

# SOSTANZE, MISCELE, REAZIONI: un'indagine sulle concezioni delle matricole di chimica

### Riassunto

Vengono presentati i risultati ottenuti con un questionario riguardante alcuni concetti base della chimica (sostanza semplice e composta, miscela omogenea ed eterogenea, reazione) che è stato sottoposto alle matricole di Chimica e di Chimica Industriale delle Università di Modena e di Torino all'inizio dell'anno accademico 1997/98. Le risposte e le loro motivazioni hanno rivelato in molti casi la presenza di idee confuse o completamente errate, a livello sia di definizione che di applicazione, su uno o più dei precedenti concetti. Vengono discusse le implicazioni di questo stato di cose per quanto riguarda l'insegnamento universitario della chimica, e vengono formulate alcune raccomandazioni relative all'insegnamento secondario.

### Abstract

A questionnaire concerning some basic chemical concepts (simple and compound substance, homogeneous and heterogeneous mixture, reaction) was submitted to the students beginning their first year for the laurea degree in Chemistry or Industrial Chemistry in the Universities of Turin and Modena. In many cases the answers and their justifications revealed the presence of muddled or entirely wrong ideas about one or more of the above concepts, both at the definition and the application level. The implications of this state of affairs for the teaching of chemistry in the university are discussed and some advice is expressed concerning the teaching at the secondary level.

---

PAOLO MIRONE (\*)  
EZIO ROLETTO (#)

---

### Introduzione

L'accesso ai corsi universitari che portano al diploma ed alla laurea in chimica non è subordinato né ad una specifica preparazione nel corso degli studi secondari né al superamento di un test di ammissione. Tale test dovrebbe servire per valutare se gli studenti possiedono un "sapere chimico di base" al quale i responsabili degli insegnamenti del primo semestre possano fare riferimento per impostare i propri corsi. Sembra però che anche nei casi in cui i test di ammissione esistono, questi non siano in grado di "filtrare" l'accesso ai corsi in modo tale da garantire che gli studenti ammessi padroneggino effettivamente ed allo stesso modo il sapere di base. Infatti gli studenti si preparano per superare lo sbarramento costituito dai test, ricorrendo a pubblicazioni concepite espressamente a questo scopo. Si tratta di uno studio mnemonico e proposizionale, fatto di termini e di frasi ma non di concetti e modelli: termini e frasi che non costituiscono un sapere operativo sul quale fondare l'appropriazione di ulteriori conoscenze. Quanto viene memorizzato per superare i test è destinato ad essere rapidamente dimenticato in quanto appartiene alla categoria dei prodotti "usa e getta": non si tratta infatti di strumenti per "leggere" il mondo alla luce di principi generali che gli danno senso, ma di parole per dare l'impressione di possedere tali strumenti. Si deve anche tenere presente che, per superare un test, non si deve conoscere a fondo tutto ciò che è oggetto di domande. Inoltre non è detto che in un test si

possano affrontare tutti i concetti la cui padronanza è ritenuta indispensabile per seguire con profitto i corsi iniziali all'università. Infine non si può escludere che, per le domande a scelta multipla, qualche risposta accettabile sia dovuta più al caso che al patrimonio di conoscenze dello studente. Neanche il ricorso a tali test permetterebbe, con ogni probabilità, di garantire che gli studenti ammessi padroneggino tutti lo stesso sapere chimico di base: i docenti dei primi corsi universitari si troverebbero comunque di fronte ad una certa "ignoranza chimica" della quale dovrebbero tenere conto, e soprattutto preoccuparsi di fare emergere, nella fase di avvio dell'insegnamento.

Se là dove esistono i test di ammissione è ben difficile che un docente si trovi ad insegnare a studenti omogenei dal punto di vista del sapere che padroneggiano, è facile immaginare quale sia la situazione nei corsi di laurea in chimica, dove tali test non esistono, ed ai quali possono iscriversi soggetti che hanno studiato chimica per alcuni anni (periti chimici) e altri che la chimica l'hanno a mala pena intravista nel corso di un anno. I docenti non sono all'oscuro di ciò e sanno anche che, con rare eccezioni, possono fare ben poco affidamento su quanto gli studenti dovrebbero aver acquisito nella scuola secondaria. Tale consapevolezza della scarsa preparazione delle matricole fa sì che l'insegnamento universitario cominci ad un livello alquanto "basso", vale a dire "quasi" dalle conoscenze di base. Il "quasi" sta ad indicare che un certo patrimonio di conoscenze di base viene dato comunque per scontato. Si tratta di concetti fondamentali quali solido, liquido e gas; sostanza semplice e composta; miscela omogenea ed eterogenea; trasformazione fisica e trasformazione chimica; il mo-

dello particellare della materia, ecc. Spesso i docenti sono consci del fatto che i loro allievi non padroneggiano questo sapere minimo, ma non ritengono opportuno affrontarlo all'inizio dei loro corsi. Da una parte, sono forse convinti che gli studenti effettivamente interessati alla disciplina potranno impadronirsene rapidamente; dall'altra, vi sono oggettive esigenze di tempo, rese ancora più impellenti dall'organizzazione in semestri, che quasi impongono di non "perdere tempo" a spiegare argomenti ritenuti elementari. C'è però da chiedersi se la scelta di fissare arbitrariamente il livello soglia e di procedere a partire da questo, a prescindere dalla situazione effettiva, non sia, in effetti, una "falsa economia".

Le riflessioni di numerosi psicologi che hanno affrontato i problemi dell'apprendimento, nonché le ricerche condotte nell'ambito della didattica delle discipline scientifiche sperimentali, hanno mostrato che si ha realmente apprendimento soltanto quando questo è "significativo". Uno studente che padroneggia solide conoscenze di base dispone di qualcosa con cui e su cui costruire nuovo sapere. Per contro, uno studente che non è in grado di collegare le nuove conoscenze ad un sapere che già padroneggia avrà difficoltà a comprendere anche le spiegazioni più accurate. L'apprendimento non consiste nell'assimilare informazioni, ma nel costruire reticoli mentali mediante i quali "leggere", "interpretare", "spiegare" e "prevedere" i fenomeni, siano essi naturali o provocati in laboratorio. Tale costruzione è un'opera incessante di modifica e ristrutturazione degli schemi mentali, dei modi di ragionare a partire da quelli di senso comune sino a quelli più sofisticati della ricerca scientifica. Quindi l'acquisizione dei concetti scientifici di base è essenziale se si vogliono comprendere concetti più avanzati. In altre parole, i concetti di base, quelli ritenuti banali da chi già padroneggia una disciplina, devono essere metabolizzati dagli studenti che li devono integrare nei propri schemi mentali per poterli usare come fondamento per un apprendimento più avanzato.

La mancata padronanza delle conoscenze di base, ritenute ovvie da un docente universitario, può dunque costituire un ostacolo notevole all'acquisizione di un sapere specialistico. Ma un ostacolo ancor più diffi-

cile da superare è costituito da quelle che i ricercatori in didattica chiamano *misconceptions* o *alternative frameworks* (anglosassoni); *représentations* o *conceptions* (francofoni); *concezioni difformi* in italiano. Si tratta di idee, concetti, punti di vista, modi di ragionare che sono in conflitto con il sapere scientifico socialmente condiviso e la cui origine è da ricercare, di norma, in un intreccio micidiale di sapere comune e conoscenze scientifiche male intese e peggio interpretate. Ciò è ampiamente mostrato da innumerevoli ricerche, condotte a tutti i livelli di scolarità ivi compreso quello universitario. Tali ricerche hanno avuto inizio intorno al 1970 con l'affermarsi dell'approccio "costruttivista" nell'ambito delle problematiche relative all'acquisizione dei saperi scientifici. Esse hanno messo in evidenza che gli schemi mentali alternativi a quelli scientifici, di natura insieme persona-

comprende facilmente che si tratta di un processo a cascata che, una volta innescato, può portare a risultati disastrosi. Si verifica infatti, che, di fronte ad alcuni problemi, lo studente dia risposte soddisfacenti, ma usando modi di ragionare non accettabili e, in altri contesti, arrivi a conclusioni aberranti ricorrendo a modi di ragionare accettabili.

Il non padroneggiare le conoscenze di base può dunque costituire un vero e proprio impedimento ad apprendere concetti avanzati; l'esistenza di concezioni difformi può portare ad apprendere in modo difforme nuovi saperi. Di conseguenza, il dedicare un po' di tempo a rivisitare i concetti fondamentali della chimica, a esplorare le idee che a loro proposito hanno elaborato le matricole di chimica ed a mettere in crisi le concezioni difformi identificate può, per un verso, rendere meno difficile e traumatico l'ac-

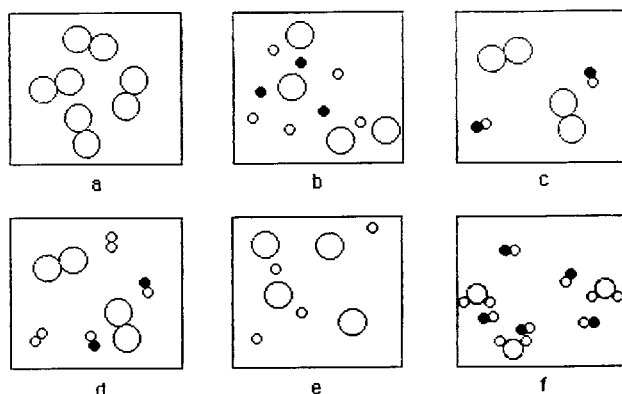


Figura 1

le e sociale, sono resistenti al cambiamento. Quando uno studente affronta nuovi argomenti, lo fa utilizzando le concezioni di cui dispone come strumenti interpretativi. In questo modo è molto probabile che, da una parte, pervenga a rinforzare le concezioni alternative di cui dispone in quanto ne amplia l'area di applicazione e, dall'altra, estenda i propri schemi mentali includendovi le nuove conoscenze. Purtroppo si tratta di un sapere distorto in quanto elaborato con l'ausilio di concezioni difformi preesistenti. Si

cesso ai corsi di laurea e di diploma in chimica; per un altro verso, può costituire un risparmio di tempo e di sforzi per lo studente che sarà in grado di seguire con profitto le lezioni, cogliendo il senso di quanto il docente espone.

