per numerosi processi metabolici (Nelson & Cox, 2022; Campbell & Farrell, 2019).

- Blu/Viola → presenza di antocianine, pigmenti idrosolubili della famiglia dei flavonoidi. Oltre a determinare le tonalità scure di molti frutti e ortaggi, queste molecole svolgono un'importante azione antiossidante e protettiva nei confronti del microcircolo e del sistema cardiovascolare (Bender, 2014; CREA, 2018)
- Bianco → presenza di composti solforati (come l'allicina) e flavonoidi (come la quercetina). Questi nutrienti sono associati alla regolazione della pressione arteriosa e al potenziamento delle difese immunitarie, oltre a rappresentare spesso fonti importanti di potassio e fibre (WHO, 2004; CREA, 2018).

Ne è emersa una riflessione sull'importanza della varietà alimentare: un piatto dai colori vivaci non è solo piacevole alla vista, ma garantisce un apporto nutrizionale più ampio e bilanciato.

Successivamente il laboratorio ha previsto una discussione comparativa tra alimenti di origine vegetale e animale, analizzando parametri biochimici (proteine, fibre, grassi) per favorire lo sviluppo di un pensiero critico basato su evidenze scientifiche, superando giudizi morali o pregiudizi comuni (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

La conversazione si è concentrata anche sulle caratteristiche di ciascun tipo di alimentazione, evidenziando come nessuna delle due sia intrinsecamente “superiore”, ma che entrambe possano contribuire a una dieta equilibrata se inserite in maniera consapevole. Sono stati inoltre discussi aspetti quali la varietà nutrizionale, l'apporto di fibre, grassi e micronutrienti, e l'importanza di modulare le scelte in base alle esigenze individuali e allo stile di vita (Contento, 2015; Paoletti, 2020).

Questa fase ha permesso agli studenti di sviluppare un pensiero critico e informato sulle scelte alimentari, andando oltre i pregiudizi comuni e comprendendo che la valutazione della “correttezza” di un'alimentazione deve basarsi su parametri scientifici e funzionali, più che su giudizi assoluti o morali.

3.7 Metodologia di analisi dei dati

L'analisi dei dati raccolti durante il laboratorio sensoriale è stata condotta attraverso un approccio misto, che ha combinato strumenti quantitativi e qualitativi al fine di

ottenere una valutazione completa dell'efficacia dell'intervento (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

3.7.1 Analisi dei dati quantitativi

I test pre-intervento e post-intervento hanno permesso di rilevare le conoscenze degli studenti prima e dopo lo svolgimento del laboratorio. L'analisi quantitativa ha seguito le seguenti fasi:

1. Codifica delle risposte: le risposte a scelta multipla sono state trasformate in punteggi numerici, assegnando un valore 1 alle risposte corrette e 0 a quelle errate o mancanti. Le domande aperte sono state valutate secondo una scala di correttezza crescente, basata sulla presenza di concetti chiave scientifici (es. individuazione corretta della biomolecola associata al colore) (Anderson & Krathwohl, 2001; Pellerey, 2010).
2. Confronto pre/post: per ciascun studente e per ciascuna domanda è stato calcolato il punteggio percentuale di risposte corrette, al fine di valutare eventuali progressi (Hattie, 2009; Sanmartí, 2010).
3. Sintesi statistica: sono state calcolate medie, deviazioni standard e percentuali di miglioramento per l'intero gruppo classe, evidenziando le conoscenze acquisite e le aree di maggiore difficoltà (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).
4. Interpretazione dei risultati: i dati quantitativi hanno consentito di identificare le misconcezioni persistenti e le conoscenze consolidate, fornendo un quadro oggettivo dell'efficacia dell'intervento laboratoriale (Sanmartí, 2010; Novak, 2001).

3.7.2 Analisi dei dati qualitativi

Le osservazioni partecipanti, i diari di bordo e le verbalizzazioni emerse durante le attività cooperative sono state analizzate secondo criteri qualitativi, con l'obiettivo di comprendere i processi cognitivi e metacognitivi degli studenti (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

1. Trascrizione e catalogazione: tutte le osservazioni rilevate durante il laboratorio e le espressioni spontanee degli studenti sono state trascritte e organizzate in categorie tematiche (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

2. Codifica tematica: sono stati individuati pattern ricorrenti nei discorsi degli studenti, in particolare riferiti a:
 - collegamento tra colore e contenuto nutrizionale;
 - utilizzo di concetti scientifici appropriati;
 - capacità di argomentazione e confronto tra pari;
 - strategie di apprendimento e partecipazione collaborativa (Anderson & Krathwohl, 2001; Hattie, 2009).
3. Analisi interpretativa: la codifica tematica ha permesso di evidenziare come gli studenti abbiano trasformato le osservazioni sensoriali in conoscenze esplicative, passando dalla conoscenza dichiarativa (“la carota è salutare”) a quella esplicativa (“la carota contiene beta-carotene, un precursore della vitamina A, essenziale per la vista”) (Chevallard, 1994; Novak, 2001).
4. Integrazione con i dati quantitativi: i risultati qualitativi sono stati confrontati con quelli dei test pre/post, al fine di validare le osservazioni empiriche e ottenere una valutazione complessiva dell’apprendimento, sia in termini di acquisizione di contenuti scientifici sia di sviluppo di competenze cognitive e metacognitive (Trincherò, 2002; Sanmartí, 2010; Pellerey, 2010).

3.7.3 Sintesi

L’approccio misto adottato ha consentito di ottenere una visione olistica e multiprospettica dell’impatto del laboratorio sensoriale (Trincherò, 2002; Cohen et al., 2017). L’integrazione sinergica tra dati quantitativi e qualitativi ha permesso di monitorare non solo l’acquisizione dei contenuti biochimici, ma anche l’evoluzione dei processi cognitivi, l’uso del linguaggio tecnico e l’adozione di strategie di apprendimento attivo da parte degli studenti (Lucisano & Salerni, 2002; Damiano, 2013).

Tale triangolazione dei dati ha garantito una valutazione rigorosa dell’efficacia didattica dell’intervento, confermando la capacità del dispositivo laboratoriale di trasformare l’evidenza sensoriale in un apprendimento autentico, situato e duraturo (Novak, 2001; Hattie, 2009; Sanmartí, 2010).

4 RISULTATI

L'analisi dei risultati ottenuti durante la fase sperimentale presso l'I.I.S. "L.Nobili" permette di delineare l'impatto dell'intervento didattico sulle conoscenze e sugli atteggiamenti del campione di riferimento. I dati qui presentati derivano dal confronto tra le rilevazioni effettuate nella fase di *pre-intervento* (diagnostica) e quelle emerse nel *post-intervento* (valutativa), integrate dalle osservazioni sistematiche condotte durante le attività laboratoriali (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).

4.1 Evoluzione delle competenze biochimiche: analisi dei test

La somministrazione del questionario diagnostico iniziale ha evidenziato una situazione di partenza caratterizzata da conoscenze frammentarie e dalla presenza di diffuse misconcezioni in ambito biochimico e nutrizionale (Novak, 2001; Ausubel, 1978).

Il quadro iniziale (pre-intervento)

L'analisi delle risposte ha permesso di individuare alcune criticità ricorrenti, riconducibili a schemi interpretativi tipici degli studenti non ancora formati sui contenuti disciplinari:

- Frammentarietà delle conoscenze: le informazioni risultavano isolate e prive di connessioni tra struttura chimica e funzione biologica (Piaget, 1981; Damiano, 2013).
- Semplificazioni e pregiudizi alimentari: carboidrati e lipidi venivano frequentemente associati esclusivamente all'aumento di peso, senza considerazione della loro funzione energetica e strutturale (Contento, 2015);
- Difficoltà di inquadramento concettuale: emergevano incertezze nel distinguere tra diverse classi di biomolecole e nel collocare correttamente il ruolo biologico di alcune di esse.

Complessivamente, il livello di partenza della classe si collocava su una conoscenza prevalentemente intuitiva e poco formalizzata.

