

Costruire i concetti nel contesto di appartenenza

Enrico Mansueti¹, Liberato Cardellini²

¹ IIS Ceccano, Frosinone.

² Università Politecnica delle Marche, Ancona.
enricomansueti@virgilio.it; l.cardellini@univpm.it

Riassunto

Studenti e docenti di un istituto alberghiero hanno collaborato alla redazione di un manuale di sana alimentazione con La lega italiana per la lotta contro i tumori con il coordinamento dell'insegnante di chimica. Il percorso didattico è riuscito a contestualizzare le reazioni chimiche dei principali alimenti antiossidanti attraverso prove sperimentali che, realizzate dagli alunni anche a casa, hanno contribuito alla redazione delle ricette inserite nel volume. Ogni prova è stata discussa e rielaborata all'interno del gruppo di lavoro alternando la didattica capovolta all'approccio cooperativo.

Molti degli esperimenti, di semplice esecuzione, sono scaturiti dalla fantasia e dalle domande dei ragazzi, che hanno suggerito molte delle successive prove sperimentali. Poiché il contesto di provenienza degli studenti con difficoltà di apprendimento e quello degli alunni poco motivati sono spesso caratterizzati da deprivazione culturale, il successo e la partecipazione riscontrata per entrambi i gruppi suggerisce che l'utilizzo dei compiti di realtà nella costruzione delle competenze, possa riparare al comune deficit di fattori stimolanti. Il fatto concreto, gradino pavlovianamente più basso nei processi di apprendimento, rappresenta la fondazione dell'intero edificio cognitivo; è perciò particolarmente importante per costruire stabilmente la nuova conoscenza nelle strutture mentali a basso grado di astrazione.

La contestualizzazione dell'insegnamento può essere percepita come terminale bisenso: motivazionale dalla questione alla situazione, mentre nel verso contrario rappresenta il serbatoio psicologico e motivazionale da cui trarre le sensazioni di adeguatezza indispensabili per far fronte al compito richiesto. Il dibattito e le argomentazioni socio-scientifiche hanno contribuito ad alimentare l'interesse per il progetto. Se lo scopo delle attività didattiche diventa condiviso e riferibile a scenari familiari si possono attivare infatti sia la mobilitazione intrinseca che quella estrinseca, come dimostrato dagli approfondimenti sulle strategie del marketing alimentare che hanno reso il processo di apprendimento ancor più utile e coinvolgente.

Abstract

Students and teachers of a hotel management school worked together with the Italian League for the Fight Against Cancer in order to establish a healthy eating guide under the supervision of a chemistry teacher. The course was able to contextualize the chemical reactions of the main antioxidant foods through experimental tests carried out by the students both at school as well as at home. They contributed to the preparation of the recipes included in the book, the eating guide. Each test was discussed and revised by a cooperative team, alternating the flipped classroom with a cooperative approach. Many simple-to-perform experiments have sprung from their imagination and the questions of the students, who have suggested further tests.

The context of students with learning disabilities and that of unmotivated pupils are often characterized by cultural deprivation. The success and participation observed for both groups suggest that the use of the tasks of reality in the construction of competencies can repair the common deficit of stimulating factors. The experiment, the lowest step in the learning process, is the foundation of the entire cognitive building; it is therefore particularly important to steadily build new knowledge in the mental structures of low degree of abstraction. In learning, the experiment can be a motivational factor and is also the emotional psychological reservoir from which to draw the adequate sensations which are essential to cope with the required task.

If the educational activities become shared and related to familiar scenarios, both the intrinsic and the extrinsic mobilization can be activated, as demonstrated by the insights on food marketing strategies which have made the learning process even more useful and engaging. Debates and socio-scientific argumentations have contributed to feed the interest in the project.

Introduzione

L'evoluzione tecnologica della società propone modalità di accesso alle informazioni sempre più rapide senza il tempo di una riflessione consapevole; davanti ai nuovi media gli adolescenti recepiscono i messaggi e le informazioni, di per sé brevi e semplificate, in modo veloce e immediato. Tutti, o quasi, sembrano aver capito. Sappiamo però che i processi di consapevolezza e strutturazione della conoscenza procedono attraverso processi complessi: l'apprendimento significativo si attiva attraverso il pensiero critico e riflessivo, incompatibile con i tempi e i modi della velocità.

Educare a pensare è fondamentale: solo l'eliminazione del rumore di fondo di una comunicazione ridondante fatta di messaggi elettronico-sensoriali permette un'elaborazione mentale lenta e consapevole, conceden-

do possibilità di astrazione altrimenti impossibili. La scuola, nel tentativo di porsi da filtro fra i diversi media informativi, rischia talvolta di assecondare delle mode, come quando viene promosso l'utilizzo "didattico" di tablet e smartphone in maniera indiscriminata rispetto al reale uso nel processo di apprendimento, con l'illusione di motivare gli studenti.

Anche i libri di testo, pieni di immagini a colori con intento accattivante, sembrano rispondere a questa esigenza di interessare e motivare allo studio. La motivazione ha assunto una posizione sempre più rilevante nell'istruzione perché la competizione tra molteplici interessi purtroppo ha retrocesso la scuola e l'impegno nella scala delle priorità per molti studenti. Allora dobbiamo chiederci come alimentare la curiosità verso la conoscenza e le scienze che caratterizza le scuole elementari, ma che non essendo sostenuta la motivazione diminuisce nell'adolescenza. Secondo un rapporto della Commissione Europea l'istruzione spesso fallisce nel dare ai giovani "the opportunity of a cumulative development of understanding and interest" per i metodi utilizzati e per l'eccessiva quantità del materiale proposto e come conseguenza "students have a perception of science education as irrelevant and difficult". (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007, p. 9)

Anche l'interesse per la chimica negli ultimi anni è diminuito. Secondo Aikenhead (2003, p. 103) questo è avvenuto perché "chemistry and physics are irrelevant and boring, mainly because their instruction is out of synchrony with the world outside of school". In un esteso studio sul curriculum scolastico dell'istruzione scientifica, che ha coinvolto 144 studenti, 117 genitori e 27 docenti, Osborne e Collins (2000) hanno trovato che la scienza è considerata come un importante argomento di studio da parte di tutti gli studenti e dei loro genitori, ma che l'istruzione scientifica è valutata dagli studenti solo come argomento per realizzare aspirazioni di carriera, piuttosto che come un soggetto di interesse intrinseco; "The subject that attracted the most antipathy was, surprisingly, chemistry. This was seen as abstruse and irrelevant to contemporary needs." (p. 5)

Oltre al costrutto psicologico della motivazione, anche la popolarità e la rilevanza di ciò che viene insegnato debbono essere tenuti in considerazione. La popolarità è in relazione al fatto che il modo in cui viene insegnato sia piacevole per gli studenti e sia amato almeno dalla maggior parte degli studenti della classe, in quanto collegata con il desiderio di imparare la materia. Per essere ritenuto rilevante un insegnamento deve avere lo scopo di sviluppare delle competenze utili agli studenti. La rilevanza riguarda l'utilità di ciò che gli studenti devono imparare ed è in relazione con il coinvolgimento degli studenti nell'apprendimento significativo. (Holbrook, 2008)

Van Aalsvoort (2004, p.1635) suddivide la rilevanza in quattro categorie:

a) personal relevance - chemical education ought to make connections to pupils' lives; b) professional relevance – chemical education ought to offer pupils a picture of possible professions; c) social relevance – chemical education ought to clarify chemistry's purpose in human and social issues; and d) personal/social relevance – chemical education ought to help pupils to develop into responsible citizens. In letteratura non c'è completo accordo sul significato della rilevanza: nell'istruzione scientifica è un termine utilizzato in vari modi ed è spesso usato come sinonimo di altri concetti educativi. (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, Eilks, 2013)