Guidati dalle precedenti considerazioni, abbiamo cercato di far emergere le idee degli studenti che iniziano gli studi universitari di chimica a riguardo di alcuni concetti fondamentali, con l'intenzione di richiamare su di esse l'attenzione dei docenti di chi-

Tab.1 Risultato del quesito I

	a	b	c	d	e	f
SS	63,5	2,2			11,7	
SC	19,0	2,2	17,5	12,4	6,6	13,1
MSS		47,4	2,2	1,5	43,1	0,7
MSC		0,7	39,4	39,4		51,8
MSSC			9,5	10,2		
RP	15,3	44,5	29,9	34,3	36,5	32,1

SS: sostanza semplice; SC: sostanza composta; MSS: miscela di sostanze semplici; MSC: miscela di sostanze composte; MSSC: miscela di sostane semplici e composte; RP: risposte parziali (miscela, miscela di sostanze, miscela semplice, miscela composta)

mica, sia universitari che secondari, affinché ne tengano conto ciascuno per la parte di propria competenza. Lo strumento usato è stato un questionario contenente quesiti di vario tipo. Per quelli a scelta multipla lo studente doveva giustificare brevemente la sua risposta. Il questionario è stato sottoposto agli studenti del primo anno per le lauree in Chimica e in Chimica Industriale delle Università di Modena e di Torino all'inizio dell'anno accademico 1997/1998. Il numero degli studenti che hanno sostenuto la prova è stato di 137 (63 a Modena e 74 a Torino).

### Sostanze semplici e composte

Il concetto di sostanza sta al centro della chimica, in quanto entra nella definizione della reazione come processo in cui certe sostanze scompaiono mentre altre si formano [1]. Nonostante ciò, da un'indagine di alcuni anni fa [2] è risultato che 14 dei 25 testi di chimica maggiormente diffusi nelle scuole secondarie italiane non si preoccupava di dare una definizione del concetto di sostanza chimica. Inoltre le ricerche di didattica chimica su questo tema sono relativamente poco numerose [3-4], anche se, come è stato osservato recentemente da Ahtee e Varjola, "la maggior parte degli studenti [della scuola secondaria e del primo anno di università] aveva delle difficoltà con il termine sostanza"[5].

Il primo quesito del nostro questionario presentava i sei schemi di Fig. 1 e chiedeva di indicare quali rappresentavano singole sostanze e quali miscele di sostanze, e inoltre di specificare se si trattava di sostanze semplici o composte. La Tab. 1 mostra la distribuzione percentuale delle risposte (le somme sono inferiori a 100 perché alcuni studenti non hanno risposto). Molte risposte sono state soltanto parziali (miscela, miscela di sostanze, miscela semplice (?), miscela composta); con l'eccezione dello schema a, il loro numero varia fra il 30 e il 45%. Ma il risultato più sorprendente è stato fornito dagli schemi a, c, d: per il 19% degli studenti il primo rappresenta una sostanza composta, e per il 39% gli altri due rappresentano miscele di sostanze composte (le risposte corrette a questi due schemi sono state appena il 10%).

**118** Sembra evidente che nelle menti di questi studenti il termine "sostanza composta" abbia subito uno

slittamento dal livello macroscopico della chimica (sostanza formata da differenti elementi) al livello microscopico (molecola composta da più atomi, anche identici). E' possibile che questo slittamento di significato sia favorito dal fatto che in italiano lo stesso termine (composto) ha il valore sia di sostantivo, sia di participio passato del verbo comporre. Sarebbe interessante verificare se tale slittamento avviene con la stessa facilità anche in studenti che parlano lingue, come francese e spagnolo, che presentano la stessa duplicità di significato del corrispondente termine (*composé, compuesto*), e non avviene, o avviene più difficilmente, in studenti che parlano lingue in cui esistono due termini distinti per i due significati, come l'inglese (*compound, composed*) e il tedesco (*Verbindung, zusammengesetzt*).

Un ulteriore quesito mirava a saggiare la comprensione del concetto di sostanza:

**II** *Quale delle seguenti affermazioni è corretta?*

A. *Una sostanza si dice pura quando è formata da un solo tipo di elemento.*

B. *Una sostanza si dice pura quando è formata da un solo tipo di atomo.*

C. *Una sostanza semplice è formata da un solo tipo di atomo.*

D. *Una sostanza composta è formata da due o più elementi.*

E. *Nessuna delle affermazioni precedenti è corretta.*

**Tab. 2:** Risultati % del quesito II

	Modena	Torino
A	8,8	5,4
B	4,4	1,4
C	12,4	13,5
D	32,1	31,1
E	6,6	9,5
RM	18,2	24,3
NR	17,4	14,9

Soltanto il 32% degli studenti ha risposto correttamente scegliendo la risposta D (Tab. 2). Il 18% non ha risposto affatto e la risposta errata più frequente è stata la C (12%). Inoltre il 18% degli studenti ha scelto due o tre risposte (il questionario non escludeva esplicitamente questa possibilità), che in tutti i casi meno due includevano la D. Gli studenti che hanno giustificato le loro risposte a questa domanda sono stati una minoranza, ma le loro giustificazioni confermano pienamente la nostra in-

terpretazione dei risultati del precedente quesito:

*O<sub>2</sub> è già un composto;*

*D è falsa perché esistono composti omonucleari (O<sub>2</sub>, S<sub>8</sub>, P<sub>4</sub>);*

*C non va bene, perché O<sub>2</sub> è un composto dell'ossigeno;*

*D è sbagliata, perché S<sub>8</sub> è una sostanza composta, cioè una molecola formata da un solo elemento.*

Gli autori delle prime due citazioni avevano scelto la risposta C, probabilmente perché per loro le sostanze semplici sono soltanto quelle che esistono in forma monoatomica (cfr. la discussione dei risultati del primo quesito). L'ultima citazione, che tratta come sinonimi un termine proprio del livello macroscopico (sostanza) e uno proprio del livello submicroscopico (molecola), sembra indicare che la distinzione tra i due livelli della chimica non è neppure avvertita. Infine è degno di nota che in un solo caso il testo delle risposte B e C abbia suscitato un riferimento all'esistenza degli isotopi (*B non va bene perché esistono isotopi*).

### Miscele omogenee ed eterogenee

Il terzo quesito riguardava i concetti di omogeneità ed eterogeneità fisica:

**III** *Quale, tra le seguenti, non è una miscela omogenea?*

A. *Acqua di fonte*

B. *Sabbia*

C. *Bronzo*

D. *Benzina*

E. *Aria*

F. *Acqua di mare*

**Tab. 3:** Risultati % del quesito III

	Modena	Torino
A	1,5	2,7
B	49,6	40,5
C	0,7	1,4
D	2,9	2,7
E	3,6	2,7
F	7,3	5,4
RM	22,6	27,0
NR	11,7	21,6

In questo caso le risposte corrette hanno raggiunto globalmente il 50% (Tab. 3); la differenza di 20 punti percentuali tra il risultato di Modena e quello di Torino è probabilmente dovuta alla maggior presenza di periti chimici fra le matricole di Modena (25% contro l'8% di Torino). Anche qui sono stati numerosi quelli che non hanno risposto affatto (12%) e soprattutto quelli che hanno scelto due, tre e perfino quattro risposte (23%). Nel 71% dei casi le risposte multiple comprendevano la F, che è

stata anche la scelta errata più frequente (7%) fra le risposte singole. Le giustificazioni più comuni per la risposta B sono state del tipo: *Il materiale presenta caratteristiche fisiche diverse in punti diversi; I componenti sono distinguibili a occhio nudo; Si distinguono particelle di diversa natura; I componenti sono separabili con mezzi meccanici* (alcuni dicono *con mezzi fisici*, confondendo evidentemente i due termini e cadendo in un errore piuttosto comune, non solo fra gli studenti ma anche fra i libri di testo; in realtà i componenti di miscele eterogenee si possono separare con mezzi meccanici [filtrazione, sedimentazione, centrifugazione...], mentre i componenti di miscele omogenee possono essere separati solo con altri mezzi fisici [distillazione, cristallizzazione...]). Non sono mancate giustificazioni alquanto bizzarre, come ad esempio: *In una miscela omogenea i componenti sono identificabili solo al microscopio; E' un solido e quindi non è possibile un processo di diffusione*. Fra le motivazioni per la risposta F prevalgono quelle che fanno riferimento alla presenza del sale, fatto ben noto ai frequentatori delle spiagge marine che se lo ritrovano sulla pelle dopo che l'acqua è evaporata; ma questo dimostra solo l'eterogeneità chimica, non quella fisica, dell'acqua di mare. Anche in questo caso non mancano le giustificazioni bizzarre, ma almeno coerenti con la pretesa eterogeneità: *E' possibile vedere le due fasi; La densità dei sali è diversa da zona a zona; Se si lascia decantare, sul fondo sali minerali* (sic).