Risultati post-intervento: evidenze di apprendimento

Al termine del percorso laboratoriale, i risultati del questionario post-intervento mostrano un netto miglioramento nella comprensione dei contenuti biochimici trattati. Il confronto tra i dati raccolti prima e dopo l'intervento didattico evidenzia un incremento significativo del tasso di risposte corrette: nella fase pre-intervento, la classe ha mostrato una media di risposte esatte pari al 38%, mentre la rilevazione post-intervento ha registrato un balzo all'84%. Questo scostamento positivo del +46% suggerisce che l'approccio basato sul laboratorio sensoriale e sulla trasposizione didattica visivo-creativa ha favorito un'efficace interiorizzazione dei concetti (Chevallard, 1994; Mayer, 2017).

4.1.1 Analisi statistica descrittiva: Medie e Deviazioni Standard

Per valutare l'efficacia dell'intervento non solo in termini di crescita globale, ma anche di equità e inclusività, i risultati individuali sono stati analizzati calcolando la Media (μ) e la Deviazione Standard (σ), quest'ultima intesa come indicatore della dispersione dei risultati rispetto al valore medio della classe.

Tabella 4.1 - Sintesi statistica comparativa tra le fasi di rilevazione.

Area di interazione	Pre-applicazione (Media % \pm σ)	Post-applicazione (Media % \pm σ)	Incremento (Delta %)
Biomolecole	40% \pm 12,5	85% \pm 5,2	+45%
Micronutrienti	35% \pm 14,2	83% \pm 6,1	+48%
Biochimica dei colori	32% \pm 15,8	88% \pm 4,8	+56%
TOTALE COMPLESSIVO	38% \pm 13,4	84% \pm 5,5	+46%

L'analisi della deviazione standard offre un'importante conferma dell'efficacia metodologica: nel pre-intervento, il valore elevato ($\sigma= 13,4$) riflette una classe disomogenea con forti disparità iniziali. Nel post-intervento, la drastica contrazione della dispersione ($\sigma= 5,5$) indica una netta omogeneizzazione verso l'alto dell'apprendimento.

Il laboratorio ha agito come strumento di didattica inclusiva, riducendo il divario tra i diversi livelli di partenza e portando la quasi totalità del gruppo classe al raggiungimento degli obiettivi (Hattie, 2009; Trincherò, 2002; Pellerey, 2010).

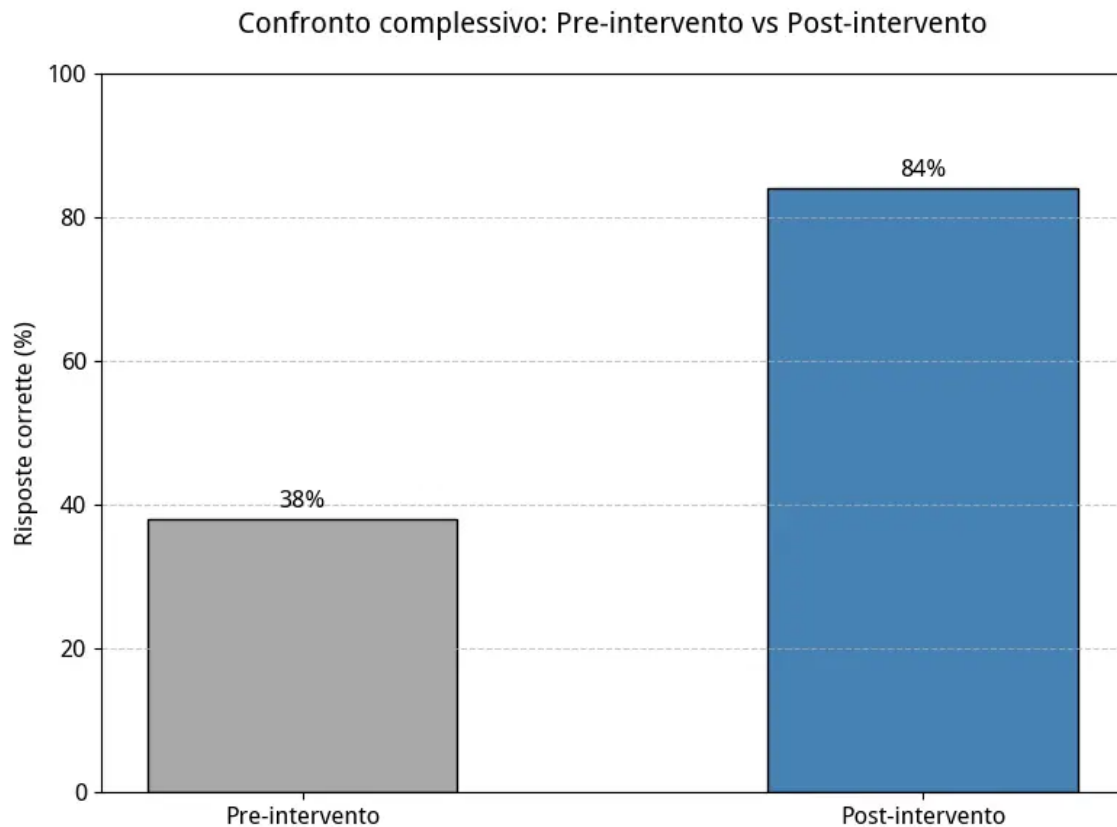


Figura 4.1 - Confronto complessivo delle risposte corrette: fase pre-intervento vs fase post-intervento. (N=22).

In particolare, circa l'85% degli studenti è stato in grado di:

- riconoscere le principali classi di biomolecole;
- descriverne le funzioni essenziali;
- stabilire semplici relazioni tra caratteristiche osservabili (come il colore) e proprietà nutrizionali.

L'analisi dettagliata dei dati (Figura 4.2) mostra un miglioramento uniforme in tutte le aree indagate, con risultati particolarmente rilevanti in alcune competenze chiave:

- Biomolecole (+45%): Gli studenti hanno acquisito una solida base sulla natura chimica di carboidrati, lipidi e proteine, passando dal 40% all'85% di risposte corrette (Bender, 2014; Nelson & Cox, 2022).
- Micronutrienti (+48%): L'area che ha registrato l'incremento maggiore, a testimonianza dell'efficacia del laboratorio sensoriale nel far comprendere il ruolo di vitamine e minerali attraverso il colore (Cochrane, 2012).
- Linguaggio scientifico (+50%): Tra tutti i progressi, questo è forse il più evidente: gli studenti sono passati da espressioni semplici e quotidiane, come 'le carote fanno bene alla vista', a frasi strutturate che citano direttamente molecole e vitamine, come 'il beta-carotene supporta la funzione visiva'. Questo cambiamento non solo dimostra l'acquisizione della terminologia specifica, ma rivela anche un reale sviluppo nella capacità di pensare e comunicare secondo criteri scientifici (Scientific Literacy) (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

Questi risultati dimostrano come l'intervento non abbia solo trasmesso nozioni, ma abbia innescato un vero e proprio cambiamento qualitativo nelle competenze disciplinari del gruppo classe.