La motivazione

Come può in senso lato l'interesse per le scienze essere risvegliato e sostenuto? La scienza riguarda tutti, sia nella vita di tutti i giorni che in quella professionale. Come persone e come cittadini dobbiamo costantemente prendere decisioni che possono essere considerate ragionevoli soltanto se si tengono in debito conto le connesse evidenze scientifiche. (Krapp, Prenzel, 2011, p. 28) Molti studi hanno messo in evidenza che la motivazione degli studenti svolge un ruolo importante nelle loro strategie di apprendimento, nello sviluppo del pensiero critico, del problem solving e nel cambiamento concettuale. In riferimento all'apprendimento, la motivazione ha un ruolo fondamentale perché come è stato affermato "Students' motivation generates, directs, and sustains what they do to learn." (Ambrose et al., 2010, p. 69)

Brophy (2004, p. 249) definisce la motivazione a imparare come "a student's tendency to find academic activities meaningful and worthwhile and to try to get the intended learning benefits from them." Pintrich e Schunk definiscono la motivazione come "the process whereby goal-directed activity is instigated and sustained" (2002, p. 5). La motivazione è un costrutto complesso e gli studiosi fanno una distinzione tra motivazione intrinseca e motivazione estrinseca. Sviluppata da Ryan e Deci (2002), la Self-Determination Theory (SDT) indica l'importanza che ha la motivazione come impulso nel guidare il comportamento umano. La SDT postula una naturale tendenza verso la crescita e lo sviluppo, ma mette in evidenza la differenza tra motivazione intrinseca ed estrinseca. "intrinsic motivation, which refers to doing something because it is inherently interesting or enjoyable" e "extrinsic motivation, which refers to doing something because it leads to a separable outcome." (Ryan, Deci, 2000a, p. 55)

La tendenza a cercare nuove sfide, ad utilizzare e ampliare le proprie competenze e ad esplorare nuove aree, nonché ad imparare, è un componente della nostra natura. "The construct of intrinsic motivation describes this natural inclination toward assimilation, mastery, spontaneous interest, and exploration that is so essential to cognitive and social development and

that represents a principal source of enjoyment and vitality throughout life.” (Deci, Ryan, 2000b, p. 70). Nella situazione scolastica di solito si tende a stimolare gli studenti attraverso approcci motivazionali estrinseci da parte del docente: troppo spesso l’elemento mancante è la rilevanza dell’apprendimento agli occhi di chi apprende. Decenni di ricerche sulla motivazione non sono però fino ad ora state contestualizzate per le varie discipline. Infatti è stato osservato che “motivation research from psychological perspectives has not typically reported contextualized and discipline-specific understandings of motivation in classrooms. Although many motivation researchers have chosen to examine theoretical constructs specifically in mathematics, this research has largely ignored what is taught and learned and how and why students are learning about mathematics.” (Turner, Meyer, 2009, p. 534)

La motivazione ad apprendere può essere catalizzata o minata da parecchi fattori; i più importanti includono l’ambiente scolastico, i genitori e gli insegnanti. Per molti studenti la paura del brutto voto ha perso l’aspetto motivante verso lo studio e l’impegno, perciò è importante cercare nuove strade per interessare e coinvolgere gli studenti. Ora più che mai, l’insegnante ha la necessità di riflettere sulle proprie strategie di lavoro, per elaborare processi di insegnamento-apprendimento che siano certamente coinvolgenti, e quindi appetibili, ma anche capaci di attivare il pensiero complesso, che altrimenti avrebbe scarsissime occasioni di essere coltivato. La motivazione produce il maggior effetto quando raggiunge la giusta intensità rispetto al compito che lo studente deve eseguire. Secondo Brophy (2004, p. 16) “For most tasks, there is a curvilinear relationship between motivational intensity and degree of success achieved. That is, performance is highest when motivation is at an optimal level rather than either below or above this optimal level.” La necessità di un adeguato livello di motivazione viene evidenziata anche da Csikszentmihalyi, che per spiegarla ha introdotto la nozione di flusso. (Csikszentmihalyi, 1990)

Il compito assegnato agli studenti deve avere un adeguato livello di difficoltà: importante è il concetto di zona di sviluppo prossimale introdotto da Vygotskij (Bransford, Brown, Cocking, 2000, Ch. 4). L’analisi delle difficoltà ha avuto una parte importante nelle considerazioni fatte nel progettare il lavoro oggetto di questo articolo. In generale, considerare il livello di difficoltà di un compito che vogliamo assegnare ai nostri studenti dovrebbe essere parte della buona prassi didattica. Un problema troppo facile scoraggia l’impegno degli studenti, mentre uno troppo difficile non viene preso seriamente in considerazione. Come ci ricorda Daniel Willingham (2009, p. 13), “solving a problem gives people pleasure, but the problem must be easy enough to be solved yet difficult enough that it takes some mental effort.” La valutazione del livello di difficoltà è una delle

componenti per coinvolgere attivamente gli studenti nell'apprendimento e per poter sperare in risultati soddisfacenti dal punto di vista didattico e del successo scolastico.

Motivare gli studenti all'impegno richiesto per sviluppare il pensiero critico e la riflessione non è compito facile. È un processo che richiede tempo, una adeguata professionalità da parte dell'insegnante e l'utilizzo di metodi di insegnamento che hanno dimostrato la loro efficacia, come la cooperative learning, le mappe concettuali e il problem solving. Questi metodi e alcune buone pratiche sviluppate da insegnanti, si sono dimostrati efficaci per raggiungere gli obiettivi del progetto europeo PROFILES, acronimo di: Professional Reflection Oriented Focus on Inquiry Learning and Education through Science. (Brianzoni, Cardellini, 2015).

Coinvolgere gli studenti in modo significativo comporta molto impegno da parte dell'insegnante e doti umane che rendano l'insegnante un esempio anche da ammirare, sia per le sue aspettative legate al fatto che tutti gli studenti possono imparare che per il suo interesse per la materia che insegna. (Moè, 2011) Condividiamo il suggerimento di Dudley Herron (2002, p. 57) "The real question is how one can get students interested in learning – more correctly, interested in learning those things that adults deem worthwhile. Seduction, I think."; la nostra ambizione professionale dovrebbe spingerci ad insegnare in modo tale da conquistare l'interesse dei nostri studenti.

Questo perché l'apprendimento significativo va oltre il normale impegno scolastico e richiede di ripensare e riflettere su quanto si è appreso, fare ipotesi, argomentare, controllare la catena del ragionamento, cercare altre informazioni, cercare gli errori: questo avviene in un tempo adeguato e richiede un impegno molto superiore rispetto alla memorizzazione di concetti finalizzata a una bella figura all'interrogazione. Tutto ciò trova conferma in quanto ha scritto Daniel Willingham, l'autore di *Why Don't Students Like School?* (2009, p. 3) "People are naturally curious, but we are not naturally good thinkers; unless the cognitive conditions are right, we will avoid thinking."

La professionalità dell'insegnante permette di creare un ambiente di apprendimento adeguato ove queste conoscenze teoriche possano essere tradotte in pratiche scolastiche che motivano gli studenti. Questo ambiente di apprendimento spesso richiede un contesto che favorisca l'acquisizione della conoscenza curriculare: un contesto che tenga conto "of how students can be expected to develop a map of scientific knowledge from contexts and how to make this knowledge useful for other contexts by transfer." (Gilbert, Bulte, Pilot, 2011, p. 818)

Il percorso didattico

Nell'istituto alberghiero la programmazione di scienze integrate-chimica per

essere coerente con quanto fin qui affermato sui diversi aspetti della motivazione, dovrebbe permettere la costruzione dell'apprendimento attraverso la concatenazione alternata dei concetti con compiti contestualizzati al giusto livello di difficoltà, come nell'esempio seguente:

- Lezioni sulla struttura atomica
- Reazioni con scambio di elettroni: ossidazione e riduzione
- Formazione di ioni e radicali liberi
- Ossigeno: indispensabile per la vita, ma i radicali liberi?
- Proprietà degli alimenti freschi e conservati: la bromelina dell'ananas.
- Antiossidanti e alimentazione: il test ORAC
- Proprietà nutritive della vitamina C: il limone e i succhi di frutta
- Le ricette e il manuale di sana alimentazione.