### Reazioni chimiche

Tre quesiti riguardavano le reazioni chimiche. Il primo mirava ad accertare la conoscenza della definizione del concetto di reazione:

**IV** Una reazione chimica è sempre accompagnata da:

- A. Una variazione di colore
  - B. La formazione di una o più nuove sostanze
  - C. Un cambiamento della massa totale
  - D. Un cambiamento dello stato di aggregazione
- Che cosa cambia e che cosa non cambia in una reazione chimica?

**Tab. 4:** Risultati % del quesito IV

	Modena	Torino
A	1,5	1,4

B	69,3	81,0	59,5
C	0,7		1,4
D	10,9	9,5	12,2
RM	16,1	7,9	23,0
NR	1,5		2,7

Oltre due terzi degli studenti hanno scelto la risposta giusta (Tab. 4), con un risultato nettamente migliore a Modena che a Torino dovuto con tutta probabilità alla già citata maggior presenza di periti chimici fra gli studenti modenesi. La risposta errata più frequente è stata la D, secondo la quale le reazioni chimiche sono caratterizzate da un cambiamento dello stato di aggregazione. Due fattori possono aver contribuito a questa idea: il primo è il fatto che fra le combustioni, cioè le reazioni di più comune esperienza, molte portano da combustibili liquidi o solidi a prodotti gassosi; il secondo è l'idea piuttosto diffusa (come mostreranno i risultati del quesito successivo) che lo scioglimento di un solido in un liquido sia sempre da considerarsi una reazione chimica. Infine un buon numero di studenti ha dato risposte multiple, con netta prevalenza della combinazione B+D come era prevedibile in base al tenore delle risposte singole.

L'ultima parte del quesito chiedeva di indicare che cosa cambia e che cosa non cambia in una reazione chimica. Fra ciò che non cambia ben 89 studenti hanno indicato la massa e soltanto 7 gli elementi o gli atomi. Sembra dunque che su questo punto la grande maggioranza degli studenti (e forse anche degli insegnanti) sia rimasta ferma alle idee di Lavoisier, e nonostante il rilievo dato al livello microscopico della chimica negli odierni programmi e libri di testo, stenti a rendersi conto che l'invarianza della massa nelle reazioni chimiche non è altro che il riflesso macroscopico dell'invarianza delle masse dei singoli atomi. Fra ciò che cambia 29 studenti indicano le sostanze o le proprietà fisiche e chimiche dei reagenti, 20 i legami o la struttura, 20 lo stato di aggregazione, 12 il colore.

Il quesito seguente mirava a valutare la capacità di individuare quale fosse una reazione chimica fra quattro diversi processi:

**V** Quale tra i seguenti fenomeni è una reazione chimica?

- A. Acqua che bolle
- B. Zucchero che si scioglie in acqua
- C. Lampadina che si accende
- D. Fiammifero che brucia

**Tab. 5:** Risultati % del quesito V

	Modena	Torino
A	2,2	1,7
B	13,1	11,1
C		
D	68,6	74,6
RM	14,6	12,7
NR	1,5	2,7

La risposta giusta (D) è stata scelta da un numero di studenti sensibilmente uguale a quello del quesito precedente, ma la differenza fra il risultato di Modena e quello di Torino si è ridotta da 21 a 11 punti percentuali (Tab. 5). La risposta errata più frequente è stata la B, secondo la quale lo scioglimento dello zucchero in acqua è una reazione chimica. Questa è una tipica concezione difforme, ben nota in letteratura [5,6] e sicuramente favorita dalla scarsa chiarezza o dalla reticenza di molti libri di testo circa i criteri distintivi delle reazioni chimiche [7]. Le risposte multiple sono state piuttosto numerose anche in questo caso, con preferenza per le combinazioni B+D e, in minor misura, A+B+D. Da notare che due risposte multiple contenevano la C, mai scelta come risposta singola.

Il risultato più interessante di questo quesito è fornito dalle giustificazioni. Si possono considerare soddisfacenti soltanto quelle dei 34 studenti (poco più di un terzo di quanti hanno scelto la risposta D) che, in varie forme, esprimono l'idea che da certe sostanze se ne formano altre. Gli altri studenti si preoccupano di specificare il tipo di reazione (per 15 è una combustione, per 5 un'ossidazione o un'ossidazione) oppure i reagenti (per 16 zolfo e ossigeno o aria) o uno dei prodotti (per 4 si forma CO<sub>2</sub>). Infine 7 studenti giustificano la loro scelta affermando che la combustione è una trasformazione irreversibile; si tratta di una concezione difforme piuttosto diffusa, anch'essa riportata in letteratura [6], che, se formulata in questi termini, difficilmente può derivare dall'esperienza quotidiana ma è invece indotta da vari libri di testo, alcuni dei quali anche di buon livello. Eppure esistono innumerevoli esempi di processi chimici reversibili (basta pensare allo spostamento di un equilibrio chimico per effetto di una variazione di pressione o di temperatura) e di processi fisici irreversibili (per restare nel campo delle trasformazioni della materia, la solidificazione di un liquido sovrassaturo) [7].

L'ultimo quesito riguardava la corro-

sione del ferro:

**VI** *Un chiodo di ferro esposto agli agenti atmosferici si è coperto completamente di uno strato aderente di ruggine. Mettendolo sulla bilancia, si troverà che in seguito a ciò il suo peso:*

A. è aumentato

B. è rimasto costante

C. è diminuito

**Tab. 6:** Risultati % del quesito VI

		Modena	Torino
A	55,5	52,4	58,1
B	19,7	19,0	20,3
C	17,5	19,0	16,2
NR	7,3	9,5	5,4

Gli studenti che hanno risposto correttamente a questo quesito sono stati poco più della metà, con una lieve prevalenza dei torinesi sui modenesi nonostante la maggior presenza di periti chimici fra questi ultimi (Tab. 6). Le altre due risposte hanno raccolto ciascuna quasi un quinto dei suffragi.

Fra quanti hanno scelto la risposta A, la giustificazione largamente prevalente (65 casi) fa riferimento alla formazione di ossido di ferro, pur ricorrendo a varie espressioni (*si è aggiunto il peso dell'ossigeno, l'ossido di ferro è più pesante del ferro...*).

Fra quanti hanno scelto la risposta B, 19 studenti si appellano al principio di conservazione della massa nelle reazioni chimiche, o direttamente (*la massa totale non cambia*), o con espressioni del tipo: *il ferro subisce una reazione (o diventa ruggine) senza cambiare peso*. La giustificazione adottata da questi studenti induce a ritenere che essi applichino la legge della conservazione della massa senza saper identificare il sistema reagente, cioè senza sapere "controllare le variabili" del problema: essi pensano solo al ferro e dimenticano tutto il resto. Non si può escludere che a questo modo di vedere le cose contribuisca in qualche caso il retaggio di un'idea diffusa fra gli allievi della scuola elementare e anche della media, cioè che i gas non abbiano peso. Una minoranza (4 casi) attribuisce la presunta costanza del peso al fatto che la reazione interessa soltanto la superficie, come se la ruggine formasse una pellicola dello spessore di pochi diametri atomici.

Le giustificazioni di coloro che hanno scelto la risposta C, relativamente poco numerose, sono del tipo: *il chiodo ha subito una corrosione; la ruggine alleggerisce il chiodo*. Sembra

che questi studenti considerino "chiodo" soltanto la parte rimasta allo stato metallico, ignorando il fatto che il testo della domanda faceva esplicito riferimento a un'operazione di pesata eseguita sull'intero chiodo arrugginito (*Se lo si colloca sulla bilancia, si troverà che il suo peso...*). Questa interpretazione è avvalorata da esperienze precedenti, da cui era risultato che omettendo il riferimento all'operazione di pesata la percentuale di coloro che sceglievano la risposta C era considerevolmente più alta.

### Conclusioni

In conclusione, si può affermare che buona parte degli studenti che escono dalle scuole secondarie italiane non padroneggiano a sufficienza il concetto di sostanza chimica e hanno idee confuse sulle distinzioni fra sostanze semplici e composte, fra miscele omogenee ed eterogenee, fra reazioni chimiche ed altre trasformazioni della materia. Almeno in parte queste difficoltà derivano dal fatto che nelle nostre scuole l'insegnamento della chimica viene impartito in maniera prevalentemente teorica (per non dire libresco), cosa che porta inevitabilmente a privilegiare il livello submicroscopico degli atomi e delle molecole e a mettere in secondo piano il livello dei fenomeni osservabili.

A questo proposito è necessaria una ulteriore osservazione. Raramente gli insegnanti si preoccupano di mettere nel dovuto risalto che fra i due livelli, pur legati da molteplici e strettissime relazioni, esiste una fondamentale distinzione, e da ciò consegue la necessità di non confonderli usando i termini e i concetti propri del livello macroscopico nei discorsi relativi al livello submicroscopico, o viceversa, come avviene spesso con le coppie elemento-atomo, sostanza-molecola, combinazione-legame ecc. Ogni confusione fra i due livelli contribuirà inevitabilmente a rendere più difficile la comprensione delle loro relazioni e a rafforzare gli ostacoli all'apprendimento della chimica anche a livello universitario, come è stato mostrato recentemente da Barlet e Plouin [8]. Più in generale, se è vero che per un apprendimento significativo è necessario che le nuove conoscenze si inseriscano organicamente in una struttura concettuale coerente e non lacunosa già esistente nelle menti degli allievi, si deve riconoscere che

per la chimica ciò potrà verificarsi ben difficilmente quando gli studenti hanno idee confuse su concetti basilari come quelli di sostanza e di reazione e non hanno ben chiara la distinzione fra il livello macroscopico e quello microscopico della disciplina. Questa considerazione ci spinge a rivolgere agli insegnanti di chimica delle scuole secondarie la raccomandazione di spendere tutto il tempo necessario per spiegare questi concetti e per verificarne la comprensione con gli opportuni strumenti, anche a costo di sacrificare qualche parte del programma (scegliendola ovviamente fra quelle destinate ad essere più rapidamente dimenticate).