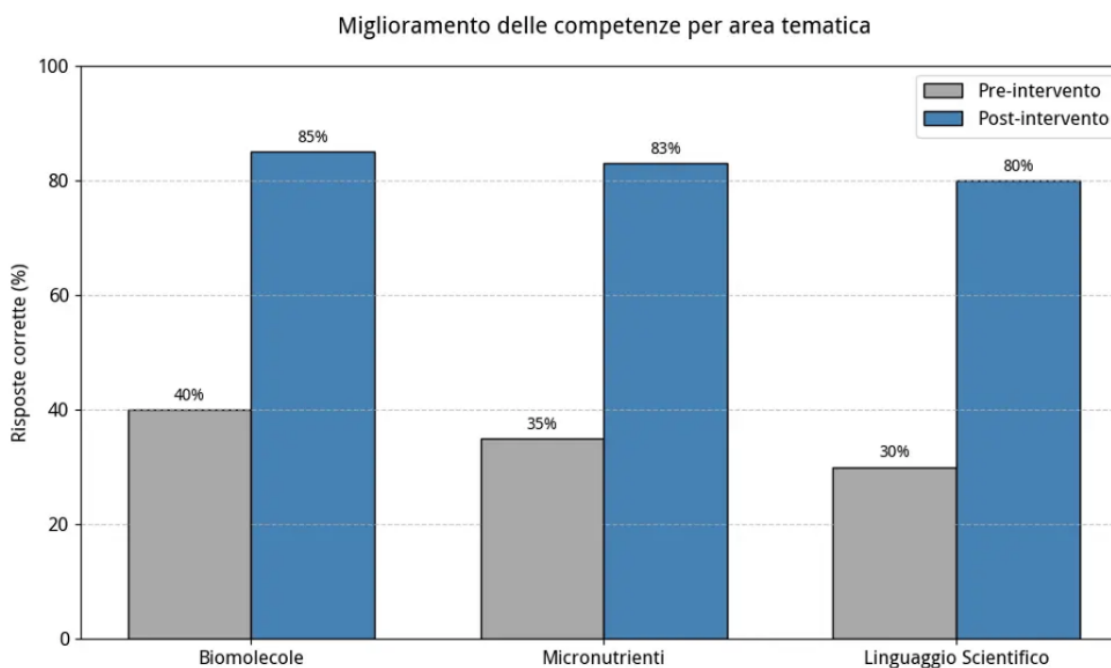


Figura 4.2 - Evoluzione delle competenze specifiche nelle tre macroaree d'indagine: Biomolecole, Micronutrienti e Linguaggio scientifico (N=22).

Tra gli aspetti più rilevanti emersi si segnalano:

Efficacia dell'approccio sensoriale e visuale: l'utilizzo del colore come mediatore didattico ha contribuito a ridurre il livello di astrazione dei concetti, facilitando la memorizzazione e la comprensione delle funzioni dei principali composti bioattivi; (es. clorofilla, antocianine, carotenoidi). Un'attenzione particolare merita l'analisi dei risultati relativi alla biochimica dei colori (Figura 4.3). Quest'area, che rappresenta il fulcro dell'intero percorso sperimentale, ha registrato l'incremento più netto: si è passati da una percentuale iniziale di risposte corrette del 32% a un valore finale dell'88%.

Tale risultato (+56%) conferma l'efficacia del laboratorio sensoriale come dispositivo epistemologico: gli studenti, inizialmente ignari del legame tra pigmenti vegetali e proprietà molecolari, hanno acquisito la capacità di decodificare il segnale cromatico. Il colore è passato dall'essere un mero dato estetico a fungere da indicatore chimico-biologico, permettendo alla classe di 'leggere' l'invisibile molecolare attraverso il visibile macroscopico.

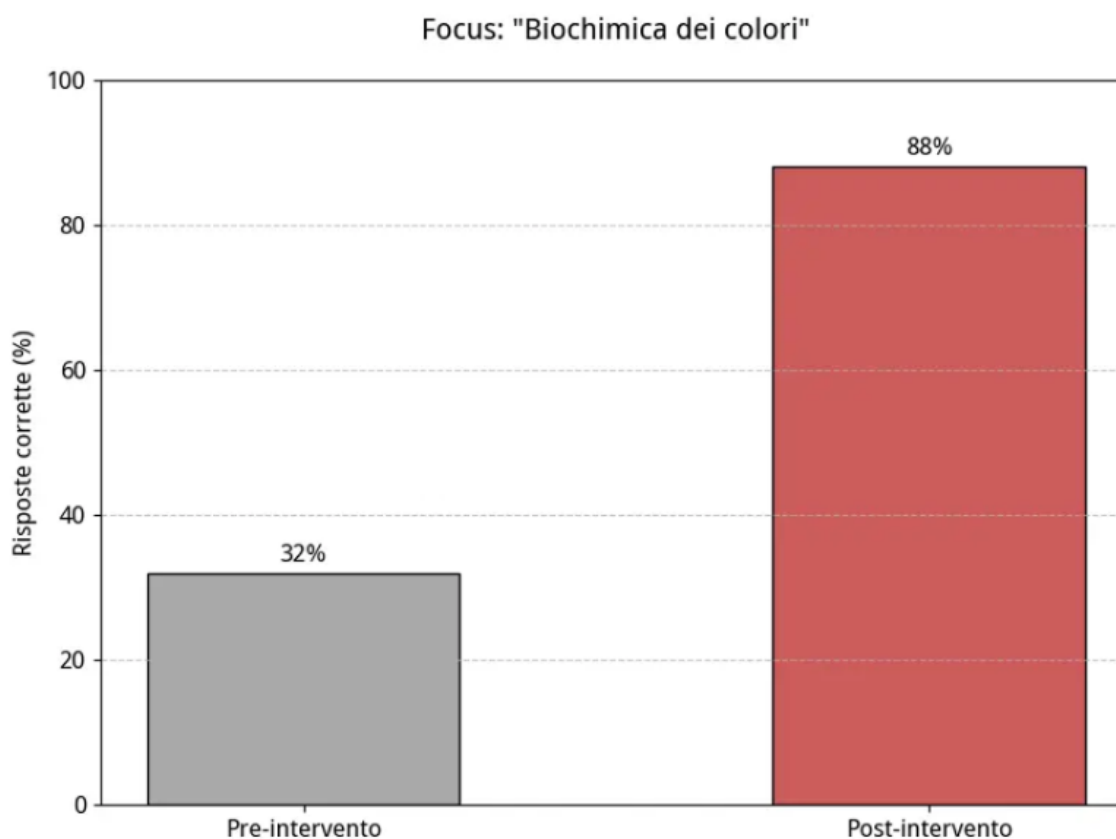


Figura 4.3 - Dettaglio del miglioramento nell'area tematica "Biochimica dei colori" (N=22).

Passaggio dal senso comune al linguaggio scientifico: le risposte aperte mostrano un'evoluzione significativa del lessico disciplinare. Ad esempio il passaggio da "le carote fanno bene alla vista" (senso comune) a "beta-carotene e vitamina A" (rigore scientifico). Espressioni generiche sono state progressivamente sostituite da termini più specifici e pertinenti, indicando non solo l'acquisizione di contenuti, ma anche lo sviluppo di una maggiore consapevolezza concettuale;

- Maggiore capacità di collegamento: gli studenti hanno dimostrato di saper mettere in relazione osservazioni empiriche (colore, consistenza, aspetto degli alimenti) con categorie scientifiche di base (nutrienti, funzioni biologiche), segno di un apprendimento più strutturato.

I dati raccolti durante l'intera sperimentazione sono stati sintetizzati nella Tabella 4.1, la quale mette in evidenza l'evoluzione delle competenze degli studenti nelle diverse aree d'indagine.

Tabella 4.1 – Sintesi dei principali miglioramenti registrati tra la fase di Pre-intervento e Post-intervento (N= 22).

Area di indagine	Situazione iniziale	Risultato finale	Miglioramento
Identificazione biomolecole	35-40% risposte corrette	~80-85% risposte corrette	+45%
Linguaggio disciplinare	Generico/intuitivo	Più preciso e scientifico	Miglioramento qualitativo
Comprensione micronutrienti	Confusione e incertezza	Associazione colore-funzione	Elevata efficacia

Considerazioni conclusive

I dati raccolti evidenziano come il percorso laboratoriale abbia favorito un apprendimento significativo, caratterizzato non solo dall’acquisizione di conoscenze, ma anche dalla riorganizzazione dei modelli interpretativi degli studenti.

In particolare, l’integrazione tra esperienza sensoriale e riflessione guidata si è dimostrata efficace nel promuovere un passaggio da una comprensione superficiale e frammentaria a una visione più consapevole e strutturata dei fenomeni biochimici.

4.2 Cambiamenti nei processi cognitivi e negli atteggiamenti

Per quantificare il delta di apprendimento — inteso come lo scarto tra il livello di conoscenze iniziale (fase diagnostica) e le competenze acquisite al termine del percorso — i dati sono stati aggregati in macroaree tematiche e sintetizzati attraverso istogrammi comparativi (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002). Dall’analisi grafica emerge chiaramente come l’incremento più significativo si sia registrato nell’area della “Biochimica dei colori”. Tale evidenza conferma la validità del laboratorio

sensoriale quale efficace e potente approccio didattico, capace di contestualizzare i contenuti scientifici in funzione delle specificità dell'indirizzo Moda (Sjöström & Eilks, 2018; Damiano, 2013).

