

**Fernando Tateo**

Professore Ordinario in Scienze e Tecnologie Alimentari nell'Università degli Studi di Milano. Laureato in Chimica nell'Università degli Studi di Bari ed in Scienze e Tecnologie Alimentari nell'Università degli Studi di Milano con tesi di laurea su temi sperimentali quali "Complessi del Cobalto con le Difosfine Terziarie: Idruri e Carbonili" (Rel. Adriano Sacco) e "Tecniche NMR nell'Analisi dei Prodotti Alimentari" (Rel. Alberto Daghetta). Fra i suoi docenti di rilievo nelle Scienze Chimiche si ricordano Adriano Sacco, Alfonso Maria Liquori, Vladimiro Scatturin, Giorgio Modena, Liliana Jannelli. Materie di didattica in UniMi sono principalmente l'"Analisi Chimica degli Alimenti" e la "Chimica e Tecnologia degli Aromi". Ha coperto, prima dei ruoli universitari, quelli di Ricercatore

Analista per il Servizio Repressione Frodi (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste), e per i Laboratori Chimici delle Dogane i ruoli di Chimico, Primo Chimico, Chimico Superiore (Ministero delle Finanze) e maturato esperienza come Direttore di Produzione in Industrie del Settore Alimentare e nell'Industria degli Aromi e delle Fragranze. Ha svolto attività di ottimizzazione di processi e servizi analitici correlati alla tecnologia degli alimenti ed all'attività di ricerca e sviluppo di nuove produzioni alimentari di origine vegetale ed animale, di aromi e fragranze, collaborando anche con Istituzioni di Stato nel campo della sicurezza alimentare e del controllo analitico di qualità. Ha fondato il Laboratorio di Ricerche Analitiche e Tecnologiche sugli Alimenti e l'Ambiente nell'Università degli Studi di Milano (Di.S.A.A.), promuovendo le certificazioni ISO in analitica e tecnologia degli alimenti. Suoi particolari temi di ricerca sono le valutazioni di shelf-life, la tecnologia degli alimenti destinati ad alimentazione particolare, l'analitica dei composti in tracce, la formulazione di aromi e fragranze, le tecnologie legate ai prodotti da forno, ai prodotti dolciari, alle bevande alcoliche ed analcoliche. In chimica analitica ha prediletto le ricerche in tecniche spettroscopiche e isotopiche. Membro dell'American Chemical Society, della Società Italiana di Scienze e Tecnologie Alimentari, dell'Accademia Italiana della Vite e del Vino, dal 2017 è socio dello Spin Off "euFAN" dell'Università degli Studi di Pavia-Dipartimento del Farmaco e del Network "Bicocca Center of Science and Technology for Food (BEST4FOOD) per attività analitiche e R&D nel team "Food, Environment, Biodiversity and Biotechnology" e nel team "Functional Food and Wellness". La produzione scientifica conta oltre 300 lavori sperimentali in analitica e tecnologia degli alimenti e vari testi fondamentali per la didattica e per l'industria degli alimenti e degli aromi.

**Monica Bononi**

Professore Associato di Analisi Chimica degli Alimenti in ruolo per il corso di Laurea in Scienze e Tecnologie della Ristorazione nell'Università degli Studi di Milano, è anche Titolare del Corso di Analisi Chimica degli Alimenti per il CdL in Scienze e Tecnologie della Ristorazione e di Chimica e Tecnologia degli Aromi. Ha ricoperto dal 2005 al 2019 i ruoli di Ricercatore Confermato e Professore Aggregato (AGR 15) nel Di.S.A.A. Università degli Studi di Milano. Svolge attività didattica e di ricerca scientifica nel Di.S.A.A., ricoprendo l'incarico di Responsabile dei Servizi Analitici nei Laboratori di Ricerche Analitiche e Tecnologiche su Alimenti e Ambiente e l'incarico di Assicurazione Qualità per gli stessi Laboratori certificati secondo Norma UNI EN ISO 9001. In possesso di attestati di qualificazione per i