Questo programma è stato suddiviso in quattro moduli e in un numero adeguato di unità di apprendimento secondo quanto riportato nella tabella seguente:

Tabella 1. I quattro moduli e le unità di apprendimento.

Modulo	Unità di apprendimento	Altre discipline coinvolte
Struttura della materia (e prime trasformazioni)	<p>1. Atomo e particelle subatomiche</p> <p>2. Sistema Periodico degli elementi</p> <p>3. Ossidazione e riduzione: La pellicola di alluminio in cucina</p> <p>4. Ossidazione e riduzione: L'argentatura delle posate</p>	<p>Scienza e cultura dell'alimentazione</p> <p>Lab enogastronomia</p>
Legami chimici, stati della materia e solubilità	<p>1. Legami chimici (ionico, covalente puro e polare, dativo)</p> <p>2. Forze intermolecolari: stati della materia e passaggi di stato. Curva dell'acqua</p> <p>3. Solubilità: miscugli omogenei ed eterogenei (maionese; cocktail; sequenza di condimento di un'insalata)</p> <p>4. Concentrazione delle soluzioni: grado alcolico, normativa e problemi per la salute</p>	<p>Lab Sala-bar</p> <p>Lab enogastronomia</p>
Sostanze di impiego comune e per uso professionale	<p>1. Rischio chimico: studio di etichette e pittogrammi</p> <p>2. Acque nell'alimentazione: composizione-classificazione, abbinamenti con i piatti del menù</p> <p>3. Composti chimici organici: proteine, carboidrati e grassi alimentari</p> <p>4. Composti chimici inorganici: sale da cucina e altri Sali; acidi e basi; pH di sostanze alimentari</p>	<p>Scienza e cultura dell'alimentazione</p> <p>Discipline professionali</p>
Prove sperimentali di trasformazione chimica degli alimenti	<p>1. Antiossidanti veri: potenzialità didattiche in una mela</p> <p>2. Grassi e punto di fumo; stabilità all'ossidazione</p> <p>3. Alimenti freschi e conservati: l'ananas non fa dimagrire (ma contiene un enzima)</p> <p>4. L'assenza di ossigeno: panificazione e produzione di bevande alcoliche</p> <p>5. Ossidazione di un succo di frutta con la tintura di Iodio</p> <p>6. Il limone in cucina: motivi chimici</p>	<p>Laboratorio di enogastronomia</p> <p>Scienza e cultura dell'alimentazione</p>

Come in una mappa concettuale, il percorso didattico si è sviluppato attorno al significato di ossidazione, poiché come descritto più avanti, è sembrato che premesse, obiettivi e dati di partenza non permettessero di prescindere. Nel quadro che si è delineato, struttura atomica, protoni e reazioni con scambio di elettroni rappresentano i nodi fondamentali.

Per l'insegnante il programma e i concetti erano necessari per la formazione mentale e professionale degli studenti: il problema era di rendere questo percorso didattico importante e rilevante per gli studenti. Soprattutto in una scuola professionale è necessario usare un contesto per rendere appetibile lo studio della chimica. Per questo motivo era necessario escogitare un percorso di appropriazione attiva di conoscenze che fossero indispensabili per il loro percorso formativo.

Colloqui esplorativi effettuati nelle classi avevano messo in luce che sana alimentazione nella mente degli studenti spesso significa un miscuglio di informazioni generiche fondate sul consumo di frutta e verdura, timori sulla carne rossa, misconcetti sui grassi e abitudini alimentari sbagliate. Rispetto a specifici alimenti, talvolta correttamente riconosciuti come antitumorali, come ad esempio il cavolo, non si aveva la minima conoscenza del meccanismo di azione e dei reali benefici. Gli studenti, spesso abituali frequentatori di palestre e luoghi di fitness, hanno vaghe idee sull'utilità nella dieta di prodotti antiossidanti e degli integratori, noti soprattutto grazie alla pubblicità. Le ragazze sono solitamente ferrate in merito al contenuto calorico di diversi alimenti, senza però saper definire correttamente il concetto, la sua storia e soprattutto conoscere le modalità di misura.

Il progetto

L'apprendimento è un fenomeno mentale multiforme in cui la motivazione svolge una funzione chiave. Contestualizzare le attività contribuisce ad accrescerne l'interesse specie se il contesto è ritenuto rilevante dagli studenti. Infatti, "The most important problem with traditional teaching methods is that children are not learning skills; teaching is more concentrated on imparting factual knowledge to students. ... [Another] is that students are not given the opportunity to pursue new knowledge in the service of achieving intrinsically motivating goals." [A better approach] "is creating a model in which learning goals aim for students to learn "how to" rather than "know that."" (Schank, Berman, Macpherson, 1983, p. 165)

Alla fine del 2014 la LILT (Lega italiana per la lotta contro i tumori, sezione di Frosinone), si è rivolta alla Dirigente della scuola IIS Ceccano, con la richiesta di ricette da inserire in un manuale di sana alimentazione per il progetto Salute senza confini, approvato e finanziato dal Ministero delle Politiche Sociali e del Lavoro, rivolto agli adolescenti e ai giovani adulti malati di tumore. Interpellato dal Dirigente, uno di noi (EM) ha colto nell'iniziativa l'opportunità di collegare l'insegnamento della chimica a uno specifico contesto culturale. Per essere motivante, anche il titolo del progetto deve essere familiare e rilevante per gli studenti: "This provides the first invitation to students to initiate their thinking and provides the opportunity to move away from a standard science conceptual learning need, established

by the usual teaching, towards wider, student relevant and intrinsically-led learning.” (Rannikmäe, Teppo, Holbrook, 2010, p. 119)

Sebbene la LILT avesse chiesto un impegno diretto soltanto dagli insegnanti di enogastronomia, è stato ottenuto per gli allievi un ruolo attivo, riconosciuto e riconoscibile all'interno del progetto, contestualmente alla partecipazione di studenti con difficoltà di apprendimento. Nella strutturazione della programmazione curriculare si è fatto in modo di inserire il progetto in maniera coerente ed omogenea. Dopo l'illustrazione del progetto nelle classi seconde, 40 studenti hanno deciso di partecipare e alla fine del progetto sono risultati autori di 80 ricette. Gli alunni sono sostanzialmente riconducibili a tre categorie:

- Il gruppo degli “onnivori”, caratterizzato da impegno costante in tutte le discipline, con ottimi voti, ma a volte senza reali e circostanziati interessi; questi studenti sono spesso mossi dall'ansia del voto e vivono con grande difficoltà gli eventuali momenti di insuccesso. La loro prima preoccupazione è capire cosa pretenderà l'insegnante in sede di verifica. Pur manifestando spesso scetticismo per nuovi approcci didattici, sono la gioia di molti insegnanti; all'interno del progetto otto studenti possono essere inseriti in questa categoria.
- Un secondo gruppo composto da 20 studenti (molte delle ragazze ne fanno parte), noti generalmente come apatici e con poco interesse per la scuola; poco comunicativi col docente ma solitamente vivaci nel raccontare gli eventi della loro vita privata. Nel corso del lavoro questo gruppo è risultato particolarmente entusiasta e collaborativo, sobbarcandosi anche di compiti in più con continue richieste fatte al docente. In chiusura dell'anno scolastico all'inizio della lezione ancora chiedevano: Cosa facciamo oggi? Molti erano caratterizzati da un forte impegno nel supporto ai compagni in difficoltà.
- Il terzo gruppo comprende ragazzi interessati e incuriositi, non tanto per la novità in sé quanto probabilmente per la speranza di ottenere finalmente risultati positivi. Incuriosi e solitamente poco loquaci, si è rischiato di perderne qualcuno durante le varie fasi del progetto. Ne fanno parte quasi tutti gli alunni con difficoltà cognitive certificate. Sono stati seguiti dai docenti del dipartimento di sostegno e da compagni appartenenti al secondo gruppo, che li hanno motivati e supportati, sia nei lavori di gruppo in classe che fuori dalla classe.