Ad integrazione dei dati quantitativi, l'analisi qualitativa dei diari di bordo ha evidenziato una partecipazione attiva e costante, specialmente nelle fasi di osservazione fenomenologica di matrici organiche (frutta e ortaggi) (Trincherò, 2002; Cochrane, 2012). Gli studenti hanno sviluppato una progressiva autonomia nel formulare ipotesi scientifiche basate sull'evidenza empirica; questo approccio ha permesso di ridurre sensibilmente il carico cognitivo, trasformando lo studio di strutture molecolari — solitamente percepite come astratte — in un'esperienza concreta e immediata (Mayer, 2017; Hattie, 2009).

Tale transizione dalla percezione sensoriale alla sistematizzazione teorica favorisce un apprendimento autentico e situato, in cui lo studente non è un recettore passivo, ma il protagonista attivo della propria costruzione del sapere (Novak, 2001; Bruner, 1967). L'efficacia dell'intervento suggerisce che la mediazione attraverso il colore e il tatto rappresenta un dispositivo epistemologico d'elezione per l'insegnamento delle scienze naturali in contesti formativi ad indirizzo tecnico-professionale (Damiano, 2013; Chevallard, 1994).

4.2.1 Evidenze dell'osservazione sensoriale: casi studio in aula

Durante le sessioni laboratoriali sono emersi momenti di particolare interesse didattico, in cui l'osservazione macroscopica ha guidato gli studenti verso deduzioni di tipo molecolare (Cochrane, 2012; Damiano, 2013). Tra gli esempi più significativi si possono citare:

1. La “geometria” dei grassi (olio vs burro): confrontando l'olio d'oliva e il burro a temperatura ambiente, gli studenti hanno percepito la differente fluidità dei due campioni. Questa semplice osservazione ha portato a ipotizzare che la solidità del burro fosse legata a una struttura molecolare più “ordinata e compatta” (acidi grassi saturi), mentre l'olio mostrava una natura più “disordinata e mobile” (acidi grassi insaturi) (Nelson & Cox, 2022; Berg et al., 2020).

2. L'architettura dei carboidrati (sedano vs patata): analizzando la resistenza meccanica e la croccantezza del sedano rispetto alla farinosità della patata, la classe ha colto la duplice funzione dei polimeri del glucosio. La consistenza del sedano è stata interpretata come funzione strutturale (cellulosa), paragonata dagli studenti alla "struttura portante" di un abito, mentre la patata è stata riconosciuta come riserva energetica (amido) (Bender, 2014; Nelson & Cox, 2022).
3. Il colore come segnale chimico (antocianine vs licopene): osservando la colorazione del radicchio rosso e del pomodoro, gli studenti hanno notato come il pigmento del radicchio fosse solubile in acqua, mentre quello del pomodoro rimaneva legato alla polpa. Questo esperimento ha facilitato la comprensione della differenza tra pigmenti idrosolubili (antocianine) e liposolubili (licopene), creando un collegamento immediato con le tecniche di tintura tessile affrontate nel loro percorso professionale (Chevallard, 1994; Sjöström & Eilks, 2018).

Tale transizione dalla percezione fenomenologica alla sistematizzazione biochimica dimostra l'efficacia del laboratorio sensoriale come dispositivo epistemologico, capace di rendere l'invisibile (la molecola) visibile e tangibile per lo studente (Damiano, 2013; Mayer, 2017). L'uso di analogie tratte dall'ambito professionale della Moda ha permesso di abbassare il carico cognitivo e di favorire un apprendimento autentico e situato (Novak, 2001; Bruner, 1967).

Dalle discussioni collettive è emersa una nuova consapevolezza riguardo agli errori alimentari più comuni nel regime dietetico adolescenziale. Gli studenti hanno saputo identificare criticamente alcune criticità diffuse, quali: la carenza cronica di fibre e vitamine, spesso dovuta al basso consumo di vegetali freschi; il consumo eccessivo di prodotti di origine animale, con conseguente squilibrio nel profilo lipidico; l'errata distribuzione dei pasti lungo la giornata e il frequente ricorso a prodotti fuori stagione, meno ricchi di nutrienti bioattivi (Contento, 2015; Paoletti, 2020). Questa capacità di analisi dimostra il passaggio da una ricezione passiva di consigli nutrizionali a una reale competenza critica basata su evidenze biochimiche.

5 DISCUSSIONE

L'interpretazione delle evidenze raccolte permette di confermare la validità dell'ipotesi di ricerca iniziale: la didattica laboratoriale, se concepita come pratica epistemologica e non come semplice procedura operativa, è in grado di promuovere un apprendimento duraturo e trasformativo, capace di "rendere visibile l'invisibile" (Damiano, 2013; Cochrane, 2012).

5.1 Analisi critica dei risultati e implicazioni pedagogiche

I risultati quantitativi (che evidenziano un tasso di successo dell'84% nel post-test) non indicano un mero accumulo di nozioni, ma testimoniano una reale ristrutturazione cognitiva degli studenti (Novak, 2001; Hattie, 2009). In linea con il modello dell'apprendimento significativo di Ausubel (1978), i contenuti biochimici non sono stati semplicemente memorizzati, ma assimilati attraverso l'ancoraggio a strutture cognitive e percettive già presenti nel vissuto degli alunni.

Il passaggio dalla "conoscenza dichiarativa" (es. *«la carota fa bene»*) alla "conoscenza esplicativa" (es. *«la carota contiene beta-carotene, molecola precursore della vitamina A»*) rappresenta il superamento di un ostacolo epistemologico fondamentale (Chevallard, 1994). Gli studenti hanno smesso di percepire le biomolecole come simboli astratti confinati nei libri di testo, iniziando a interpretarle come componenti dinamiche e funzionali della realtà quotidiana e dell'educazione alimentare (Bender, 2014; Contento, 2015).

Dal punto di vista delle implicazioni didattiche, l'efficacia dell'intervento dimostra che la trasposizione didattica (Chevallard, 1994) è vincente quando riesce a trasformare l'oggetto scientifico in un oggetto di indagine sensoriale. Questo approccio riduce il carico cognitivo estraneo (Mayer, 2017) e favorisce l'interiorizzazione del linguaggio tecnico, inteso non come esercizio mnemonico, ma come strumento di difesa critica e di cittadinanza scientifica consapevole (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018). L'educazione alimentare si configura così come un'opportunità per nutrire la mente e la

coscienza, promuovendo una cultura del benessere che parta dalla scelta consapevole (Paoletti, 2020; MIUR, 2015).

5.2 La dimensione sensoriale e l'identità professionale degli studenti

L'efficacia del laboratorio risiede nella capacità di ancorare l'astrazione molecolare alla percezione fenomenologica (Damiano, 2013; Cochrane, 2012). Per studenti dell'indirizzo Tecnico Moda, distinguere tra un acido grasso saturo e uno insaturo attraverso la sola formula chimica rischia di ridursi a un apprendimento meccanico e sterile (Novak, 2001; Ausubel, 1978). Al contrario, l'osservazione della differente fluidità tra olio e burro trasforma la distinzione biochimica in un'evidenza concreta, legata alla realtà tattile e visiva (Mayer, 2017; Piaget, 1981).

Uno degli aspetti più originali emersi dalla ricerca riguarda l'uso del colore come mediatore epistemico. Nel contesto della Moda, il colore è una "materia prima" progettuale; trasformarlo in un "segnale chimico" ha permesso di attivare una motivazione intrinseca molto elevata (Hattie, 2009; Sjöström & Eilks, 2018). Il laboratorio ha funzionato poiché ha coinvolto canali percettivi multipli (visivo, tattile, olfattivo), trasformando la biochimica in un'esperienza estetica e fenomenologica (Cochrane, 2012; Damiano, 2013).