C'è una ulteriore ragione, di stretta attualità, per rivolgere questa raccomandazione. Nel futuro ordinamento generale degli studi universitari si prevede che il primo titolo di studio - che continuerà a chiamarsi laurea - si consegua in tre anni. Questo avviene già in diversi paesi europei, dove in tre anni si consegue il *bachelor degree* (Inghilterra), la *licence* (Francia), il *Diplom* (Germania). Ma in questi paesi l'ammissione ai corsi per il primo titolo di studio in chimica è di regola subordinata a certe condizioni: per esempio, in Inghilterra è necessario aver seguito negli ultimi due anni di scuola secondaria almeno due insegnamenti scientifici a livello avanzato (*A level*), fra i quali ordinariamente c'è quello di chimica. Ne segue che in quei paesi l'insegnamento universitario della chimica può partire da un livello sensibilmente superiore a quello possibile in Italia. Il ricupero di questo svantaggio iniziale nell'arco di soli tre anni appare piuttosto problematico, e ciò induce a previsioni non ottimistiche sulle possibilità dei nostri futuri laureati di competere con successo con i loro colleghi europei. D'altra parte non è pensabile, almeno per il prossimo futuro, che nel nostro paese sia possibile porre qualche limite alla liberalizzazione degli accessi agli studi universitari in vigore già da trent'anni. Ma almeno si dovrebbe fare in modo che il poco spazio concesso alla chimica nelle nostre scuole secondarie (a parte l'eccezione degli istituti tecnici per periti chimici) sia utilizzato per un insegnamento che si preoccupi più della qualità che della quantità, più della solidità e chiarezza dei concetti basilari che delle ultime novità in campo scientifico, più dei collegamenti con l'esperienza quoti-

diana che delle infarinature teoriche a base di orbitali.

#### Bibliografia e note

1. M.J. Voegelzang, Development of the concept "chemical substance" - some thoughts and arguments. *Int. J. Sci. Ed.*, 1987, **9**, 519.  
2.L. Benedetti, L. Brancaleoni, R. Cervellati, P. Mirone, *Analisi di 25 testi di chimica ampiamente diffusi nelle scuole medie superiori*. Progetto strategico "Tecnologie e innovazioni didattiche" del C.N.R., Modena, 1989, p. 27; R. Cervellati and P. Mirone,

A procedure for the appraisal of chemistry textbooks. *Chemedica: Aust. J. Chem. Ed.*, 1993, **38**, 16.

3. E. Roletto e B. Piacenza, Il concetto di sostanza: una indagine sulle concezioni degli studenti universitari. *CnS*, 1993, **5**, 16; Faut-il construire le concept de substance? *Aster*, 1994, **18**, 63.  
4. P. Johnson, What is a substance? *Educ. Chem.*, 1996, **33**, 41.  
5. M. Ahtee and I. Varjola, Students' understanding of chemical reaction. *Int. J. Sci. Educ.*, 1998, **20**, 305.  
6. A.K. Griffiths, A critical analysis and

synthesis of research on students' chemistry misconceptions. In: H.-J. Schmidt (Ed.), *Problem solving and misconceptions in chemistry and physics*, Proc. of the 1994 International Seminar, University of Dortmund, p. 70.

7. P. Mirone, Considerazioni sul concetto di reazione chimica. *CnS*, 1998, **20**, 49.  
8. R. Barlet e D. Plouin, La dualité microscopique-macroscopique: un obstacle sous-jacent aux difficultés en chimie dans l'enseignement universitaire. *Aster*, 1997, **25**, 143.

---

---

## ADDITIVI ALIMENTARI: conoscenze e pregiudizi di studenti delle scuole superiori

#### Riassunto

*L'educazione alla salute dovrebbe essere parte fondamentale della cultura generale degli studenti, e l'educazione alimentare ne è un aspetto rilevante.*

*In questo lavoro è illustrato e commentato quanto emerso da un'indagine relativa alle conoscenze di un numeroso campione di studenti delle scuole secondarie superiori riguardo agli additivi alimentari*

#### Abstract

*Health education should be a basic part of students' culture, of which alimentary education is a fundamental part. This work reports the results of an investigation concerning the knowledge several high school students have about food additives.*

#### INTRODUZIONE E SCOPI DEL LAVORO

L'alimentazione è una funzione talmente elementare e fondamentale che sembra appartenere a strati della personalità che non esigono riflessione e cultura: un fatto istintivo. Naturalmente sappiamo bene che non è così, tutti siamo stati educati in modo più o meno formale ed abbiamo acquisito

(\*) I.P.S.I.A. "Galvani-Sidoli" Reggio Emilia  
(\*\*) Dipartimento di Chimica Organica Industriale, Università di Parma  
(\*\*\*) Dipartimento di Chimica, Università di Parma

---

PAOLA AMBROGI<sup>(\*)</sup>  
ROSALBA MARCHELLI<sup>(\*\*)</sup>  
GIOVANNI MORI<sup>(\*\*\*)</sup>

---

conoscenze, credenze e comportamenti in campo alimentare. L'insieme delle prescrizioni e dei tabù in questo settore aveva origine dalle tradizioni familiari: un codice comportamentale ben consolidato che variava in funzione della città o della regione, legato comunque alle esigenze, alle risorse ed alla cultura locale. Il martellare dei messaggi dei "media", il turismo cosmopolita, l'immigrazione da paesi di cultura diversa, ritmi di vita "metropolitani", la disponibilità di cibi preconfezionati di tutti i generi, hanno introdotto grossi cambiamenti nella qualità e quantità dei consumi. Per molte famiglie, soprattutto dove manca una padronanza culturale che consenta di porsi criticamente di fronte alle intense e veloci trasformazioni, questo può creare incertezze o peggio portare all'abbassamento dei livelli di cultura alimentare. Non è raro né casuale il diffondersi di forme di denutrizione o sovralimentazione e di disagi che portano a bulimia o anoressia. Occorre che all'antica educazione "spontanea" radicata nella tradizione locale subentri un nuovo impegno della scuola che non si deve certo sostituire alla famiglia, ma che vi si deve affiancare autorevolmente

per promuovere una crescita culturale, ed educare a quello che è il più basilare campo di consumi umani. L'educazione alimentare non può essere settoriale, è parte di una più ampia educazione alla salute ed alla prevenzione, di una cultura scientifica che s'intreccia con problemi reali, con le difficoltà del sociale e del vissuto soggettivo.

Scopo di questo lavoro è la verifica delle conoscenze e dei pregiudizi (misconceptions) che ragazzi con buone basi culturali possiedono circa gli additivi alimentari ed altre sostanze che possono essere presenti negli alimenti a causa dei diversi trattamenti tecnologici.

Si è inoltre valutata la conoscenza della relazione tra struttura molecolare e proprietà delle sostanze. I pregiudizi che portano a considerare tutto ciò che è naturale "benefico" e ciò che è di sintesi o industriale "maligno" possono, infatti, essere alimentati dall'ignorare che solo la struttura molecolare influisce sul comportamento di una sostanza e la struttura è una sola indipendentemente dal metodo usato per produrla: naturale o sintetico che sia.

#### METODOLOGIA DELL'INDAGINE

L'indagine per l'acquisizione d'informazioni sulle conoscenze e le idee errate relative agli additivi alimentari, è stata condotta su quindici Scuole Superiori di Parma e provincia ed ha

**Tabella 1**

ARGOMENTO	n° progressivo delle domande nel questionario	Totale
ETICHETTE NUMERICHE	5. 9. 13. 21.	4
ADDITIVI	16. 19.	2
CONSERVANTI	2. 3. 20. 24.	4
COLORANTI	8. 10. 11. 22. 23. 25. 28. 33. 36.	9
EMULSIONANTI	7. 26. 27.	3
AROMATIZZANTI	12. 14. 17. 32.	4
ESALTORI DI SAPIDITA'	15. 34.	2
PESTICIDI	6. 31.	2
STRUTTURA/PROPRIETA'	18. 29. 30.35.	4
	1. 4.	2
numero di domande complessive		36

coinvolto trecentotré alunni, in prevalenza del penultimo e terzultimo anno di corso.

La necessità di acquisire un numero elevato d'informazioni e di doverle successivamente classificare in modo più obiettivo possibile per rendere agevole un confronto tra i risultati ottenuti, ha indotto a scegliere il test come strumento di rilevamento. Per raccogliere le informazioni è stata utilizzata una prova oggettiva costituita da domande con risposte a scelta multipla. Il test deriva da uno impiegato precedentemente ed utilizzato come taratura [1] nel quale sono state introdotte quattro nuove domande una per gli additivi, una per gli aromatizzanti, una per gli esaltatori di sapidità ed una per verificare le conoscenze circa la relazione tra struttura chimica e proprietà. Gli indici di selettività e facilità delle nuove domande sono stati controllati prima della somministrazione su larga scala. Il test risulta costituito da trentasei domande con quattro alternative di risposta di cui una esatta.