Sistemi di Gestione della Qualità, ha guidato sia come Responsabile sia come Coordinatrice con il Prof. Fernando Tateo una lunga serie di progetti di ricerca applicata a livello istituzionale con partecipazione diretta ad attività industriale, in particolare sui temi della trasformazione delle derrate alimentari e degli alimenti destinati ad uso speciale e su sviluppo di processi analitici destinati al controllo di qualità e sicurezza degli alimenti, con particolare riguardo a tecniche di spettrometria di massa e isotopiche. Ha frequentato numerosi corsi di aggiornamento e formazione su tecniche gascromatografiche e spettroscopiche oltre che a corsi operativi di misure isotopiche per utilizzatori di GC-IRMS. Membro dell'American Chemical Society, della Società Italiana di Scienze e Tecnologie Alimentari, dell'Accademia Italiana della Vite e del Vino, dal 2017 è socio dello Spin Off "euFAN" dell'Università degli Studi di Pavia-Dipartimento del Farmaco e del Network "Bicocca Center of Science and Technology for Food (BEST4FOOD) per attività analitiche e R&D nel team "Food, Environment, Biodiversity and Biotechnology" e nel team "Functional Food and Wellness". Ha pubblicato 10 testi, come co-Autor con il Prof. Fernando Tateo, su temi di Chimica degli Alimenti e di Chimica e Tecnologia degli Aromi e più di 100 lavori scientifici su riviste nazionali ed internazionali.

ISBN 97912-5965-166-2



9 791259 651662

€ 55,00



Fondamenti di
Chimica Analitica degli Alimenti

FERNANDO GABRIELE GIORGIO TATEO
MONICA BONONI

FERNANDO GABRIELE GIORGIO TATEO
Professore Ordinario di Scienze e Tecnologie Alimentari - UniMi

MONICA BONONI
Professore Associato di Analisi Chimica degli Alimenti - UniMi

Fondamenti di Chimica Analitica degli Alimenti

*Pubblicazione promossa da
"Brazzale Science" - Nutrition & Food Research Center - Zanè (VI)*

CACUCCI  EDITORE
BARI

FERNANDO GABRIELE GIORGIO TATEO

Professore Ordinario di Scienze e Tecnologie Alimentari - UniMi

MONICA BONONI

Professore Associato di Analisi Chimica degli Alimentari - UniMi

*Fondamenti di
Chimica Analitica degli Alimenti*

Pubblicazione promossa da

“Brazzale Science” - Nutrition & Food Research Center - Zanè (VI)

CACUCCI  EDITORE
BARI

INDICE

<i>Prefazione</i>	XIII
-------------------	------

Capitolo Primo

Cenni su origini e sviluppo della didattica in chimica analitica degli alimenti	1
--	---

Definizione di “alimento” e di rischio alimentare	10
Indicatori di salubrità degli alimenti	17
Nozioni sulla conservazione degli alimenti	18

Capitolo Secondo

L’attività di controllo sui prodotti alimentari	29
--	----

L’operazione di campionamento e primi cenni sulle modalità di prelievo nell’ambito del controllo ufficiale	33
Le analisi merceologiche e finalità	40
Le “certificazioni” nel settore alimentare	41
Organismi preposti agli accreditamenti	49
Accordi internazionali (MRA)	50
EA - European Accreditation	50
L’organismo di accreditamento nazionale: ACCREDIA	51
Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura	53
Le norme del settore alimentare	53
ISO 22000	54
FSSC 22000	54
IFS e BRC	55
BRC IoP e GMP FEFCO	55
GLOBAL GAP	56
GMP+ e FAMI-QS	56

Capitolo Terzo

La chimica analitica nell'attività industriale	57
Il piano di campionamento	63
L'analisi di "tempi e metodi"	65
La competenza nel campionamento e la significatività del dato	68
Il packaging ed il tempo di vita	69
Altre competenze del "controllo di qualità"	71
Dati fondamentali caratterizzanti un alimento	74
Gli ingredienti	80
Valore energetico di un alimento e calorimetria	86

Capitolo Quarto

Sulle misure di massa e volume	91
Gli strumenti di misura dei solidi e dei liquidi	93
La bilancia analitica	94
Densità relativa e misure	100
Bilancia di Mohr Westphal	102
Essiccazione	105
Generalità sulle misure di volume	107
Cause di errore nelle misure	111
Soluzioni e diluizioni	114
Le misure di residuo secco per essiccamento e per rifrattometria	117
Incidenza di un raggio luminoso e rifrazione	118
Condizioni diverse di rifrazione	120
Rifrattometro di Abbe	122

Capitolo Quinto

Principi statistici di gestione dei dati	127
Principi-base di statistica descrittiva	129
Indici numerici descrittivi	132

Incertezza di misura e intervallo di confidenza	135
Deviazione Standard e Riproducibilità Interna (RSD), Deviazione Standard e Ripetibilità Relativa (RSDr)	140
Stima di Horwitz	143
Il “recovery” analitico	144