Il colore ha agito da ponte: la percezione immediata del visibile (la cromia del vegetale) ha guidato la mente verso l'invisibile (la struttura molecolare). Questa convergenza tra scienza e identità professionale dimostra che l'interdisciplinarietà non deve essere una sovrastruttura artificiale, ma un dialogo organico tra i saperi, capace di rendere la disciplina scientifica "vicina" anche in percorsi scolastici non prettamente specialistici (Morin, 2000; Fensham, 2011).

5.3 Limiti dello studio e prospettive di ricerca

Nonostante i risultati ampiamente positivi, una valutazione scientifica rigorosa impone di riconoscere alcuni limiti intrinseci alla ricerca, utili a contestualizzare le conclusioni raggiunte (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002):

1. Rappresentatività del campione: Lo studio è stato condotto su un numero circoscritto di classi di un singolo istituto. La natura specifica del campione limita la possibilità di estendere i risultati ottenuti (validità esterna) a contesti scolastici o geografici differenti (Cohen et al., 2017).
2. Estensione temporale: La sperimentazione ha offerto una "fotografia" immediata degli effetti. Sarebbe auspicabile un monitoraggio longitudinale per verificare la persistenza delle competenze acquisite nel lungo termine (Hattie, 2009; Sanmartí, 2010).
3. Effetto Hawthorne e "Novità": È possibile che l'entusiasmo degli studenti sia stato influenzato dalla natura straordinaria dell'attività e dalla presenza di una figura esterna (la tirocinante). Questo "effetto novità" potrebbe aver generato un innalzamento temporaneo dell'attenzione (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002).
4. Assenza di un gruppo di controllo: Non essendo stato possibile confrontare i dati con un gruppo sottoposto esclusivamente a didattica tradizionale, non si può isolare con assoluta certezza l'impatto del laboratorio rispetto ad altre variabili ambientali (Cohen et al., 2017; Pellerey, 2010).
5. Soggettività dell'osservazione: Sebbene mitigata dall'uso di protocolli standardizzati (Appendice D), l'osservazione partecipante risente inevitabilmente della percezione qualitativa del ricercatore (Lucisano & Salerni, 2002; Sanmartí, 2010).

In conclusione, l'integrazione tra dati quantitativi e rilevazioni qualitative conferisce una solida triangolazione metodologica al lavoro svolto (Trincherò, 2002; Cohen et al., 2017). Tali criticità non inficiano la validità della ricerca, ma offrono un punto di partenza affidabile per future implementazioni didattiche su scala più ampia, confermando che il laboratorio sensoriale rappresenta una frontiera promettente per l'insegnamento delle scienze integrate (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018).

6 CONCLUSIONI

Il percorso di ricerca delineato nella presente tesi ha indagato l'efficacia di un approccio laboratoriale-sensoriale nell'insegnamento delle "molecole della vita", ponendo l'accento non solo sull'acquisizione di nozioni biochimiche, ma sulla trasformazione profonda del rapporto tra lo studente e l'oggetto di indagine scientifica. Al termine dell'analisi, emerge con chiarezza che l'integrazione tra rigore disciplinare e dimensione percettiva non rappresenta un semplice espediente didattico, ma costituisce un vero e proprio dispositivo epistemologico, capace di ancorare l'astrazione molecolare alla realtà fenomenica (Chevallard, 1994; Damiano, 2013).

Le evidenze raccolte suggeriscono che la ristrutturazione cognitiva degli studenti non sia avvenuta tramite un mero accumulo di informazioni, ma attraverso un processo di negoziazione dei significati stimolato dall'esperienza diretta (Novak, 2001; Ausubel, 1978). Il laboratorio sensoriale ha agito come ponte tra il livello microscopico delle biomolecole e quello macroscopico degli alimenti, consentendo ai discenti di superare una visione frammentaria della materia. In questo contesto, il colore e le proprietà organolettiche sono stati interpretati non come attributi estetici, ma come mediatori epistemici, capaci di guidare la formulazione di ipotesi e la validazione dei modelli teorici discussi in aula (Cochrane, 2012; Damiano, 2013).

Un contributo significativo della ricerca riguarda la ridefinizione della dimensione sensoriale nella didattica delle scienze. Tradizionalmente relegata a un piano puramente descrittivo, la percezione è emersa qui come fondamento di un apprendimento significativo (Novak, 2001). L'analisi dei dati ha mostrato come il coinvolgimento attivo dei sensi abbia favorito una maggiore persistenza delle conoscenze, trasformando l'educazione alimentare in una pratica di cittadinanza scientifica (*Scientific Literacy*). Gli studenti non si sono limitati a memorizzare concetti, ma hanno sviluppato una postura critica rispetto alle proprie scelte di consumo, riconoscendo la complessità biochimica che sottende l'atto quotidiano del nutrirsi (Fensham, 2011; Sjöström & Eilks, 2018; Contento, 2015).

Dal punto di vista della professionalità docente, l'intervento ha evidenziato la necessità di una transizione dalla figura di "trasmettitore di contenuti" a quella di "facilitatore di

processi riflessivi" (Hattie, 2009; Pelleray, 2010). La gestione di un laboratorio così strutturato richiede flessibilità metodologica e la capacità di valorizzare il ragionamento deduttivo-creativo degli studenti (Bybee, 2015). La trasformazione dell'aula in una comunità di ricerca ha reso evidente come l'interdisciplinarietà emerga naturalmente quando l'indagine è centrata sulla vita, sulla salute e, nel caso specifico dell'indirizzo Moda, sulla cultura del colore e della materia (Damiano, 2013; Morin, 2000).

Nonostante i risultati positivi, lo studio presenta limiti intrinseci, quali la brevità dell'intervento e la numerosità circoscritta del campione, che suggeriscono prudenza nella generalizzazione dei risultati (Trincherò, 2002; Lucisano & Salerni, 2002). Tali limitazioni indicano tuttavia le direzioni per le prospettive future: estendere la sperimentazione su una scala temporale più ampia per monitorare la stabilità a lungo termine degli apprendimenti e valutare l'impatto della metodologia su campioni più eterogenei. In prospettiva, il lavoro apre a nuovi scenari, come l'integrazione delle tecnologie digitali nella visualizzazione molecolare da combinare con l'esperienza sensoriale fisica, per potenziare ulteriormente la comprensione dei fenomeni biologici (Mayer, 2017).

In conclusione, questa tesi dimostra che insegnare le scienze della vita significa, primariamente, restituire agli studenti gli strumenti per leggere la realtà con occhi nuovi. Il laboratorio sensoriale si è rivelato uno spazio di libertà intellettuale dove la scienza non è subita come dogma, ma costruita come esperienza di scoperta, rendendo lo studente protagonista attivo del proprio processo di crescita cognitiva e personale (Bruner, 1967; Novak, 2001).

7 RINGRAZIAMENTI

Giunta al termine di questo importante percorso di studio e di vita, desidero esprimere la mia più sincera gratitudine a coloro che hanno reso possibile la realizzazione di questo lavoro.