Le domande sono finalizzate all'accertamento delle conoscenze inerenti le seguenti aree di contenuti: informazioni fornite dalle etichette alimentari, significato dei numeri CE, additivi, conservanti, coloranti, emulsionanti, aromatizzanti, esaltatori di sapidità, pesticidi, relazione tra struttura molecolare e proprietà.

La conoscenza delle informazioni riportate in etichetta e dei numeri CE [2] è importante perché permette al consumatore di orientarsi consapevolmente. Le altre conoscenze sono utili per una obiettiva e serena valutazione della qualità degli alimenti che si assumono.

Lo schema del test, con le domande raggruppate in base ai diversi contenuti, è riportato in tabella 1.

### 3 DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

La scelta degli Istituti è stata fatta in CnS - La Chimica nella Scuola

modo da rappresentare il maggior numero di tipologie: scuole in cui s'impartiscono nozioni specifiche sugli alimenti, scuole volte a fornire cultura generale di base e scuole che impartiscono una formazione scientifica. Hanno preso parte all'indagine le seguenti scuole: Liceo Classico (LC), Liceo Scientifico (LS), Istituto Tecnico Commerciale per Geometri (ITCG), Istituto Tecnico Commerciale (ITC), Istituto Tecnico Industriale (ITI), Istituto Professionale Statale Industria e Artigianato (IPSIA), Istituto Magistrale (IM). Le classi coinvolte nell'indagine sono state selezionate in base alla disponibilità dell'insegnante ma avendo stabilito a priori che i risultati sarebbero stati anonimi, non si ritiene di avere introdotto un bias significativo. Assieme al test, ed alle istruzioni per la sua somministrazione, agli insegnanti è stato distribuito un questionario per raccogliere informazioni sul numero di ore dedicate alle scienze negli anni di studio (calcolate sommando le ore settimanali di scienze di tutti gli anni di studi superiori compreso quello della somministrazione del test), sulla presenza di argomenti inerenti la chimica degli alimenti nei programmi ministeriali svolti, su eventuali

**Tabella 2 - Descrizione dei gruppi**

GRUPPO	ISTITUTO	TIPOLOGIA		MEDIA DEI PUNTEGGI	DEVIAZIONE STANDARD	N° ALUNNI
		ore di scienze*	ore dedicate alla chimica degli alimenti			
1	ITCG ITC LC	6	-	19	5	82
2	ITI LS	11	-	23	4	129
3	IPSIA	2	5	28	3	29
4	ITA	37	2	23	4	36
5	IM	9	1	22	4	27

\*Il numero delle ore di scienze è stato così calcolato:

di ogni Istituto Superiore per ogni anno di corso si è calcolato il numero di ore dedicato in una settimana alle discipline scientifiche sommando tra loro ore di discipline affini. Per ogni classe che ha partecipato le ore sono state stimate sommando le ore settimanali di scienze di ogni anno di corso frequentato dall'iscrizione alla prima classe sino all'anno di frequenza in cui è stato somministrato il test. Per ottenere le ore di scienze di ognuno dei cinque gruppi in esame si è fatta la media delle ore delle classi che lo compongono.

lezioni inerenti la chimica degli alimenti tenute dall'insegnante o da esperti, e nel caso si fosse affrontato l'argomento il numero di ore dedicate ed i sussidi didattici impiegati.

Il test è stato somministrato verso la fine dell'anno scolastico quando la maggior parte del programma era già stato svolto.

Dalle informazioni fornite dai docenti è emerso che la chimica degli alimenti risulta assente da tutti i curricula ad eccezione del terzo anno degli Istituti Tecnici Commerciali in cui figura all'interno del corso di merceologia [3]. Questo mostra quanto sia radicata l'abitudine a trattare le discipline scientifiche come scienze pure sradicate dalla vita di tutti i giorni.

Tant'è vero che sebbene vengano caldegiate iniziative in favore dell'educazione alla salute, argomenti quali questo preso in esame, che entra necessariamente a far parte della quotidianità, sono lasciati alla sensibilità ed alla buona volontà del singolo docente.

Nel caso in cui si siano tenute lezioni sugli alimenti, nessun sussidio didattico è stato impiegato per affiancare le lezioni frontali ad eccezione del libro di testo: il medesimo [4] in tutte le classi a dimostrare quanto siano scarsi gli strumenti didattici anche di tipo tradizionale.

### SUDDIVISIONE DEL CAMPIONE E CONSIDERAZIONI STATISTICHE

Per l'indagine statistica i campioni provenienti dalle quindici scuole sono stati riuniti in modo da formare cinque gruppi tenendo conto del numero di ore di scienze presenti nei curricula e delle ore eventualmente dedicate alla chimica degli alimenti. Le conoscenze scientifiche sono sti-

mate proporzionali al numero di ore dedicate nel curriculum di studi alle discipline scientifiche.

I gruppi presentano le seguenti caratteristiche :

Gruppo 1 ragazzi che hanno una buona cultura generale di base e che non hanno ricevuto, in ambito scolastico, nozioni specifiche sugli alimenti.

Gruppo 2 ragazzi che hanno una buona cultura scientifica di base e che non hanno ricevuto, in ambito scolastico, nozioni specifiche sugli alimenti.

Gruppo 3 ragazzi che hanno una buona cultura generale di base e che hanno ricevuto, in ambito scolastico, nozioni specifiche sugli alimenti.

Gruppo 4 Ragazzi che hanno una cultura scientifica di base molto buona e che hanno ricevuto, in ambito scolastico nozioni inerenti gli alimenti.

Gruppo 5 ragazzi che hanno una buona cultura generale di base e che hanno ricevuto, in ambito scolastico, alcune nozioni inerenti gli alimenti.

Con il test di Pearson si è verificato che i punteggi all'interno dei gruppi seguono la distribuzione normale. Le varianze all'interno dei gruppi sono diverse e dall'analisi della varianza non parametrica secondo Kruskal Wallis risulta che il raggruppamento delle classi secondo i criteri esposti dà luogo a cinque gruppi significativamente diversi per quel che riguarda le conoscenze degli additivi alimentari.

In tabella 2 sono riportati, per ogni gruppo, il tipo di Istituti che lo costituiscono, la quantità di ore mediamente dedicate alle discipline scientifiche ed ad argomenti inerenti gli alimenti, la numerosità del gruppo, il punteggio medio riportato nel test e la deviazione standard.

Il punteggio riportato nel test coincide col numero di risposte esatte. Tutti i gruppi hanno conseguito un punteggio medio superiore alla metà delle domande che costituiscono il test, dimostrando una sufficiente conoscenza dell'argomento in esame.

Dal confronto dei punteggi medi dei vari gruppi si nota che lezioni specifiche migliorano le conoscenze degli studenti con buona cultura generale (confronto tra gruppo 1 e gruppo 3) mentre sono di scarsa efficacia per gli studenti con buone basi scientifiche generali (confronto tra gruppo 2 e gruppo 4). Il miglioramento inoltre aumenta all'aumentare delle ore dedicate all'argomento (confronto tra i gruppi 3, 4 e 5).

## ANALISI DISCRIMINANTE

L'analisi discriminante è un metodo dell'analisi statistica multivariata, e si applica quindi a oggetti di cui siano noti i valori di più variabili. In particolare questo procedimento serve ad identificare le variabili che più differenziano i gruppi di appartenenza dei vari oggetti. Con l'analisi discriminante si calcolano i coefficienti della combinazione lineare delle variabili considerate tale da rendere massima la distanza fra i gruppi, cioè rende massimo il valore della devianza:

$$SS_{ii} = \sum_j (m_{ij} - \mu_j)^2$$

dove  $m_{ij}$  è la media dei valori della  $i$ -esima Funzione Discriminante ( $FD_i$ ) degli oggetti del  $j$ -esimo gruppo, mentre  $\mu_j$  è la media dei valori della stessa funzione calcolata su tutti gli oggetti

correlate alle precedenti, competono frazioni progressivamente minori della devianza totale.

Dai coefficienti con cui le variabili originali entrano nelle funzioni discriminanti si traggono informazioni sulle variabili che più fanno differire i gruppi. Nel nostro caso le funzioni discriminanti rendono massima la distanza dei baricentri dei raggruppamenti formati dai punteggi degli studenti dei cinque gruppi, e le prime due Funzioni Discriminanti spiegano il 74% della devianza totale.

I coefficienti delle 36 domande sulle prime due funzioni discriminanti sono rappresentati in fig. 1, e sono indicativi delle domande cui i 5 gruppi hanno risposto più diversamente. Ad esempio il gruppo n.3 ha dato un numero nel complesso maggiore di risposte esatte alle domande nn.7, 1, 9

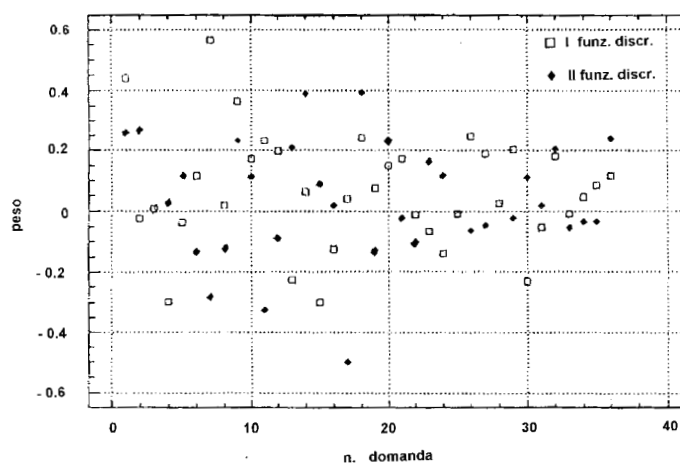


Fig. 1 Coefficienti delle 36 domande nelle prime due funzione discriminante

considerati.