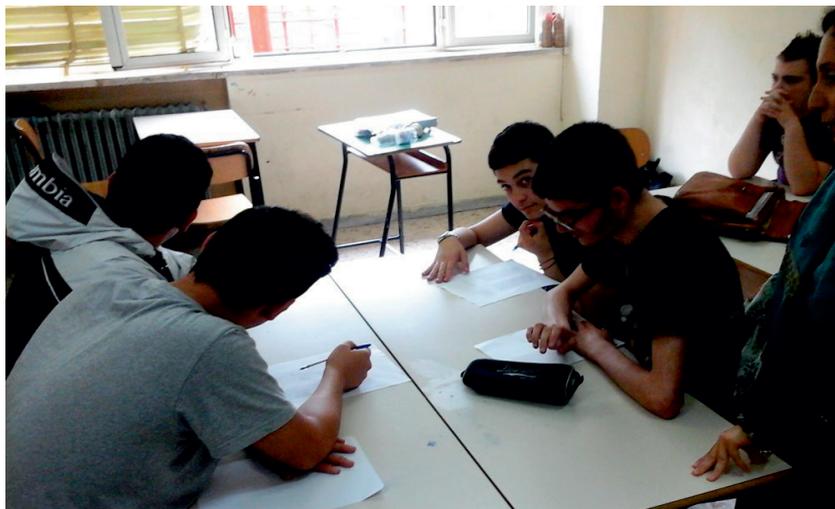


Figura 1 Studenti al lavoro nella soluzione di un problema.



Figura 2. Studenti e insegnanti coinvolti nel progetto.

Le lezioni frontali sono state dedicate all'analisi dei modelli atomici che si sono succeduti nel corso dei secoli, confutati alla lavagna attraverso i dati forniti dai ragionamenti logici e dagli esperimenti storici; gli studenti hanno imparato a disegnare gli atomi degli elementi chimici più comuni, attribuendo il corretto numero e la posizione alle particelle subatomiche (Configurazione elettronica). Con la spiegazione dell'ottetto, è stato possibile analizzare anche la formazione dei legami, degli ioni e dei radicali, introducendo le reazioni biologiche di ossidazione e di riduzione.

Per rendere familiare e significativo il concetto, il fenomeno dell'ossidazione è stato contestualizzato nello scenario più familiare agli studenti: la cucina. Infatti, come Jacobs e Harvey (2012, p. 195) affermano “Learning is dependent on several factors but most vital is the engagement of the learner with the environment, that is, a psychological connection with the setting in which the learning takes place.” Settimane prima un alunno aveva chiesto spiegazioni su un fenomeno che aveva osservato in casa: da un piatto di polenta al ragù coperto con la “carta” di alluminio dopo poche ore era scomparsa la pellicola protettiva (*“professore secondo me si è sciolta nella polenta”*).

È opinione comune, purtroppo anche nell'istituto alberghiero, che la pellicola di alluminio non debba essere usata nella conservazione e preparazione degli alimenti acidi. I ragazzi sapevano però che la pellicola di alluminio costituisce un elemento fondamentale nella ricetta del pesce al cartoccio, che si prepara con una o più fette di limone. Per gli studenti delle seconde, coscienti che il limone ha un pH acido, c'era dunque un palese conflitto. Dopo una discussione in classe è stato deciso di eseguire degli esperimenti, ponendo un alimento in tre contenitori diversi: uno di plastica, uno di vetro e uno di acciaio, ciascuno ricoperto con una pellicola di alluminio.

Dopo alcuni giorni la pellicola che ricopre il cucchiaino di acciaio presenta dei piccoli fori che col tempo si sono ingranditi.



Figura 3. La pellicola di alluminio si è ossidata e il ferro del cucchiaino si è ridotto (l'acciaio è una lega di ferro e carbonio).

I dati dell'esperimento, ripetuto con alimenti come pomodoro, pasta cotta, pane inumidito, e diversi tipi di frutta, suggeriscono che la pellicola di alluminio interagisce attraverso lo scambio di elettroni se è posta a contatto con un altro metallo a diverso potenziale, purché vi sia un mezzo acquoso come ponte di contatto (o un alimento, che quindi deve essere al limite del

bordo del recipiente); questo avviene indipendentemente dal cibo utilizzato e quindi dal pH. L'alunno, che all'inizio aveva posto il problema, interpellata la madre, ha poi confermato che il contenitore della polenta da cui era partita la sua domanda era un vassoio di acciaio.

La discussione sui fenomeni ossidativi ci ha portato ad approfondimenti sui radicali liberi, che sono dannosi perché responsabili di svariate patologie. Il processo chimico alla base dell'invecchiamento è stato avanzato per la prima volta dalla teoria dei radicali liberi nell'invecchiamento, nell'articolo *Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry*. (Harman, 1956) Un radicale libero tende a strappare un elettrone dalle molecole che incontra nel suo cammino, alterandone la struttura e inducendo mutazioni anche in altre molecole.

Denham Harman ha proposto che i radicali liberi dell'ossigeno (ROS, *Reacting Oxygen Species*) prodotti nel corpo causano l'invecchiamento e inoltre ha affermato che gli antiossidanti potrebbero rappresentare dei mezzi chimici per prolungare la vita. (Harman, 1956, Harman, 2006) Per primo ha proposto il collegamento tra i ROS e diverse patologie, quali demenza, morbo di Parkinson, invecchiamento precoce, infiammazioni, tumori e malattie cardiovascolari. I radicali liberi si formano in condizioni normali di salute ma soprattutto in particolari stati derivanti da: abuso di alcol, inquinamento, attività fisica intensa, esposizione al tabacco e ai raggi UV, stress psicofisico, terapie ormonali e regimi alimentari non bilanciati. Con l'invecchiamento l'eliminazione dei radicali liberi diventa meno efficace; quando la produzione è superiore a quella fisiologica si viene a determinare un danno, definito stress ossidativo.

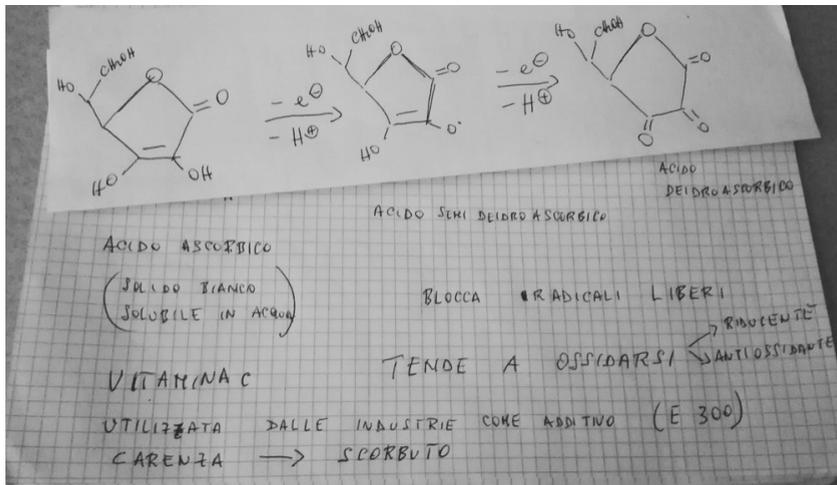


Figura 4. Potere antiossidante della vitamina C: meccanismo di reazione.

La protezione dall'ossidazione può avvenire attraverso gli antiossidanti contenuti negli alimenti. Antiossidanti naturali quali polifenoli e flavonoidi, il beta-carotene, le vitamine A, C ed E, il licopene e gli isotiocianati sono una preziosa risorsa. Questo passaggio concettuale, insieme all'analisi delle reazioni dell'acido ascorbico, ha costituito il fulcro per la strutturazione consapevole del ricettario di sana alimentazione, in quanto ha permesso di capire l'importanza della nutrizione.