*Un ringraziamento speciale va al mio Relatore, il Chiarissimo Professor **Antonio Todaro**, per avermi guidata con costante disponibilità, pazienza e rigore scientifico. Il suo supporto è stato fondamentale per trasformare un'idea progettuale in una ricerca solida e strutturata.*

*Desidero ringraziare di cuore la Professoressa **Annalisa Ferretti**: a lei devo l'inizio di tutto. Grazie per avermi accolta in questo percorso con fiducia e per avermi aiutata ad aprire quelle porte che sembravano inesorabilmente chiuse. Senza il suo supporto, questo traguardo non sarebbe stato possibile.*

*Un ringraziamento va alla Professoressa **Elisa Vezzosi**, mia tutor accogliente, per la squisita disponibilità e per avermi accompagnata con professionalità nel mio percorso di tirocinio presso l'I.I.S. "L. Nobili".*

*La mia gratitudine va alla Dirigente Scolastica, Prof.ssa **Elena Guidi**, per avermi permesso di sperimentare il mio laboratorio presso il suo Istituto, e a tutto il corpo docente per la calorosa accoglienza.*

*Un pensiero speciale è rivolto alle studentesse della **classe 2M Moda**. Grazie per la vostra curiosità, per aver accolto con entusiasmo la sfida di "rendere visibile l'invisibile" e per aver dimostrato che la scienza può essere un linguaggio comune, capace di unire mondi apparentemente distanti.*

*Sul piano personale, il mio ringraziamento più profondo va a **mia sorella**. Grazie per avermi incoraggiata a riconquistare la mia identità accademica e per aver creduto in me quando il percorso sembrava farsi più impervio; le tue parole, "**ce la farai**", sono state la mia bussola nei momenti di incertezza.*

*A **mio marito**, la mia roccia e il mio sostegno quotidiano: grazie per aver creduto in me in ogni istante e per avermi permesso di dedicarmi con serenità a questo traguardo.*

*Alle mie splendide **figlie**, che sono la mia gioia e il mio orgoglio: spero che questo lavoro possa ricordarvi sempre che con l'impegno e la costanza nessun traguardo è precluso.*

*Ringrazio infine le mie **colleghe di lavoro**, per l'incoraggiamento costante e per aver condiviso con me le fatiche e le soddisfazioni di questi anni.*

*Il mio pensiero torna, infine, a mia madre **Angela**: sebbene la dedica iniziale sia tutta per lei, desidero ringraziarla anche qui per la forza e la luce che continua a trasmettermi ogni giorno. Questo successo appartiene anche a te.*

8 BIBLIOGRAFIA

- **Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R.** (2001). *Una tassonomia per apprendere, insegnare e valutare: revisione della tassonomia di Bloom*. New York: Longman.
- **Ausubel, D. P.** (1978). *Educazione e processi cognitivi*. Milano: FrancoAngeli.
- **Bender, D. A.** (2014). *Fondamenti di nutrizione e metabolismo* (5^a ed.). Boca Raton: CRC Press.
- **Berg, J. M., Tymoczko, J. L., & Stryer, L.** (2020). *Biochimica* (8^a ed. italiana, a cura di R. Pallavicini). Bologna: Zanichelli.
- **Bruner, J. S.** (1967). *Verso una teoria dell'istruzione*. Roma: Armando.
- **Bybee, R. W.** (2015). *L'insegnamento delle scienze basato sull'indagine. Il modello 5E*. Trento: Erickson.
- **Campbell, M. K., & Farrell, S. O.** (2019). *Biochimica*. Napoli: EdiSES.
- **Chevallard, Y.** (1994). *La trasposizione didattica. Dal sapere sapiente al sapere insegnato*. Brescia: La Scuola. (Ed. orig. 1985).
- **Cochrane, P.** (2012). *Educazione sensoriale a scuola: revisione dell'integrazione curriculare*. *Journal of Sensory Studies*, 27(4), 215–228.
- **Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K.** (2017). *Metodi di ricerca educativa* (8^a ed.). London: Routledge.
- **Contento, I. R.** (2015). *Nutrition Education: Linking Research, Theory, and Practice* (3rd ed.). Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- **Council of Europe** (2001). *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment (CEFR)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- **Cozzani, I., & Dainese, E.** (2010). *Biochimica degli alimenti e della nutrizione*. Padova: Piccin.
- **CREA - Centro di Ricerca Alimenti e Nutrizione** (2018). *Linee guida per una sana alimentazione*. Roma: CREA.

- **Damiano, E.** (2013). *La mediazione didattica. Per una teoria dell'insegnamento*. Milano: FrancoAngeli.
- **Dewey, J.** (1949). *Esperienza e educazione*. Firenze: La Nuova Italia.
- **Fensham, P.** (2011). *L'educazione scientifica per la cittadinanza*. Roma: Armando Editore.
- **Hattie, J.** (2009). *Visible Learning: Sintesi di oltre 800 meta-analisi relative ai risultati scolastici*. London: Routledge.
- **Johnson, D. W., & Johnson, R. T.** (1994). *Learning Together and Alone: Cooperative, Competitive, and Individualistic Learning*. Boston: Allyn & Bacon.
- **Lucisano, P., & Salerni, A.** (2002). *Metodologia della ricerca in educazione e formazione*. Roma: Carocci.
- **Mayer, R. E.** (2004). *Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning?* *American Psychologist*, 59(1), 14–19.
- **Mayer, R. E.** (2017). *Apprendimento multimediale*. Trento: Erickson.
- **Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D.** (2014). *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. Wakefield: CAST Professional Publishing.
- **MIUR** (2015). *Linee guida per l'educazione alimentare*. Roma: MIUR.
- **Morin, E.** (2000). *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e riforma del pensiero*. Milano: Raffaello Cortina Editore.
- **Nelson, D. L., & Cox, M. M.** (2022). *I principi di biochimica di Lehninger* (8^a ed.). Bologna: Zanichelli.
- **Novak, J. D.** (2001). *L'apprendimento significativo. Mappe concettuali come strumenti facilitanti*. Trento: Erickson.
- **Paoletti, P.** (2020). *Nutrire mente e coscienza: approccio pedagogico alla scelta alimentare*. Blog Fondazione Patrizio Paoletti.
- **Pellerey, M.** (2010). *Valutare per orientare e formare*. Roma: LAS.
- **Phelan, J., & Pignocchino, M. C.** (2017). *Scopriamo la biologia* (2^a ed.). Bologna: Zanichelli.

- **Piaget, J.** (1981). *L'equilibratura delle strutture cognitive*. Torino: Boringhieri.
- **Sanmartí, N.** (2010). *Valutare per apprendere*. Trento: Erickson.
- **Sjöström, J., & Eilks, I.** (2018). *Riconsiderare la scientific literacy e l'educazione scientifica basata sul concetto di Bildung*. Cham: Springer.
- **Trincherò, R.** (2002). *Manuale di ricerca educativa*. Milano: FrancoAngeli.
- **Vygotskij, L. S.** (1980). *Il processo psichico nel bambino*. Roma: Editori Riuniti.
- **Wadsworth, B. J.** (1996). *La teoria dello sviluppo cognitivo e affettivo di Piaget*. New York: Longman.
- **World Health Organization** (2004). *Nutrizione nell'adolescenza. Problemi e sfide per il settore sanitario*. Ginevra: OMS.
- **WHO** (2021). *Food and Nutrition Policy for Schools: A Tool for Development*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- **Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G.** (1976). *Il ruolo del tutoring nella risoluzione dei problemi*. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100.

9 APPENDICI

9.1 Appendice A – Questionario pre-intervento

Laboratorio: “Rendere visibile l’invisibile”

Classe: _____ **Data:** _____

Obiettivo: *Questo breve test serve a capire cosa già conosci sulla composizione dei cibi e su come funzionano le sostanze nutrienti nel nostro corpo. Rispondi con sincerità: non è un compito in classe con un voto, ma un aiuto per il nostro laboratorio!*

Sezione 1 – Colori e Nutrienti "Invisibili"

1. Le carote e la zucca hanno colore arancione grazie a una sostanza particolare. Quale?

- a) Vitamina C
- b) Beta-carotene (precursore della vitamina A)
- c) Ferro
- d) Proteine

2. Il colore verde dei vegetali (es. spinaci, broccoli) segnala spesso la presenza di minerali importanti. Quali?

- a) Zuccheri semplici
- b) Ferro e magnesio
- c) Solo grassi saturi
- d) Nessuna sostanza utile

3. Sostanze come licopene (pomodoro) e antocianine (mirtilli, radicchio) aiutano a proteggere le cellule dall'invecchiamento. Quali colori indicano la loro presenza? (scegli tutte le opzioni corrette)

- a) Rosso
- b) Blu / Viola
- c) Arancione
- d) Bianco

Sezione 2 – Le "Molecole della Vita" (Carboidrati, Grassi e Proteine)

4. I carboidrati presenti in pane, pasta, frutta servono principalmente a:

- a) Fornire energia necessaria per muoversi e vivere
- b) Dare sapore ai cibi
- c) Trasportare ossigeno nel sangue

5. Le proteine hanno una forma specifica. Perché è importante?

- a) La forma non è importante, funzionano ugualmente
- b) La loro forma è fondamentale per il corretto funzionamento
- c) Sono fatte di grasso e acqua
- d) Si trovano solo nei dolci

6. Qual è una funzione principale dei lipidi (grassi) nel nostro corpo?

- a) Sciogliere vitamine nel sangue e proteggere le membrane cellulari
- b) Dare sapore amaro ai cibi
- c) Non hanno alcuna funzione, sono dannosi
- d) Formare solo ossa e denti
- d) Costruire solo unghie e capelli

Sezione 3 – Abbina il Colore alla Funzione

7. Abbina ciascun colore al corretto ruolo nutrizionale o benefico:

	Opzioni da abbinare:
Arancione / Giallo → ___	A. Aiuta la vista e la pelle
Rosso → ___	B. Fonte di Ferro e Magnesio
Verde → ___	C. Protegge il cuore e la circolazione
Blu / Viola → ___	D. Protegge le cellule – antiossidanti
Bianco → ___	E. Aiuta le difese immunitarie

Sezione 4 – Applicazione e Transfer

8. Immagina di preparare un'insalata mista con carote, pomodoro e spinaci. Quali nutrienti e benefici pensi siano presenti? Spiega brevemente.