Se per  $k$  gruppi di oggetti sono note  $n$  variabili, con  $k \leq n+1$ , si possono quindi calcolare  $k-1$  funzioni discriminanti. Alla prima funzione discriminante compete il valore massimo della devianza ( $SS_j$ ), mentre alle successive, calcolate in modo da non essere

e 29 che hanno un coefficiente molto alto sulla prima funzione discriminante, mentre il gruppo n.5 ha dato il minor numero di risposte esatte alla domanda n.17, che ha coefficiente negativo molto basso sulla seconda funzione discriminante. In fig. 2 sono riportati i punteggi dei centroidi (me-

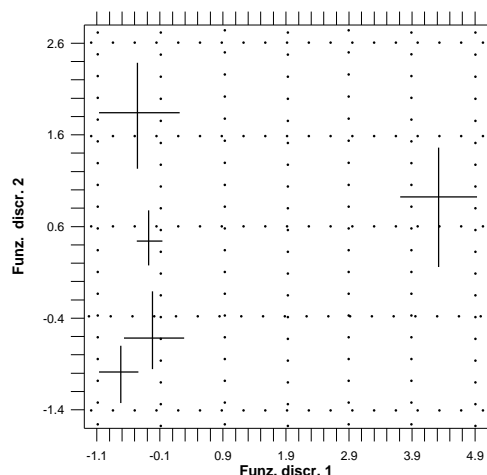


Fig. 2 Punteggi dei centroidi (medie) dei gruppi nelle prime due funzioni discriminanti



die) dei gruppi sulla prima e sulla seconda funzione discriminante.

Si vede come la prima funzione discriminante separa il gruppo n 3 dagli altri, mentre la seconda separa il gruppo 5 dagli altri.

### ANALISI DEI RISULTATI

Per brevità di ogni argomento vengono analizzate solo le risposte alle domande che maggiormente discriminano all'interno del test, individuate con l'analisi delle componenti principali. Nelle tabelle 3 e 4 sono riportati il numero e l'area di contenuto delle domande più discriminanti.

All'interno del gruppo tematico di appartenenza delle domande analizzate si esaminano anche le domande che possono essere chiarificanti nell'interpretazione dei dati

Nell'analisi dei risultati le domande vengono raggruppate per argomento.

Per ogni domanda si riportano le alternative evidenziando la chiave in grassetto.

In tabella vengono riportate, per ogni gruppo, le percentuali di risposte date ad ogni domanda.

#### Domanda n.27

**Un determinato trattamento tecnologico è economico ed efficace ma altera il colore di un determinato alimento. Per restituire il colore originario all'alimento useresti:**

- A** Antiossidanti.
- B** Conservanti.
- C** Coloranti.
- D** Emulsionanti.

Gruppo	A	B	C*	D	astenuti
1	17	5	70	5	4
2	13	2	75	6	4
3	-	-	97	-	3
4	6	-	92	-	3
5	4	-	85	11	-

La domanda n 7, che maggiormente discrimina nella prima funzione discriminante che separa il gruppo 3 dagli altri, mette in evidenza che la maggior parte degli studenti non sa che la legge non fissa la dose massima di impiego dei coloranti, solo nel gruppo 3 si ha l'83% di risposte esatte mentre negli altri gruppi si resta sotto al 15%. E' invece ben compreso lo scopo dell'utilizzo di tali additivi (domanda n°27).

### STRUTTURA MOLECOLARE E PROPRIETA'

#### Domanda n. 1

**Un additivo naturale:**

- A** Si ottiene solo dal regno animale, vegetale o minerale.
- B** Si può ottenere anche artificialmente

**Tabella 3.** Le quattro domande che discriminano maggiormente nella prima funzione discriminante numero e area di contenuto.

n della domanda	7	1	9	4	29
area di contenuto	coloranti	struttura proprietà	etichette	struttura proprietà	pesticidi

-----  
Effetto discriminante  
-----

**Tabella 4.** Le tre domande che discriminano maggiormente nella seconda funzione discriminante numero e area di contenuto.

n della domanda	17	18	14
area di contenuto	emulsionanti	pesticidi	emulsionanti

-----  
Effetto discriminante  
-----

### COLORANTI

#### Domanda n.7

**Di quali additivi la legge NON riporta la dose massima d'impiego?**

- A** Aromatizzanti.
- B** Emulsionanti.
- C** Conservanti.
- D** Coloranti.

Gruppo	A	B	C	D*	astenuti
1	55	13	10	15	7
2	53	28	5	8	6
3	-	3	10	83	3
4	28	36	8	6	22
5	37	30	4	-	30

purché sia uguale ad uno presente in natura.

**C** Si ottiene dal regno animale, vegetale o minerale direttamente senza manipolazioni.

**D** Si estrae da sostanze presenti in natura.

Gruppo	A	B*	C	D	astenuti
1	22	10	23	44	1
2	16	28	8	47	2
3	-	97	-	-	3
4	6	39	14	42	-
5	4	37	7	52	-

#### Domanda n.4

**L'azione di un additivo alimentare:**

**A** Dipende dalla sua struttura chimica.

**B** Dipende da come viene ottenuto.

**C** Dipende sia dalla sua struttura chimica sia da come viene ottenuto.

**D** Dipende dal fatto che sia naturale oppure artificiale.

Gruppo	A*	B	C	D	astenuti
1	24	6	48	17	5
2	54	2	29	9	5
3	14	10	34	10	31
4	58	3	28	8	3
5	22	-	37	33	7

I gruppi 2 e 4, con maggiori conoscenze scientifiche, hanno dimostrato di conoscere la relazione tra struttura e proprietà dando rispettivamente il 54% e il 58% di risposte esatte alla domanda 4.

Per gli studenti del gruppo 3 non si ha una distribuzione sulle risposte significativamente diversa da quella casuale. Tale affermazione è suffragata, con un livello di significatività del 5%, dal risultato del test di Pearson (Chi quadro).

### ETICHETTE

#### Domanda n.9

**Nelle etichette gli additivi sono elencati per ultimi perché:**

**A** Si spera che il consumatore non li legga

**B** Sono presenti in quantità minori degli altri ingredienti.

**C** Sono meno importanti degli altri ingredienti.

**D** Si pensa che al consumatore non interessino.

Gruppo	A	B*	C	D	astenuti
1	13	63	6	13	4
2	0	95	4	2	0
3	0	100	0	0	0
4	6	72	14	8	0
5	0	89	7	4	0

Agli studenti è noto perché gli additivi figurano per ultimi nelle etichette

### PESTICIDI

#### Domanda n. 18

**Quale tra le seguenti affermazioni riguardo le piante è vera?**

**A** Producono solo sostanze innocue per l'uomo.

**B** Possono produrre pesticidi.

**C** Non producono sostanze tossiche.

**D** Producono solo sostanze benefiche per l'uomo.

Gruppo	A	B*	C	D	astenuti
1	12	21	40	21	6
2	18	59	19	2	3
3	10	78	0	0	10
4	25	36	17	14	8
5	15	56	11	15	4

#### Domanda 29

**Per proteggersi dall'aggressione di parassiti ed insetti i vegetali possono produrre sostanze tossiche che rispetto ai pesticidi prodotti chimicamente dall'uomo sono:**

**A** Meno nocivi per l'uomo.

**B** Innocui per l'uomo.

**C** Altrettanto nocivi per l'uomo.

**D** Non vengono ingeriti dall'uomo.

Gruppo	A	B	C*	D	astenuti
1	45	28	9	13	5

2	48	23	18	6	5
3	41	17	28	-	14
4	33	22	19	17	8
5	37	41	7	11	4

Domanda n. 30

**Mediamente con la dieta giornaliera:**

**A** Non ingeriamo pesticidi.

**B** Ingeriamo solo pesticidi prodotti chimicamente dall'uomo.

**C** Ingeriamo più pesticidi naturali che pesticidi prodotti chimicamente dall'uomo.

**D** Ingeriamo solo pesticidi naturali.

Gruppo	A	B	C*	D	astenuiti
1	9	40	38	6	7
2	12	36	37	6	8
3	10	17	14	3	55
4	11	56	14	8	11
5	7	15	59	11	7

La domanda 18 discrimina fortemente il gruppo n 1 dal gruppo n 5. Nel gruppo 1 solo il 21% degli studenti sa che le piante possono produrre pesticidi mentre il 40% pensa che non producano sostanze tossiche e il 12% crede che possano produrre solo sostanze innocue. Nel gruppo 5 il 56% conosce la risposta esatta: sa che le piante possono produrre pesticidi. Nonostante ciò entrambe i gruppi reputano i pesticidi naturali meno nocivi per l'uomo di quelli sintetici.

Infatti, per quel che riguarda la domanda n° 29 (quinta domanda maggiormente discriminante) nella prima funzione discriminante, in tutti i gruppi, più del cinquanta per cento degli studenti sceglie la risposta A o B reputando le sostanze tossiche prodotte dalle piante meno nocive per l'uomo di quelle di sintesi o addirittura innocue. Applicando il test di Pearson alle risposte fornite dai ragazzi del quarto gruppo si può accettare, con un livello di significatività del 5%, l'ipotesi di una scelta praticamente casuale delle risposte.