Capitolo Sesto

Fondamenti di analisi inorganica 149

Note brevi sull’espressione di “concentrazione”	151
Il pHmetro	155
Fondamenti teorici e applicativi della neutralizzazione	157
Il grado di acidità dell’aceto di vino	159
L’acidità degli oli di oliva come indice di qualità	162
Azoto proteico da sostanza organica mineralizzata	165
Un metodo ossidoriduttivo per la determinazione di zuccheri riducenti	167
Valutazione dell’indice di ossidazione di una sostanza grassa	172
Principi di potenziometria	174

Capitolo Settimo

Solubilità, estrazione e tecniche analitiche correlate 183

Energia reticolare e di idratazione	183
Fattori che influenzano la solubilità	186
La legge di ripartizione	187
Le soluzioni idroalcoliche e la contrazione di volume	193
Riduzione del grado alcolometrico di soluzioni idroalcoliche	195
Come quantificare la contrazione di volume	200
Sui processi di estrazione	202
Le fasi dell’estrazione ed il Soxhlet	204
Note sulla composizione delle materie grasse	208
La distillazione	211
Esempio di diagramma di stato per miscele ideali	214

Esempi di diagrammi di stato per miscele non ideali	219
Estrazione con CO ₂ supercritica	222
Principi base di estrazione supercritica	223
Densità relativa d ²⁰ / ₂₀ nell'aria delle miscele idroalcoliche e	226
Titolo alcolometrico volumico internazionale a 20 °C	

Capitolo Ottavo

Principi di analisi spettroscopica	239
Radiazioni elettromagnetiche, assorbimento ed emissione	241
Fondamenti di spettrometria IR	247
Gradi di libertà e numero di bande	248
Moti vibrazionali IR: stretching e bending	249
Il momento dipolare e l'intensità delle bande IR	251
Esempi di interpretazione di bande	252
Bande di assorbimento IR del carbonile (cm-1)	257
Elementi di spettrometria UV-Vis	257
Le misure spettrofotometriche	262
Effetti batocromi, ipsocromi, iper e ipocromici	264
L'esame spettrofotometrico degli oli e.v. di oliva	266
Cenni di strumentazione	268
Il colore, caratterizzazione e misura	276
Analisi spettrofotometrica dello zafferano	280
Analisi spettrofotometrica della clorofilla	285

Capitolo Nono

Fondamenti di cromatografia e spettrometria di massa	291
La risoluzione di insiemi di molecole per cromatografia	291
Fondamenti di un processo cromatografico	292
Il concetto di affinità	293
Parametri di caratterizzazione del processo cromatografico	296
Indice di ritenzione (fattore di capacità) e risoluzione	298
Misure quantitative in cromatografia	301

Le tecniche cromatografiche più comuni	303
Spettrometria di massa e identificazione di strutture molecolari	303
La ionizzazione per Impatto Elettronico (EI)	305
La Ionizzazione Chimica (CI)	306
Ionizzazione per electro-spray (ESI)	307
Frammentazioni e riarrangiamenti: fenomeni ripetibili non attraverso meccanismi propri della chimica organica	308
Selezione e trasporto di ioni con il quadrupolo	310
La forza di Lorentz: fenomeno-base della spettrometria di massa	312
La massa esatta e la massa nominale	319
Picco molecolare e picchi satelliti	323
Ioni caratteristici da ionizzazione di composti organici	328
Il triplo quadrupolo e gli addotti	333
Consultazione del EU Pesticides Database	337
Criterio di valutazione dei residui di fitofarmaci in oli essenziali	338

Capitolo Decimo

Principi base di misure isotopiche IRMS e NMR 341

Principi di rilevazione isotopica per IRMS	341
I rapporti isotopici e la notazione “ δ ”	342
Cenni su principi di operatività strumentale	345
Riferimenti ad applicazioni dell’IRMS nella chimica degli alimenti	348
Principi di rilevazione isotopica per NMR	353
Criteri di rivelazione dell’aumento del titolo alcolometrico dei vini, dei mosti di uve e dei mosti di uve concentrati	359
Operazioni preliminari all’analisi NMR	361

Capitolo Undicesimo

Compendio sull’analisi degli aromi 363

Le “unità odore” ed i “key compounds”	364
Composti “tonici” e “complementari”	369
Le finalità dell’analisi degli aromi	372

Identità ed origine di materie prime naturali destinate alla produzione di aromi	373
Gli aromatizzanti da processo	380
Aspetti chimico-tossicologici della reazione di Maillard	388
Prodotti complementari in tecnologia degli aromi	394
Reattività di alcune molecole aromatiche con sostanze diluenti	397
Principi di formulazione degli aromi	404
Criteri di estrazione degli aromi da matrici alimentari	407
Vapore diretto e vapore indiretto	407
Estrattore Parliment	409
Metodo VHS	411
Metodo DHM	412
Evaporazione SAFE	414
Concentrazione e distillazione simultanea	416
Esame dello spazio di testa per adsorbimento	417
Analisi chirale di composti organici volatili	420
Analisi IRMS (Isotopic Ratio Mass Spectrometry)	429