La misura del potere antiossidante dei diversi alimenti per mezzo del test ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) permette di costruire una consapevolezza condivisa, contro le mode alimentari e i trucchi del marketing. Questo perché il test ORAC è un metodo per misurare le capacità antiossidanti in campioni biologici. È stata definita una unità di misura ed è stata stabilita una misura del potere antiossidante dei vegetali. Per mantenersi in forma, ogni persona dovrebbe introdurre con il cibo una quantità di antiossidanti compresa tra 2000 e 5000 unità al giorno.

Approfondimenti

Come approfondimento fra i diversi antiossidanti è stata scelta la Vitamina C. L'argomento, affrontato con lezioni frontali e con semplici esperimenti, è stato particolarmente potente dal punto di vista motivazionale, e perciò percepito con vivo interesse dagli studenti. Il lavoro con mela e limone è stato ripetuto a casa da tutti gli alunni; alcuni si sono cimentati autonomamente a variarne le condizioni (frutta di tipo diverso, carne, confronto tra l'azione del limone e quella dell'estratto comperato al supermercato).

L'enzima polifenilossidasi a contatto con l'ossigeno dell'aria promuove l'ossidazione dei polifenoli presenti nella polpa della mela, dando luogo alla formazione di sostanze incolori che poi reagiscono con gli aminoacidi dando luogo a composti scuri. È possibile ridurre l'imbrunimento utilizzando un antiossidante come la vitamina C.



Figura 5. Lo spicchio di sinistra è stato trattato col limone. Il limone non subisce fenomeni ossidativi (e spremuto sulla mela ne previene l'imbrunimento).

Per verificare i dati contenuti nelle etichette è stato determinato il potere antiossidante dei succhi di frutta. Uguali quantità di amido sono state aggiunte ai succhi di pera, arancia rossa e Ace, per poi ossidare con tintura di iodio, che colora in viola/nero. Lo iodio reagisce prima con l'acido ascorbico e poi con l'amido; quindi la soluzione di Cebion (un concentrato di vitamina C) deve essere l'ultima a virare. La reazione di ossidazione dell'acido ascorbico con lo iodio:



Sono state utilizzate diverse confezioni tra quelle trovate in commercio. Secondo quanto riportato in etichetta, il succo di ACE dovrebbe contenere 16 mg/100 mL di vitamina C, come il succo di pera. La confezione di arancia rossa utilizzata non indica nell'etichetta il contenuto di vitamina C. Lo iodio utilizzato nelle reazioni è stato ottenuto dall'elettrolisi di una soluzione di KI, realizzata in classe con una pila da 4,5 V a supporto sperimentale delle lezioni sulle ossidoriduzioni.

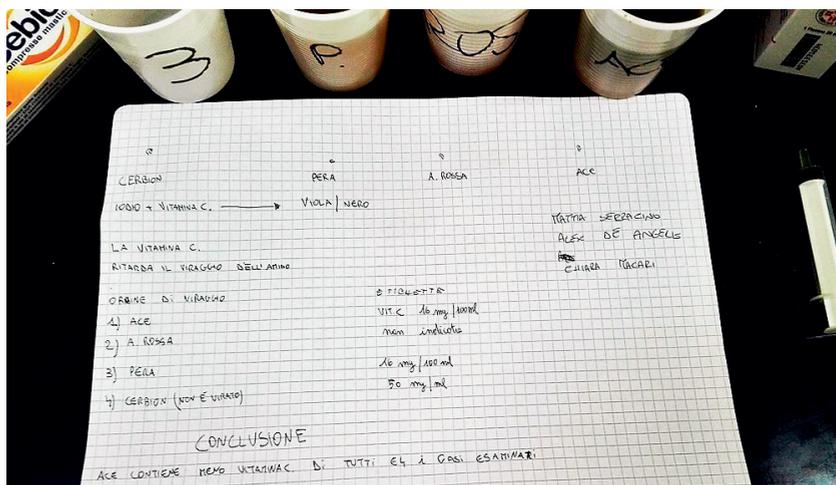


Figura 6. Determinazione del potere antiossidante in alcuni succhi di frutta.

L'orto delle piante aromatiche

Una parte degli esperimenti è stata dedicata agli estratti vegetali ottenuti dall'orto botanico della scuola; il lavoro ci ha impegnato per mesi, dalla preparazione del terreno all'allestimento dell'impianto di irrigazione a goccia, fino ad arrivare alla messa a dimora delle piantine aromatiche. Alcune di queste piante aromatiche sono state utilizzate anche come tema per la cena di gala di fine anno. Questo lavoro nell'orto botanico è stato particolarmente utile come supporto didattico per altre parti della programmazione: ad esempio le operazioni di estrazione sono state fondamentali

per affrontare l'argomento miscugli omogenei e miscugli eterogenei. Tutti gli studenti sono stati coinvolti in questa parte del lavoro che ha visto un grande impegno della componente femminile, mentre gli studenti del primo gruppo non hanno mostrato un grande interesse.



Figura 7. La realizzazione dell'orto ha richiesto un vero e proprio 'lavoro sul campo'.

Una serie di prove sperimentali sono state eseguite per determinare il potere antiossidante di diversi prodotti alimentari cresciuti dell'orto e su altri alimenti. Gli spicchi di mela vengono immersi per 10 minuti negli estratti ottenuti a caldo di diverse sostanze e successivamente vengono esposti all'aria per osservarne l'imbrunimento. In questa prova sono state utilizzati estratti di aglio, cipolla e tè verde, messi a confronto con una soluzione di

Cebion. La soluzione di Cebion ha completamente protetto dall'ossidazione, come si evince dal confronto con lo spicchio immerso nell'acqua. Negli altri casi gli estratti a caldo esplicano proprietà antiossidanti intermedie, come mostrato nella parte superiore di Figura 8.



Figura 8. Risultati visibili: nell'estrazione a caldo la cipolla ha proprietà paragonabili al tè verde in bustina, mentre nell'estrazione a freddo il potere antiossidante della cipolla supera quello del tè verde acquistato in erboristeria.

Con l'estrazione a freddo il potere antiossidante della cipolla è visibilmente più grande della curcuma e del tè verde acquistato in erboristeria. A giudizio degli studenti il tè in bustina sembrava mostrare migliore potere antiossidante rispetto al tè verde acquistato in erboristeria. Ma, come è risultato nella discussione dei risultati, il dato non è significativo in quanto sono state fatte soltanto delle prove qualitative, senza misurare in modo quantitativo le quantità di tè verde utilizzate.

Altre prove hanno riguardato l'estratto di basilico, il vino rosso, l'estratto di barbabietola e quello di radicchio rosso. In diverse prove è stato considerato l'effetto del pH; alcune sono riportate in Figura 9.