9. Osservando il colore dei vegetali nel laboratorio, cosa ti ha aiutato a capire sulle sostanze nutritive e sul loro ruolo nel corpo umano

Sezione 5 – Riflessione Finale

10. Secondo te, il colore di un frutto o di una verdura può aiutarci a capire quali sostanze "nascoste" (che non vediamo a occhio nudo) contiene? Perché?

9.2 Appendice B – Questionario post-intervento

Laboratorio: “Rendere visibile l’invisibile”

Classe: _____ **Data:** _____

Istruzioni: Rispondi in modo chiaro e motivato. Dove richiesto, spiega il tuo ragionamento.

Sezione 1 – Interpretare il colore (livello applicativo)

1. Osserva i seguenti alimenti: carota, spinaci, pomodoro, mirtilli.

Per ciascun alimento, indica:

- il principale gruppo di nutrienti che ti suggerisce (es. vitamine, sali minerali, fibre, zuccheri)
- e una possibile funzione per l’organismo

Carota → _____

Spinaci → _____

Pomodoro → _____

Mirtilli → _____

2. Se un alimento ha un colore molto intenso (rosso, viola, arancione), cosa puoi ipotizzare sulla sua composizione?

- Contiene solo zuccheri
- È povero di nutrienti
- Contiene composti bioattivi con possibili effetti protettivi
- Non è possibile fare alcuna ipotesi

Motiva brevemente la tua scelta:

3. Quale tra queste affermazioni è più corretta dal punto di vista scientifico?

- Il colore degli alimenti è solo estetico
- Il colore è spesso legato alla struttura chimica delle molecole presenti
- Il colore dipende solo dalla cottura
- Tutti gli alimenti dello stesso colore hanno le stesse proprietà

Sezione 2 – Collegamento molecolare

4. Spiega con parole tue il significato della frase: “Rendere visibile l’invisibile” nel contesto del laboratorio.

5. Perché si può dire che il colore è un “ponte” tra:

- ciò che vediamo (livello macroscopico)
- e ciò che avviene nelle molecole (livello microscopico)?

6. Completa la relazione:

Colore → _____ → Funzione biologica

(esempio: arancione → carotenoidi → protezione della vista)

Sezione 3 – Applicazione e trasferimento

7. Immagina di dover progettare un piatto equilibrato usando almeno 3 colori diversi.

- Quali colori scegli?
- Quali benefici nutrizionali associ a ciascuno?

8. Una persona mangia sempre alimenti dello stesso colore (es. solo “beige”: pane, pasta, patate). Secondo te, quali potrebbero essere i limiti di questa alimentazione?

Sezione 4 – Pensiero critico e confronto

9. Durante il laboratorio avete osservato e fatto ipotesi. Secondo te, cosa ha aiutato di più l'apprendimento?

- a) Ascoltare la spiegazione teorica
- b) Osservare direttamente gli alimenti
- c) Discutere in gruppo
- d) Sbagliare e confrontarsi

Puoi scegliere più risposte e spiegare il perché.

10. Rispondi in modo articolato:

- a) Qual è l'idea più importante che hai imparato durante il laboratorio?
- b) Il tuo modo di vedere il cibo è cambiato? In che modo?
- c) In che modo il lavoro sul colore si collega al tuo indirizzo Moda?

9.3 Appendice C – Questionario pre-intervento (versione semplificata DSA/BES)

Laboratorio: “Rendere visibile l’invisibile”

Classe: _____ Data: _____

Istruzioni: Leggi le domande con attenzione. Segna la risposta corretta oppure scrivi una risposta breve.

Sezione 1 – Colori e nutrienti

1. Le carote e la zucca sono arancioni. Perché?

- a) Vitamina C
- b) Beta-carotene
- c) Ferro
- d) Proteine

2. Le verdure verdi (spinaci, broccoli) contengono:

- a) Zuccheri
- b) Ferro e magnesio
- c) Solo grassi
- d) Niente di utile

3. I cibi rossi e viola (pomodoro, mirtilli) aiutano il corpo.

Quali colori indicano queste sostanze? *(puoi scegliere più risposte)*

- Rosso
- Blu / Viola
- Arancione
- Bianco

Sezione 2 – Nutrienti (funzione)

4. I carboidrati (pane, pasta, frutta) servono per:

- a) Dare energia
- b) Solo dare sapore
- c) Trasportare ossigeno

5. Le proteine servono per:

- a) Funzionare bene nel corpo
- b) Non hanno forma
- c) Sono grassi

6. I grassi (lipidi):

- a) Aiutano il corpo e proteggono le cellule
- b) Non servono
- c) Servono solo per il gusto
- d) Servono solo per ossa e unghie

Sezione 3 – Collega colore e funzione

7. Collega ogni colore alla funzione corretta:

Arancione → _____

Verde → _____

Rosso → _____

Blu / Viola → _____

Bianco → _____

Opzioni:

A. Aiuta la vista

B. Contiene minerali

C. Protegge il cuore

D. Protegge le cellule

E. Aiuta le difese

Sezione 4 – Applicazione

8. Se mangi carote + pomodoro + spinaci:

- a) Hanno colori diversi
- b) Hanno nutrienti diversi
- c) Sono più belli
- d) Non cambia niente

9. Il colore degli alimenti ti aiuta a capire:

- a) Quali nutrienti ci sono
- b) Solo il gusto
- c) Non serve

Sezione 5 – Risposta breve

10. Il colore del cibo è importante perché:

9.4 Appendice D – Questionario post-intervento (versione semplificata DSA/BES)

Laboratorio: “Rendere visibile l’invisibile”

Classe: _____ **Data:** _____

Istruzioni:

Rispondi in modo chiaro e semplice. Dove richiesto, scrivi anche perché hai scelto quella risposta.

Sezione 1 – Interpretare il colore

1. Osserva questi alimenti: carota, spinaci, pomodoro, mirtilli. Per ciascun alimento indica:

- Principali nutrienti che pensi contenga (vitamine, minerali, fibre, zuccheri...)
- Una possibile funzione per l’organismo

Alimento	Nutrienti principali	Funzione nel corpo
Carota		
Spinaci		
Mirtilli		
Pomodoro		

2. Se un alimento ha un colore molto intenso (rosso, viola, arancione), cosa puoi ipotizzare sulla sua composizione?

- a) Contiene solo zuccheri b) È povero di nutrienti c) Contiene sostanze che aiutano il corpo d) Non si può dire

Motiva la tua risposta:

3. Quale frase è più corretta dal punto di vista scientifico?

- a) Il colore è solo estetico
b) Il colore è legato alle sostanze presenti nel cibo
c) Il colore dipende solo dalla cottura
d) Tutti i cibi dello stesso colore hanno le stesse proprietà

Sezione 2 – Collegamento molecolare

4. Spiega con parole tue cosa significa: “Rendere visibile l’invisibile” nel laboratorio

5. Perché si può dire che il colore è un “ponte” tra ciò che vediamo e ciò che succede nelle molecole del cibo?

6. Completa il collegamento:

Colore → _____ → Funzione biologica

(Esempio: arancione → sostanze speciali → protezione della vista)

Sezione 3 – Applicazione e trasferimento

7. Immagina di preparare un piatto equilibrato usando almeno 3 colori diversi:

- Quali colori scegli? _____
- Quali benefici nutrizionali associ a ciascuno? _____

8. Una persona mangia sempre alimenti dello stesso colore (es. solo beige: pane, pasta, patate). Secondo te, quali problemi può avere?