Capitolo Dodicesimo

Vita utile di un alimento 433

L'indicatore critico dello stato di un alimento	433
Ordine delle reazioni oggetto del test	437
Equazioni di shelf-life	440
La velocità di reazione e la temperatura	442
Marker di taints e di off-flavours	446
Marker da degradazione chimica e da Maillard	447
Marker da proliferazione microbica	449
Considerazioni conclusive	451

Postfazione 455

Indice analitico 457

Fonti Bibliografiche Essenziali 463

Prefazione

Nel presentare il testo di “*Fondamenti di chimica analitica degli alimenti*” mi sono prefisso il compito di mirare, per ogni argomento ritenuto fondamentale fra quelli a carattere formativo, all’esposizione di principi essenziali di chimica analitica applicata evitando la formale descrizione dei protocolli analitici e prediligendo, ove possibile, le argomentazioni tendenti a creare una vera e propria coscienza analitica utile ad affrontare un successivo approfondimento dell’indagine in modo consapevole.

Il testo risulta quindi lontano dalle finalità a cui sono state dedicate le due edizioni del 1968 e del 1971 di “*Analisi dei Prodotti Alimentari*”, che hanno rappresentato un primo concreto lavoro, in forma organica, di coordinata presentazione delle motivate tecniche di indagine analitica. Fu lo stesso Editore Giovanni Chiriotti a incentivarne l’ideazione e la stesura, riconoscendone la raggiunta utilità nella coordinazione e scelta dei contenuti, documentata dalla incredibile diffusione dei due testi nel mondo dei laboratori dell’industria alimentare, degli istituti di controllo e della didattica universitaria e tecnico-specialistica.

Mutata nel tempo la modalità di accesso alle tecniche analitiche con l’apertura delle frontiere del web e con la larga conseguente possibilità immediata di consultazione delle pubblicazioni sul food in continua evoluzione nei contenuti e nelle tecniche analitiche, la presentazione di un testo di “indirizzo” si ritiene ora utile e riproponibile con la finalità di consentire l’accesso ai neofiti dell’analitica degli alimenti ma anche a coloro che, nella funzione di responsabili della gestione della caratterizzazione degli alimenti, abbisognano delle conoscenze che presiedono alla gestione di un laboratorio analitico o hanno il compito di supportare l’attività di conoscenza nutrizionale con una formazione di base analitica.

La necessità di approccio a specifici temi analitici, ormai soddisfatta attraverso biblioteche e banche-dati dedicate, è stata quindi sostituita dalla opportunità di disporre di una guida ragionata alle tecniche analitiche relazionabili alla caratterizzazione delle matrici alimen-

tari, semplici o complesse che siano. D'altra parte si assiste ad un necessario bisogno di approccio semplice, per quanto possibile, al mondo dell'analisi chimica degli alimenti, proprio ai fini dell'incentivazione allo studio ed al completamento di cognizioni che solo un testo può fornire, se prodotto in modo sostanzialmente diverso da quello adottato da un manuale operativo.

Il pensiero conduttore è stato quello di incentivare ad una moderna normazione della didattica ad ogni livello, industriale o istituzionale, vista la china a cui sono recentemente votati alcuni programmi didattici adottati spesso nei corsi di formazione.

L'incentivazione ad un approccio consapevole è il fine primo della pubblicazione di questo testo rivolto a creare "fondamenti" e che esula dal novero delle pubblicazioni di carattere descrittivo. Il testo ha quindi il compito di guida all'acquisizione di coscienza nell'approccio ad una didattica mirata al "perché" per un numero di argomenti sufficiente a creare nel lettore una possibile "curiosità". Proprio la curiosità era considerata dal mio primo maestro Adriano Sacco come unico sentimento che potesse consentire di accedere alla scienza. Il rispetto di logiche didattiche coerenti mi è stato regalato dall'altro mio maestro Corrado Cantarelli che mi volle discepolo e docente.

Rispondendo in modo encomiabile a questa logica trasmessami in epoca di formazione da Adriano Sacco, il co-Autore di questo testo ha saputo coerentemente coadiuvare il mio lavoro di redazione dei contenuti e delle forme.

Fernando Gabriele Giorgio Tateo