Dall'analisi delle risposte alla domanda 30 emerge che in tutti i gruppi la maggior parte degli studenti sceglie la risposta B (nel gruppo 4, cioè gli studenti con buone basi scientifiche, addirittura il 56%) mostrando di ritenere che con la dieta giornaliera vengono ingeriti solo pesticidi di sintesi. Unica eccezione gli studenti del gruppo 5 in cui a maggioranza scelgono la risposta esatta dimostrando di sapere che vengono assunti più pesticidi naturali che pesticidi sintetici.

## EMULSIONANTI

Domanda n.14

**Cosa pensi che succederebbe se nella farcitura della merendina non ci fossero gli emulsionanti?**

**A** La merendina si conserverebbe meno a lungo.

**B** La merendina cambierebbe sapore.

**C** La merendina avrebbe la stessa consistenza.

**D** La merendina avrebbe consistenza peggiore.

Gruppo	A	B	C	D*	astenuiti
1	27	13	10	41	9
2	12	17	1	68	2

3	7	-	3	86	3
4	28	8	-	58	6
5	11	11	-	70	7

Domanda n.17

**Gli emulsionanti servono a:**

**A** Rendere stabile una miscela ottenuta da liquidi con caratteristiche differenti come acqua e olio.

**B** Rendere migliore il potere nutritivo di un alimento anche se sottoposto ad alte temperature.

**C** Rendere più digeribile l'alimento.

**D** Rendere stabili le proteine.

Gruppo	A*	B	C	D	astenuiti
1	72	2	11	9	6
2	79	1	9	7	4
3	100	-	-	-	-
4	86	3	3	6	3
5	22	15	56	-	7

Gli studenti del gruppo 3 pur non avendo seguito un curriculum ad impostazione scientifica, grazie alle lezioni specifiche sugli alimenti, mostrano di conoscere sia la funzione degli emulsionanti (100 % di risposte esatte) sia il loro effetto come additivi alimentari (86 % di risposte esatte). Gli studenti del gruppo 4 con buone basi scientifiche conoscono la funzione degli emulsionanti (86 % di risposte esatte alla domanda 17) ma non hanno altrettanto chiaro l'effetto degli emulsionanti sugli alimenti. Alla domanda 14 il 58 % risponde giustamente che gli emulsionanti agiscono sulla consistenza ma il 28 % pensa che aumentino la conservabilità.

I coefficienti delle domande 14 e 17, nella seconda funzione discriminante, che separa il gruppo 5, sono rispettivamente positivo e negativo e mostrano quindi che in questo gruppo è noto l'effetto pratico degli emulsionanti ma non le loro proprietà. Nella seconda funzione discriminante, che separa il gruppo 1 del gruppo 5, le domande 17 e 14 sono rispettivamente la prima e la terza in ordine di peso. Gli studenti del gruppo 1 mostrano di conoscere bene la funzione di un emulsionante, danno, infatti, il 72% di risposte esatte contro il 22% degli studenti del gruppo 5.

L'andamento si inverte per quel che riguarda l'effetto degli emulsionanti come additivi alimentari. In questo caso sono gli studenti del gruppo 5, che hanno seguito lezioni inerenti gli additivi, a mostrare una migliore conoscenza dando il 70% di risposte esatte contro il 41% degli studenti del gruppo 1.

## 7 CONCLUSIONI

Dai punteggi medi riportati nel test si è visto che le conoscenze sugli additivi alimentari sono sufficientemente buone.

In particolare che cosa sono gli additivi alimentari e perché vengono utilizzati risultano concetti ben noti agli studenti di tutti e cinque i gruppi. Altrettanto buone sono le conoscenze circa lo scopo e l'impiego dei conservanti e quello dei trattamenti ed interventi ad essi alternativi. In tutti i grup-

pi, per le due aree di contenuto, più del 50% conosce la risposta esatta. Molto buone sono anche la conoscenza delle informazioni riportate in etichetta e degli esaltatori di sapidità. La conoscenza dei numeri CE è insufficiente e, poco nota in genere, la normativa inerente gli additivi alimentari e l'etichettatura degli alimenti. La mancanza di conoscenze lascia spazio alle informazioni fornite dalla pubblicità e, tendenzialmente, ciò che è vero per un prodotto di una marca pubblicizzata lo diventa automaticamente per tutti i prodotti analoghi. Non è ben noto che la dicitura aromi naturali viene impiegata oltre che per gli aromi già presenti in natura anche per quelli di sintesi con identica struttura molecolare [ 6 ].

La conoscenza del rapporto che c'è tra struttura chimica e proprietà di una sostanza migliora sensibilmente con l'aumentare delle ore dedicate alle scienze, ma la parola naturale induce comunque a pensare che l'additivo sia estratto da sostanze naturali ed anche gli studenti con buone basi scientifiche vengono indotti in questo errore. Le conoscenze specifiche non vengono utilizzate razionalmente nei problemi che si presentano al di fuori di un contesto disciplinare.

Che le piante possano produrre pesticidi è diffusamente noto ma gli effetti di questi sull'uomo sono ritenuti meno nocivi di quelli dei pesticidi sintetici o addirittura innocui. Questo dimostra come l'idea di naturale sia legata al concetto di sicuro e salutare in modo talmente indissolubile da non essere incrinata neanche da conoscenze specifiche. Infatti, pur essendo noto che le piante producono pesticidi è radicata l'idea che gli unici ingeriti sono quelli prodotti dall'uomo.

Ed ancora, eccettuati i composti farmaceutici e quelli usati come additivi alimentari o in agricoltura come pesticidi ed erbicidi in genere pochissimi tra i prodotti chimici immessi in commercio sono stati studiati da un punto di vista tossicologico [ 7 ]. Nonostante ciò la maggioranza delle persone percepisce un "rischio relativo" molto alto legato agli additivi alimentari [8].

Alimenti di consumo usuale, quali cioccolato, caffè, fragole...possono scatenare allergie, alcuni alimenti contengono fattori che sono essenziali al di sotto di un certo limite, tossici al di sopra quali selenio o alcune

vitamine.

Si può citare una frase tratta dalla prefazione di un libro di E.M.Boyd [ 9 ]: 'i risultati degli studi condotti sui cibi più svariati indicano che non esiste il veleno in se ma esiste una dose tossica di (possibilmente) ogni cosa.'

La funzione degli emulsionanti è nota così come alcuni emulsionanti tra i più utilizzati.

All'aumentare delle conoscenze scientifiche aumenta la percentuale di risposte corrette alle domande inerenti la funzione degli emulsionanti ma quando si tratta di valutare l'impatto di tale additivo su un alimento le conoscenze scientifiche sembrano essere di scarso aiuto, tant'è che la percentuale di risposte giuste diminuisce all'aumentare delle ore dedicate alle discipline scientifiche, come si era già riscontrato in un precedente lavoro [ 10 ] .

I corsi dedicati alla chimica degli alimenti inoltre, sembrano avere più efficacia sugli studenti con scarse conoscenze scientifiche che su quelli che ne hanno parecchie.

Come si può spiegare il fatto che studenti con buone basi scientifiche abbiano difficoltà a trasferire ed applicare le conoscenze nel quotidiano e che nonostante le conoscenze specifiche continuino a farsi irretire dai luoghi comuni?

Possibili cause potrebbero essere attribuibili alle metodologie didattiche. Da studi condotti in Gran Bretagna emerge che, volendo divulgare la cultura scientifica a fasce sempre più ampie, occorre rivedere sia i curricula sia le metodologie .

Gli obiettivi perseguiti dalle discipli-

ne scientifiche possono essere classificati in tre categorie [11]: centrati sullo studente, centrati sulla società e centrati sulla scienza .

Tradizionalmente i corsi di scienze erano centrati sulla scienza, ma negli ultimi anni si sta assistendo ad uno spostamento verso categorie centrate sulla società [12]

Questo spostamento si rende necessario se si vuole coinvolgere un numero sempre maggiore di persone, se si vuole una 'scienza per tutti' e non solo per individui già orientati e motivati verso le discipline scientifiche. Correlare una disciplina scientifica alla vita di tutti i giorni facendo riferimento e prendendo spunto dalle esperienze concrete del quotidiano sembra essere un approccio efficace affinché le nozioni ed i fenomeni conosciuti a livello teorico vengano applicati, dagli studenti, a situazioni pratiche e reali. Alcuni studi [13] [ 14 ] hanno infatti mostrato che la concettualizzazione di un problema determina la completa padronanza dei concetti più che la conoscenza dei singoli fatti in altre parole le idee usate dagli studenti per spiegare eventi della vita quotidiana non vengono sostituite con le idee scientifiche acquisite a scuola a meno che queste ultime non siano percepite come superiori rispetto ai pregiudizi 'spontanei ' o acquisiti dai media o altre fonti.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Tesi di specializzazione in "Chimica e tecnologia alimentari" discussa da P.Ambrogi presso l'Università degli Studi di Parma

[2] Ogni additivo è identificato dalla lettera

"E" (Europa) seguita da un numero. Ad esempio E150 è il caramello, un colorante.

[3] L'argomento non era ancora stato trattato al momento della somministrazione del test.