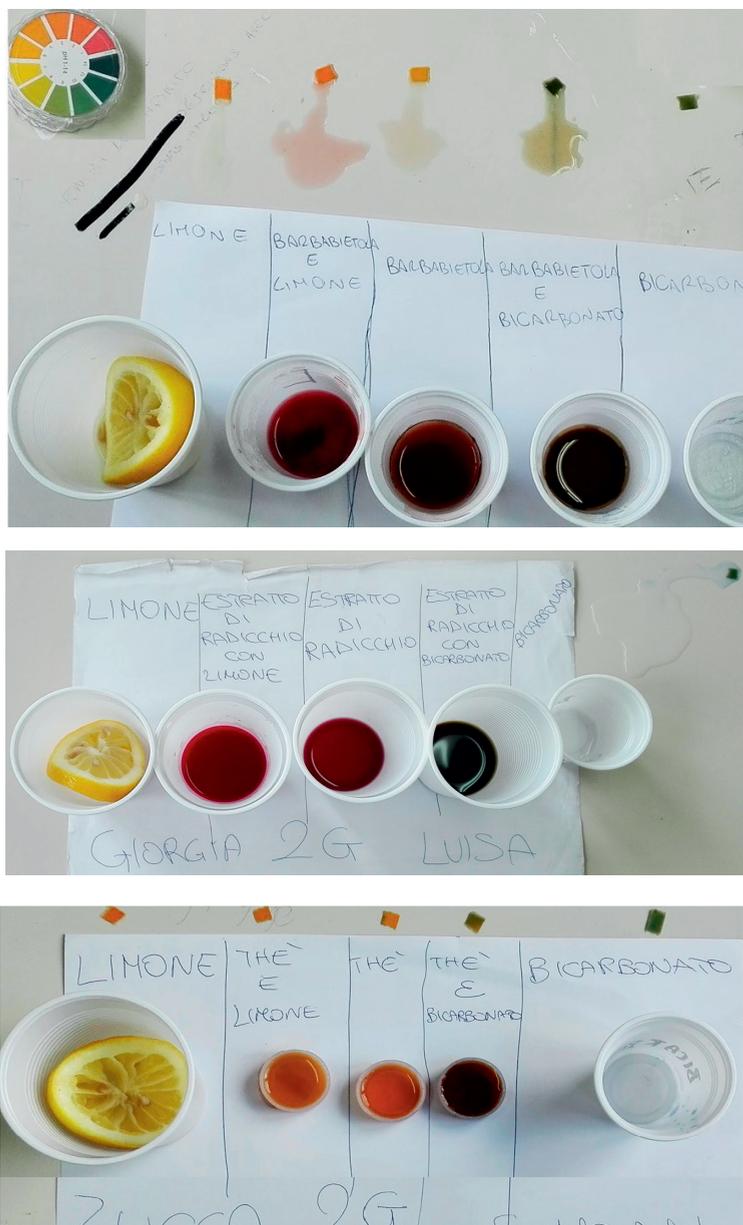


Figura 9. Determinazione del potere antiossidante di alcuni alimenti in funzione della variazione del pH.

Argomentazione socio-scientifica

L'alfabetizzazione scientifica intesa anche come capacità di argomentare è un aspetto importante della formazione scolastica. Gli studenti vanno formati sia dal punto di vista scientifico e conoscitivo per la loro futura vita professionale che come futuri cittadini. La scuola che punta a formare studenti capaci di argomentare mostra un significativo punto di forza nella pratica formativa contemporanea (Osborne, 2010).

Studi sulla didattica delle scienze affermano che il ragionamento socio-scientifico costituisce un aspetto importante della conoscenza scientifica. “Student inquiry into socioscientific issues provides robust context for situating important science content and processes.” (Sadler, Barab, Scott, 2007, p. 372) Una classe in cui viene coltivata la capacità di argomentare e dibattere costituisce un ambiente che fornisce opportunità per lo sviluppo del carattere e per concettualizzare il ruolo della natura della scienza. “classroom research has demonstrated that a fully enacted SSI (socioscientific issues) approach to science education becomes a transformative process for participating students and their teacher. Successful transformation occurs when the teacher-centered approach shifts to a student-centered classroom and the science curriculum becomes issues-driven.” (Zeidler, Applebaum, Sadler, 2011, p. 277)

Come avviene con altri metodi, ad esempio la messa in pratica dell'apprendimento cooperativo, che per gli studenti è una nuova modalità, si parte con piccoli passi e nell'incertezza. Anche questo è un processo che si costruisce nel tempo interagendo e facendo opportune considerazioni e richieste agli studenti. Sia gli studenti che noi insegnanti dobbiamo familiarizzare e acquisire sicurezza per mezzo dell'esperienza. (Osborne, Erduran, Simon, 2004) L'argomentazione è un ragionamento situato che implica un elemento d'incertezza. Noi “conosciamo” se abbiamo una forte e fondata convinzione della correttezza di quanto crediamo; la nostra conoscenza è ben fondata solo se riusciamo a produrre ragioni convincenti che la supportino. Per migliorare la qualità degli argomenti è sufficiente utilizzare un modello semplificato nel quale un'asserzione venga giustificata dai dati su cui il ragionamento si basa.

Il modello semplificato di Toulmin della struttura per l'argomentazione prevede che oltre all'asserzione e ai dati siano presenti anche i ‘warrants’, le spiegazioni del come o del perché i dati supportano l'affermazione. (Osborne, Erduran, Simon, Monk, 2001, p. 63) La verifica dei dati riportati nelle etichette dei succhi di frutta è stato un lavoro nato da una proposta degli studenti. Altri esperimenti sono stati concepiti per generare negli studenti una diversa consapevolezza rispetto a presunte proprietà dimagranti e all'importanza dei prodotti freschi nell'alimentazione.

L'ananas compare in diverse diete dimagranti, in quanto si pensa che abbia proprietà "brucia grassi". Esperimenti realizzati con svariati prodotti alimentari hanno mostrato invece caratteristiche proteolitiche (come sulla colla di pesce), quindi dannose, in particolare sui muscoli. Dall'esperimento è risultato che l'ananas non brucia i grassi (burro); l'ananas (fresco) idrolizza le proteine mentre l'arancia no. Il lavoro è servito anche per dimostrare come i prodotti conservati hanno caratteristiche molto diverse rispetto a quelli freschi. Nell'ananas in scatola infatti l'enzima bromelina è risultato inattivo.

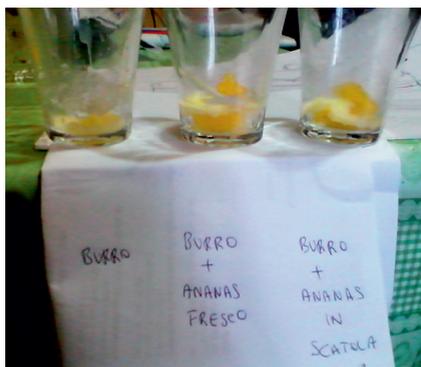


Figura 10. L'ananas (fresco) idrolizza le proteine; l'arancia no. L'ananas non brucia i grassi; il prodotto in scatola non ha azione neanche sulle proteine.

Sempre con l'intento di formare cittadini con la capacità di raccogliere e interpretare i dati ritenuti utili a determinare giudizi consapevoli ed autonomi, come richiesto dai descrittori di Dublino, è stata considerata la pubblicità e gli slogan in etichetta di alcuni prodotti commerciali. Ci sono prodotti che "gridano" in etichetta "antivecchiamento" o "antiossidante" (vengono omesse le immagini relative alle etichette dei prodotti commerciali

analizzati). Per questa ed altre riflessioni sulla correttezza degli slogan pubblicitari sono stati considerati dei dati riportati da enti ufficiali ritenuti affidabili.

Secondo l'EFSA (European Food Safety Authority) il claim da utilizzare sulle etichette dei prodotti commerciali analizzati è "Protegge le cellule dallo stress ossidativo". Per l'EFSA gli antiossidanti realmente efficaci sono le vitamine E, C, B2 e minerali che contengono elementi come selenio, manganese, rame e zinco. Tra i bocciati dall'EFSA ci sono invece il coenzima Q10, i flavonoidi, i carotenoidi e la papaya. Gli integratori rappresentano un'abitudine alimentare spesso ingiustificata, forse a dimostrazione che l'attenzione che la maggior parte dei consumatori dedica alle tematiche dell'alimentazione è superficiale.

Letture, riflessione e spirito critico sono esercizio di pochi; raramente viene approfondito oltre lo slogan, il servizio televisivo o il passaparola. Queste discussioni sono state proposte per sviluppare negli studenti l'autonomia di giudizio e per porli nella condizione di comunicare le loro conclusioni, la conoscenza e il razionale ad esse sottese, chiaramente e senza ambiguità. Secondo l'OMS per contrastare l'azione dei radicali liberi sono sufficienti cinque porzioni giornaliere di frutta e verdura.

Con gli integratori si rischia di assumere antiossidanti in eccesso. L'assunzione in eccesso di vitamina E può aumentare il rischio del tumore alla prostata e di ictus. L'eccesso di betacarotene può aumentare nel fumatore il rischio che si sviluppi il tumore ai polmoni. Gli integratori e gli antiossidanti a loro volta possono interagire con alcuni farmaci, come la vitamina E con gli anticoagulanti.