Sezione 4 – Pensiero critico e confronto

9. Durante il laboratorio, cosa ti ha aiutato di più a capire?

- a) Ascoltare la spiegazione b) Guardare e toccare gli alimenti
c) Parlare con i compagni d) Sbagliare e confrontarsi

Puoi scegliere più risposte: _____

Motiva la tua scelta: _____

10. Rispondi con parole tue:

- a) Qual è la cosa più importante che hai imparato?
b) Il tuo modo di vedere il cibo è cambiato? Come?
c) Come il lavoro sul colore si collega al tuo indirizzo Moda?

9.5 Appendice E - Schede operative del laboratorio "Rendere visibile l'invisibile"

❖ Scheda Operativa n. 1 – Il Codice Cromatico delle Molecole

Obiettivo: Trasformare l'osservazione estetica del colore in una deduzione biochimica.

Campione Vegetale	Colore Prevalente (Usa termini tecnici: es. Porpora, Odra, Smeraldo)	Ipotesi: Quale molecola "invisibile" determina questo colore?	Funzione Biologica: A cosa serve questa molecola nel corpo umano?
Pomodoro			
Carota			
Zucchina			
Mirtillo			
Boccoli			

Riflessione per lo studente: *Se dovessi tingere un tessuto con questi alimenti, il colore rimarrebbe intrappolato nelle fibre o andrebbe via con l'acqua? Pensi che questa "resistenza" del colore abbia a che fare con il fatto che la molecola sia idrosolubile o liposolubile?*

❖ *Scheda Operativa n. 2 – L'Architettura della Materia: Tatto e Struttura*

Obiettivo: Collegare la consistenza macroscopica (il "tocco") alla forma microscopica delle molecole (polimeri e legami)

Esperimento A: La resistenza dei Carboidrati

Prendi un pezzo di **Sedano** e una fetta di **Patata**. Prova a spezzarli e a schiacciarli.

1. Quale dei due oppone più resistenza?

.....
.....
.....
.....

2. La **Cellulosa** del sedano è come un'armatura rigida. La **Patata** è farinosa perché contiene **Amido**. *Domanda:* Se la cellulosa serve alla pianta per stare in piedi, a cosa serve l'amido che viene accumulato sotto terra?

.....
.....
.....
.....

Esperimento B: La fluidità dei Lipidi

Osserva l'**Olio d'oliva** e un pezzetto di **Burro** a temperatura ambiente.

1. Descrivi la loro forma:

.....
.....
.....
.....

2. Gli scienziati dicono che le molecole dell'olio sono "piegate" e scivolano via, mentre quelle del burro sono "lineari" e si incastrano tra loro come mattoni.

Domanda: In base a questa descrizione, quale dei due pensi sia un grasso **Saturo** (rigido) e quale **Insaturo** (flessibile)?

.....
.....
.....

❖ *Scheda Operativa n. 3 – Design Nutrizionale: Progettare il Benessere*

Obiettivo: Applicare le conoscenze acquisite per creare un modello di alimentazione bilanciata basata sulla varietà cromatica.

Attività di Design: Immagina di dover progettare un "Piatto Arcobaleno" che contenga almeno **4 dei 5 colori del benessere**.

1. Disegna o elenca gli ingredienti del tuo piatto:

Ingredienti:
.....
.....

2. Completa la "Legenda Molecolare" del tuo progetto:

- Colore 1: → Molecola: →
Beneficio:
- Colore 2: → Molecola: →
Beneficio:
- Colore 3: → Molecola: →
Beneficio:
- Colore 4: → Molecola: →
Beneficio:

Domanda Finale di Sintesi: *Perché un piatto monocromatico (es. tutto bianco: riso, pollo, cavolfiore) è meno efficiente per il nostro "laboratorio chimico" rispetto a un piatto multicolore?*

9.6 Appendice F – Scheda di Osservazione Partecipante

Data:.....

Classe: 2M Moda

Incontro n:

Fase: (es. *Esplorazione sensoriale*)

Indicatori di Apprendimento e Partecipazione	Livello: Basso	Livello: Medio	Livello: Alto	Note e Osservazioni Specifiche
Coinvolgimento Attivo: Curiosità verso i campioni vegetali e partecipazione alla discussione.				
Uso del Linguaggio Tecnico: Passaggio da termini comuni (es. "macchia") a termini scientifici (es. "liposolubile").				
Capacità Inferenziale: Capacità di dedurre l'invisibile (molecola) dal visibile (colore/tatto).				
Collaborazione in Gruppo: Qualità dell'interazione durante la formulazione delle ipotesi cooperative.				
Collegamento Interdisciplinare: Riferimenti spontanei al mondo della moda, dei tessuti o dei colori.				

Evento Critico:

9.7 Appendice G - Estratti dal diario di bordo

Estratto 1 – Incontro 3 (L'innesco del colore) *"Oggi il laboratorio era pieno di profumi di verdure. Abbiamo aperto il cesto e subito le ragazze hanno cominciato a guardare tutto come se fosse una nuova collezione di colori. I commenti non mancavano: "Wow, questa melanzana è di un viola scuro, pazzesco!" oppure "Queste carote hanno un arancione super autunnale!" oppure "Che bel verde militare ha questo peperone, uguale al disegno dei pantaloni che ho realizzato l'altro ieri ". Era chiaro che le loro osservazioni partivano da uno sguardo tutto 'stilistico'.*

Poi ho fatto loro una domanda un po' diversa: "E se questo colore fosse una sostanza chimica invece che una tinta, cosa farebbe per la pianta?".

E lì si è accesa la scintilla. Una studentessa, guardando la melanzana lucida, ha detto: "Quindi il colore non è solo una specie di rivestimento, come i vestiti per noi, ma c'entra con qualche reazione chimica?!". Improvvisamente la melanzana non era più solo un colore Pantone da copiare, ma una combinazione di sostanze che fanno cose nella pianta.

Abbiamo capito che in natura niente è solo decorazione: ogni sfumatura serve a qualcosa. Anche il colore più bello ha una funzione!"

Estratto 2 – Incontro 4 (Il tatto e la struttura) *"L'esperienza sulla resistenza del sedano ha acceso una discussione interessante. Le ragazze hanno confrontato le fibre del sedano con la trama di un tessuto di lino, notando che, proprio come le fibre intrecciate rendono il lino resistente, la cellulosa mantiene il sedano duro e dritto. È stato sorprendente vedere come abbiano preso la loro esperienza con tessuti e filati e l'abbiano applicata per capire qualcosa di completamente nuovo: la struttura interna delle piante. Così, l'invisibile mondo delle molecole è diventato quasi 'architettura vegetale' che si può toccare con la mente e collegare al loro mondo creativo."*

Estratto 3 – Incontro 5 (La sintesi finale) *"Durante la discussione guidata ho notato che il loro modo di parlare stava cambiando. Non si fermavano più a dire semplicemente "vitamine", ma provavano a ragionare meglio su quello che stavano osservando. A un certo punto una studentessa ha chiesto: "Ah quindi se si scioglie in acqua entra subito nel corpo?". Un'altra ha risposto: "Sì, esatto, tipo che non deve 'lavorare' troppo!".*

Da lì la conversazione è diventata sempre più precisa, ma in modo spontaneo, senza forzature. Verso la fine, guardando il piatto, una ragazza ha detto: “Adesso è come se vedessi tutte le cose che ci sono dentro, non solo il cibo”. In quel momento si percepiva chiaramente che qualcosa era cambiato: l’idea di rendere visibile l’invisibile aveva iniziato davvero a prendere forma”.