[4] Cappelli, Vannucchi, *Chimica degli alimenti conservazione e trasformazione*. Zanichelli Bo 1990

[5] Luigi Fabbris *Statistica multivariata: analisi esplorativa dei dati*. Mac Graw Hill 1997

[6] Il test è stato somministrato prima dell'attuazione delle direttive 88/388/CEE e 91/71/CEE che riservano la dicitura aromi naturali ai soli aromi isolati da prodotti naturali. E' da ricordare che in precedenza la dicitura aromi naturali era applicata anche a sostanze con formula di struttura identica a quella di aromi presenti in natura indipendentemente da come si erano ottenuti

[7] L. Caglioti, *I due volti della chimica* , Edizioni scientifiche e tecniche Mondadori Mi. 1979

[8] *Industrial Enzymology* (Ed. Godfrey & West), Macmillan Press Ltd ,London 1996

[9] Boyd E.M., *Toxicity of pure foods*, Cleveland (1973)

[10] P. Ambrogi, R. Cervellati, *Didattica delle Scienze* n° 179 ottobre 1995

[11] D. Hodson, DJ Reid, *School Science Review* 1988,250 ,69,101-108. E.E

[12] Department of Education and Science and the Weelsh Office, *GCSE:The National Criteria*, HMSO, 1985

[13] Clough, R. Driver , C. Wood Robinson, *The school Science Review*, 68, n°244, March, 1987.

[14] H. Briggs, B. Holding, full report, CLIS, University of Leeds Press, Leeds, 1986.

## Note

I paragrafi 2, 3 e 6 sono opera di P.Ambrogi, il paragrafo 5 è opera di G.Mori mentre le altre parti dell'articolo sono state scritte in collaborazione dagli autori.

Gli autori desiderano ringraziare gli insegnanti e gli allievi delle classi che hanno partecipato all'indagine. Ringraziano inoltre il Prof. R. Cervellati del dipartimento di Chimica Dell'Università di Bologna per i preziosi suggerimenti forniti.

## Testo delle domande non discusse nell'articolo

Domanda 2.

**Cos'è un additivo alimentare?**

A E' una sostanza aggiunta all'alimento non a scopo nutritivo.

B E' una sostanza che non viene aggiunta agli alimenti naturali.

C E' una sostanza usata solo nell'industria alimentare.

D E' una sostanza aggiunta all'alimento a scopo nutritivo.

Domanda 3.

**Quale tra i seguenti è uno degli scopi dell'impiego degli additivi alimentari?**

A Aumentare il peso dell'alimento.

B Aumentare il valore nutritivo dell'alimento.

C Aumentare la conservabilità dell'alimento.

D Aumentare il rischio di danno per la salute.

Domanda 5.

**Quale delle seguenti informazioni può, per legge, mancare sull'etichetta?**

A La quantità dei singoli ingredienti presenti.

B Il quantitativo netto dell'alimento.

C L'elenco degli ingredienti.

D Il termine minimo di conservazione.

Domanda 6.

**Gli esaltatori di sapidità vengono impiegati per:**

A Conservare il sapore dell'alimento nel tempo.

B Aggiungere aroma ad un alimento.

C Mascherare odori sgradevoli che si possono sviluppare nell'alimento.

D Intensificare il sapore di un alimento.

Domanda 8.

La pastorizzazione è un trattamento che può sostituire l'impiego di:

A Acidificanti.

B Antiossidanti.

C Emulsionanti.

D Conservanti.

Domanda 10.

**Per impedire la proliferazione dei microrganismi negli alimenti vengono aggiunti:**

A Emulsionanti.

B Conservanti.

C Antiossidanti.

D Acidificanti.

Domanda 11.

**Quale additivo viene usato di solito negli alimenti che contengono sostanze grasse?**

- A Esaltatore di sapidità.
- B Colorante.
- C Emulsionanti.
- D Antiossidanti.

Domanda 12.

**Quale additivo viene generalmente usato in alimenti che contengono grassi ed acqua?**

- A Acidificanti.
- B Emulsionanti.
- C Coloranti.
- D Aromi naturali.

Domanda 13.

**Quale, tra i seguenti alimenti, contiene il maggior numero di additivi?**

- A Olive farcite - ingredienti: olive, acqua, fercitura al peperone, sale, addensanti: alginato di sodio e farina di semi guar, antiossidante: acido L-ascorbico.
- B Caramelle - ingredienti: addensante: gomma arabica, zucchero, sciroppo di glucosio, amido modificato, succo di liquirizia, colorante: caramello, anetolo, aromi naturali.
- C Succo di frutta - ingredienti: purea di albicocca, acqua, zucchero, antiossidante: acido L-ascorbico.
- D Chewingum - ingredienti: zucchero, gomma base, sciroppo di glucosio, stabilizzanti: sorbitolo e glicerolo, aromi naturali e artificiali, coloranti: azorubina, indigotina e giallo tramonto, antiossidante: BHA.

Domanda 15.

**Quali tra i seguenti alimenti NON contengono sicuramente aromi aggiunti?**

- A La marmellata.
- B Il burro.
- C I biscotti.
- D La cioccolata.

Domanda 16.

**Ad ogni additivo alimentare corrisponde un numero di più cifre preceduto dalla lettera E.**

- A La lettera E indica che l'additivo è accettato dalla CEE, la prima cifra lo classifica le restanti lo identificano.
- B La lettera E indica che l'additivo è accettato dalla CEE, l'ultima lo classifica le restanti lo identificano.
- C La lettera E indica che l'additivo è accettato dalla CEE, l'ultima lo classifica, le restanti indicano il codice del produttore.
- D La lettera E indica che l'additivo è accettato dalla CEE, la prima cifra lo classifica, le restanti indicano il codice del produttore.

Domanda 19.

**Quale delle seguenti affermazioni è esatta?**

- A Ad ogni additivo alimentare permesso dalla CEE corrisponde un numero preceduto dalla lettera E identico per ogni Paese CEE.
- B In ogni Paese della CEE ad ogni additivo alimentare permesso corrisponde un numero preceduto dalla lettera E.

C Ad ogni additivo alimentare permesso nella CEE può corrispondere più di un numero.

D Ad ogni additivo alimentare permesso nella CEE corrispondono due numeri uno dei quali preceduto dalla lettera E.

Domanda 20.

**Quale tra i seguenti alimenti NON contiene mai additivi?**

- A Pasta di semola di grano duro.
- B Yogurt.
- C Formaggi.
- D Cacao in polvere.

Domanda 21.

Osserva il seguente elenco degli ingredienti di un dado per brodo.

Ingredienti: sale da cucina, esaltatore di sapidità: glutammato monosodico, grasso vegetale idrogenato, estratto per brodo, estratto di lievito, zuccheri, verdure disidratate, spezie, aromi naturali di verdure, antiossidante propile gallato (nel grasso).

**Qual'è tra i seguenti l'ingrediente presente in maggior quantità?**

- A Estratto per brodo.
- B Aromi naturali di verdure.
- C Verdure disidratate.
- D Esaltatore di sapidità.

Domanda 22.

**E' possibile conservare prodotti secchi senza conservanti perché:**

- A L'essiccamento produce sostanze conservanti.
- B I microrganismi non si sviluppano senza acqua.
- C Gli additivi sono un'aggiunta inutile.
- D Sono prodotti di poco valore.

Domanda 23.

**Migliorando le condizioni igieniche si può diminuire o eliminare la presenza negli alimenti dei seguenti additivi:**

- A Aromatizzanti.
- B Coloranti.
- C Emulsionanti.
- D Conservanti.

Domanda 24.

**E' sicuramente senza additivi chimici:**

- A Il latte a lunga conservazione.
- B Il succo di frutta.
- C Il gelato.
- D Il prosciutto cotto.

Domanda 25.

**Quale tra i seguenti elementi NON contiene conservanti?**

- A Il grana padano.
- B Il prosciutto crudo.
- C La maionese.
- D Il parmigiano reggiano.

Domanda 26.

**Quale tra i seguenti alimenti NON è consentito aggiungere coloranti?**

- A Bevande alcoliche.
- B Cioccolato.
- C Bevande gassate.
- D Caramelle alla frutta.

Domanda 28.

**Gli antiossidanti sono conservanti impiegati per:**

- A Ostacolare la formazione di amido.
- B Bloccare l'irrandimento delle sostanze grasse.
- C Prevenire l'idrolisi delle proteine.
- D Impedire la caramellizzazione degli zuccheri.

Domanda 31.

**Il glutammato, presente nei dadi da brodo, è un:**

- A Conservante.
- B Esaltatore di sapidità.
- C Colorante.
- D Emulsionante.

Domanda 32.

**I mono- e di-gliceridi degli acidi grassi, presenti molte volte nei gelati, sono:**

- A Emulsionanti.
- B Conservanti.
- C Esaltatori di sapidità.
- D Coloranti.

Domanda 33.

**Nei biscotti secchi non ci sono conservanti perché:**

- A Sono consumati soprattutto dai bambini.
- B Negli alimenti senz'acqua i microrganismi non si sviluppano.
- C Sono prodotti dietetici.
- D Lo zucchero che contengono impedisce lo sviluppo di microrganismi.

Domanda 34.

**Ad un alimento è stato aggiunto un'aroma prodotto chimicamente ma identico ad un'aroma esistente in natura. Sull'etichetta:**

- A Non è obbligatoria alcuna etichetta.
- B Deve essere riportata la dicitura aroma naturale.
- C Deve essere riportata la dicitura aroma artificiale.
- D E' facoltativa la dicitura aroma aggiunto.

Domanda 35.

**Una sostanza usata per proteggere le colture agricole dagli organismi nocivi è detta:**

- A Fertilizzante.
- B Pesticida.
- C Conservante.
- D Anticrittogamico.

Domanda 36.

**In assenza di conservanti nei cibi possono proliferare dei microrganismi in grado di produrre aflatossine che sono:**

- A Potenti agenti cancerogeni.
- B Sicure perché, di origine naturale.
- C Aromatizzanti naturali.
- D Meno dannose dei conservanti.