Elaborazione delle ricette

L'elaborazione delle ricette costituisce la parte centrale del progetto ed è stata concepita in modo tale che il fatto concreto diventasse una questione scientifica. Grazie alle diverse fasi del lavoro, gli studenti hanno potuto cimentarsi con consapevolezza nell'elaborazione di ricette di sana alimentazione. Il coinvolgimento di genitori e nonni ha permesso il recupero di prodotti e preparazioni enogastronomiche del territorio, attraverso un modello che si potrebbe definire di didattica intergenerazionale condivisa. La realizzazione delle ricette ha coinvolto diversi insegnanti, tra i quali insegnanti esperti di alimentazione e docenti specializzate per l'insegnamento ad alunni diversamente abili, coordinati da uno di noi (EM). Per sperare di avere il maggior impatto possibile nel coinvolgimento degli studenti, la collaborazione tra insegnanti costituisce un elemento essenziale e dà credibilità al lavoro della scuola. La collaborazione tra docenti è una modalità di insegnare sempre caldeggiata dal progetto PROFILES e nello sviluppo del progetto si sono avute diverse esperienze significative.

(Battistini, Frattoni, Gallina, Celestina, Guardati, Lattanzi, Stortini, Terzi, Palmili, 2014) Innovazioni della didattica basate sull'inquiry e la collaborazione tra docenti sono aspetti rilevanti anche della didattica universitaria. (Handelsman, Ebert-May, Beichner, Bruns, Chang, DeHaan, Gentile, S. Lauffer, Stewart, Tilghman, Wood, 2004)



Figura 11. La copertina del volume realizzato dalla LILT contenente le ricette proposte dagli studenti.

Il volume (Prevenire è vivere. La salute vien mangiando, 2016) è suddiviso in tre parti: nella prima parte sono riportate delle informazioni sulla prevenzione dei tumori, nella seconda consigli su come ridurre il rischio di ricadute nelle malattie oncologiche e nella terza sono riportate 48 ricette proposte dagli studenti. Un esempio di ricette è riportato nella Figura 12.

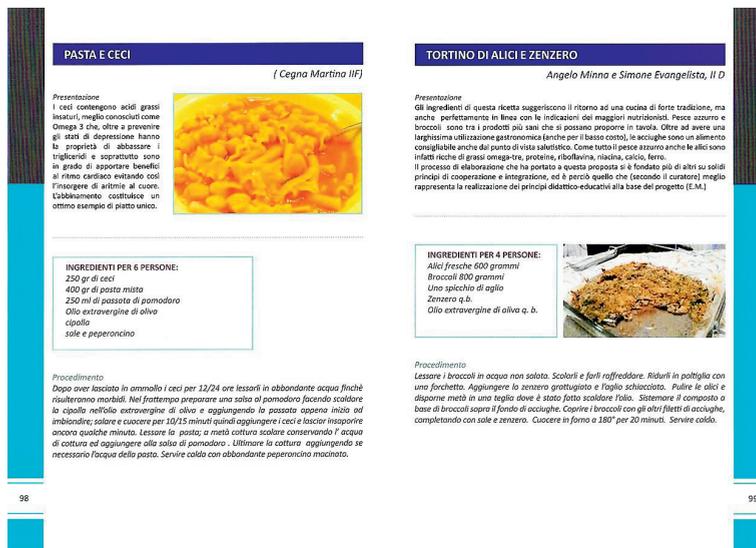


Figura 12. Esempi di ricette create dagli studenti

Osservazioni

All’inizio di ogni anno scolastico ci sono sempre alunni che chiedono: *“ma a cosa ci serve lo studio della chimica?”*. Questo lavoro più che una risposta alla loro domanda, vuole essere uno stimolo per i colleghi che frettolosamente catalogano “quegli” studenti come poco interessati. La mancanza di motivazione del ragazzo raramente si manifesta subito, al primo incontro con la nuova disciplina; il docente così ha il tempo per organizzare un contesto di lavoro che sia finalizzato ad uno scopo utile e coinvolgente. L’apatia si manifesta perché lo studente, non riconoscendo uno scenario per lui rilevante, finisce per non riconoscere neanche l’utilità di quello che gli viene proposto, percependolo come una sterile applicazione pedissequa.

Diversi elementi raccolti nel corso del lavoro fanno anzi pensare che per il gruppo degli apatici il disinteresse possa essere la maschera di un particolare acume intellettuale: essi sono studenti alla ricerca di un senso e un motivo in quello che fanno. L’adolescente dotato di spirito critico e intelligenza non vuole impegnarsi per qualcosa che non ha scelto. Qualora si senta protagonista, può però riconoscere una funzionalità tale da trasformare il rifiuto in un piacere emotivo che dal compito si estende alla disciplina. È da rilevare che l’aspetto più interessante del progetto risiede nelle ricadute successive: a lavoro finito molti di questi alunni, forse anche per aspetti di carattere empatico, hanno continuato a impegnarsi su tutto il programma, partecipando addirittura ad un corso di potenziamento disciplinare.

La ricerca didattica ha introdotto il concetto di ‘ownership’ riguardo alle innovazioni da parte dell’insegnante. “One of the strongest conclusions to come out of decades of studies of the success and failure of a wide variety of curriculum innovations is that innovations succeed when teachers feel a sense of ownership of the innovation, or that it belongs to them and is not simply imposed on them.” (Ogborn, 2002, p. 143) Forse non è esagerato usare ora questo concetto e affermare che questi studenti sono stati conquistati dal progetto e responsabilmente lo sentono loro.

Lo sviluppo delle diverse attività mostra che un cambio di approccio didattico può essere utile anche nei casi di difficoltà di apprendimento dovute a problemi cognitivi. Lo dimostrano i risultati lusinghieri raggiunti dagli alunni del terzo gruppo, in parte “falsati” dal supporto ottenuto dai compagni, perciò significativamente rilevanti sul piano dell’integrazione scolastica. Per questi alunni gli argomenti proposti sono certamente difficili e apparentemente senza scopo, soprattutto se affrontati a partire dal libro e dalla questione scientifica, unica e solita strada che non sanno percorrere; anche per loro il legame con una situazione nota è importante per la motivazione (ne ravvisano l’utilità), ma ancora di più perché partendo da un contesto culturale familiare riescono a mobilitare anche competenze trasversali di carattere psicologico (posso farcela).

È stata posta molta cura nell’evidenziare le connessioni tra i concetti sia nelle spiegazioni che nelle valutazioni. Facilitare le connessioni cognitive tra le informazioni e i concetti già conosciuti con quanto si deve apprendere costituisce un aiuto per tutti gli studenti. (Bodner, 2007). Questo aiuto nel facilitare le connessioni cognitive diventa particolarmente importante per studenti con bisogni educativi speciali. (Mastropieri, Scruggs, 1996)

Conclusioni

Nell’istituto alberghiero è palese la richiesta di formazione pratica immediatamente spendibile nel mondo del lavoro, soprattutto in un periodo storico come l’attuale. Stimolare l’interesse e la curiosità per quelle discipline che, come la chimica, per menti poco avvezze alla cultura scientifica, allo studio e alla riflessione, non sembrano avere un apparente e immediato legame con la realtà professionale, rappresenta perciò per il docente una sfida continua. L’interesse verso questo tipo di scuola, veicolato anche dalle numerose trasmissioni televisive dedicate alle ricette, se ha certamente aumentato le iscrizioni, ha reso però più difficile il lavoro dell’insegnante, in perenne lotta contro una massiva semplificazione concettuale.

Come è suggerito dalla filosofia del progetto PROFILES, l’interesse per l’insegnamento viene attivato dalla rilevanza di ciò che viene proposto. La necessità della rilevanza, come viene vista attraverso gli occhi degli studenti

(Fensham, 2004), ha un forte legame con la motivazione intrinseca degli studenti. (Ryan, Deci, 2000b) L'approccio didattico qui presentato non è immune da critiche: il successo didattico conseguito attraverso l'ancoraggio alle situazioni quotidiane o interessanti per gli studenti, viene ritenuto da alcuni colleghi banalizzante per la "dignità scientifica" della disciplina. Spesso si tratta però di docenti che hanno scarsa esperienza nel campo delle difficoltà di apprendimento e che non conoscono la mancanza di motivazione tipica degli alunni dei tecnici e dei professionali.

Il fatto concreto, gradino pavlovianamente più basso nei processi di apprendimento, rappresenta la fondazione dell'intero edificio cognitivo; è perciò particolarmente importante per costruire ed ancorare stabilmente la nuova conoscenza nelle strutture mentali di coloro che hanno difficoltà con l'astrazione. Questi alunni hanno spesso in comune con gli studenti poco motivati il contesto socioculturale di provenienza, solitamente svantaggiato. Per entrambi i gruppi, la realtà circostante può essere percepita come terminale bidirezionale: motivazionale dalla questione alla situazione, mentre nel verso contrario rappresenta il serbatoio psicologico da cui trarre le sensazioni di adeguatezza emotiva indispensabili per far fronte al compito richiesto.

Se è vero che non tutti gli insegnanti curricolari hanno le competenze per predisporre piani educativi individualizzati coerenti con le necessità di ogni singolo alunno, attraverso modalità di ricerca-azione è possibile però costruire percorsi di apprendimento alternativi alla didattica tradizionale, capaci di stimolare l'impegno e l'attenzione anche in quei soggetti che, per difficoltà proprie o per scarso interesse, non riescono a trovare la giusta motivazione. Le esperienze con alunni disgrafici e discalculici, ma soprattutto il campo dell'autismo, suggeriscono che molto spesso di fronte a noi non c'è un alunno apatico, ma una mente che ha bisogno di essere stimolata nell'attivazione di "altri" processi cognitivi. (Mansueti, 2017)

Come avviene anche in altri progetti, le esperienze sperimentali qui riportate sono state eseguite in assenza di un laboratorio (Ferri, 2016, p. 14) e con "vetreria" di fortuna: le poche provette e i becher di vetro fanno parte della dotazione personale dell'insegnante. Ci sembra di poter affermare che la professionalità dell'insegnante, l'impiego di metodi di insegnamento centrati sullo studente e l'entusiasmo favoriscono un ambiente di apprendimento adatto al successo scolastico, sostengono la motivazione e l'interesse, nonché un atteggiamento positivo verso la materia. (Moè, 2011)

Bibliografia

- G. Aikenhead, *Chemistry Education Research and Practice*, 2003, 4 (2), 115.
- S. A. Ambrose, M. W. Bridges, M. DiPietro, M. C. Lovett, M. K. Norman, *How learning works. Seven research-based principles for smart teaching*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2010.

- L. Battistini, P. Frattoni, A. Gallina, C. Celestina, N. Guardati, C. Lattanzi, S. Stortini, M. Terzi, K. Palmili, With flying colours. In C. Bolte, F. Rauch, (Eds.), *Enhancing inquiry-based science education and teachers' continuous professional development in Europe: Insights and Reflections on the PROFILES Project and other Projects funded by the European Commission* (pp. 152-155), Freie Universität Berlin (Germany) / Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria), Berlin / Klagenfurt, 2014.
- J. Bransford, A. Brown, R. Cocking, *How people learn. Brain, mind, experience, and school*, National Academy Press, Washington, DC, 2000.
- V. Brianzoni, L. Cardellini, *La Chimica nella Scuola*, 2015, 37 (3), 37.
- J. Brophy, *Motivating students to learn*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, 2004.
- G. M. Bodner, *Chemistry Education Research and Practice*, 2007, 8, 93.
- M. Csikszentmihalyi, *Flow. The psychology of optimal experience*. Harper & Row, New York, 1990.
- P. J. Fensham, *Science Education International*, 2004, 15, 7.
- C. Ferri, *La Chimica nella Scuola*, 2016, 38 (1), 13.
- J. K. Gilbert, A. M. W. Bulte, A. Pilot, *International Journal of Science Education*, 2011, 33, 817.
- J. Handelsman, D. Ebert-May, R. Beichner, P. Bruns, A. Chang, R. DeHaan, J. Gentile, S. Lauffer, J. Stewart, S. M. Tilghman, W. B. Wood, *Science*, 2004, 304, 521.
- D. Harman, *Journal of Gerontology*, 1956, 11, 298.
- D. Harman, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2006, 1067, 10.
- J. D. Herron, *Journal of Chemical Education*, 2002, 79 (1), 53.
- J. Holbrook, *Science Education International*, 2008, 19, 257.
- N. Jacobs, D. Harvey, *Educational Studies*, 2012, 36, 195.
- A. Krapp, M. Prenzel, *International Journal of Science Education*, 2011, 33, 27.
- E. Mansueti, *Handicap & Scuola*, 2017, Accettato per la pubblicazione.
- M. A. Mastropieri, T. K. Scruggs, *Exceptionality*, 1996, 6, 53.
- A. Moè, Motivated teachers motivate students: Instructional practices for enhancing students' motivation. In J. P. Henderson, A. D. Lawrence (Eds.), *Teaching strategies* (pp. 275-286), Nova, New York, 2011a.
- A. Moè, Emotional contagion in the classroom: How much can a teacher's enthusiasm increase students' achievement motivation?. In J. P. Henderson, A. D. Lawrence (Eds.), *Teaching strategies* (pp. 367-376), Nova, New York, 2011b.
- J. Ogborn, *Physics Education*, 2002, 37, 142.
- J. Osborne, *Science*, 2010, 328, 463.
- J. Osborne, S. Collins, *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*, King's College London, 2000.
- J. Osborne, S. Erduran, S. Simon, M. Monk, *School Science Review*, 2001, 82, 63.
- J. Osborne, S. Erduran, S. Simon, *Journal of Research in Science Teaching*, 2004, 41, 994.
- LILT, *Prevenire è vivere. La salute vien mangiando*, Tofani, Frosinone, 2016.
- P. R. Pintrich, D. H. Schunk, *Motivation in education: Theory, research, and applications* (2nd ed.). Merrill/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002.
- M. Rannikmäe, M. Teppo, J. Holbrook, *Science Education International*, 2010, 21, 116.

- R. M. Ryan, E. L. Deci, *Contemporary Educational Psychology*, 2000a, 25, 54.
- R. M. Ryan, E. L. Deci, *American Psychologist*, 2000b, 55, 68.
- R. M. Ryan, E. L. Deci, An overview of self-determination theory: An organismic-dialectical perspective. In E. L. Deci, R. M. Ryan (Eds.), *Handbook of self-determination research* (pp. 3-33). University of Rochester Press, Rochester, NY, 2002.
- M. Rocard, P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Henriksson, V. Hemmo, *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Directorate General for Research, Science, Economy and Society, Brussels 2007. Retrieved 03/12/2016, from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- T. D. Sadler, S. A. Barab, B. Scott, *Research in Science Education*, 2007, 37, 371.
- R. C. Schank, T. R. Berman, K. A. Macpherson, Learning by doing. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status* (pp. 161-181). Lawrence Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1983.
- M. Stuckey, A. Hofstein, R. Mamlok-Naaman, I. Eilks, *Studies in Science Education*, 2013, 49, 1.
- J. C. Turner, D. K. Meyer, Understanding motivation in mathematics: What is happening in classrooms? In K. R. Wentzel, A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 527-552), Routledge, New York, 2009.
- J. Van Aalsvoort, *International Journal of Science Education*, 2004, 26, 1635.
- D. T. Willingham, *American Educator*, Spring 2009, 1.
- D. T. Willingham, *Why don't students like school? A cognitive scientist answers questions about how the mind works and what it means for your classroom*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 2009.
- D. L. Zeidler, S. M. Applebaum, T. D. Sadler, Enacting a socioscientific issues classroom: Transformative transformations. In T. D. Sadler (Ed.), *Socio-scientific issues in the classroom: Teaching, learning and research* (277-305), Springer, Dordrecht, 2011.

Finito di stampare nel mese di marzo del 2017
dalla tipografia «System Graphic S.r.l.»
00134 Roma – via di Torre Sant’Anastasia, 61
per conto della «Giacchino Onorati editore S.r.l. – unipersonale» di Canterano (RM)