

# CHIMICA & GREEN CHEMISTRY



Luisa Pasti<sup>a</sup>, Elena Sarti<sup>a</sup>, Nicola Marchetti<sup>b</sup>,  
Alberto Cavazzini<sup>a</sup>, Francesco Dondi<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche  
Università di Ferrara

<sup>b</sup>Laboratorio "Terra&Acqua Tech", Qualità delle Acque  
Tecnopolo di Ferrara  
psu@unife.it

## CHIMICA ANALITICA VERDE. PROBLEMATICHE ED OPPORTUNITÀ

*In questo lavoro vengono presentati alcuni degli aspetti della chimica verde di rilevanza per la chimica analitica. In particolare vengono esaminate alcune delle strategie adottate nello sviluppo di metodologie analitiche che permettono la riduzione nell'uso di reagenti o solventi tossici e la diminuzione del consumo energetico richiesto dal processo analitico.*

La chimica analitica "verde" ("Green Analytical Chemistry" GAC) si propone di mettere a punto nuove tecniche analitiche o di modificare metodologie di analisi preesistenti con l'obiettivo di ridurre o eliminare l'uso di reagenti e solventi tossici o pericolosi, di diminuire il consumo energetico e la quantità di rifiuti prodotti dal processo analitico.

Le origini di questo processo possono essere fatte risalire a Malissa [1], un chimico analitico che al congresso Euroanalysis VI nel 1987 presentò una conferenza dal titolo "Changes of paradigms in analytical chemistry". In questa relazione egli infatti mostrò come l'attività scientifica in generale ed in particolare del chimico analitico debba soddisfare le necessità della società evitando i comportamenti erronei traducibili nelle azioni che possono comportare danni alla salute umana e all'ecosistema. In questo contesto, la ricerca e lo sviluppo nelle discipline chimiche devono considerare i diversi aspetti correlati alla preservazione della salute e dell'ambiente oltre che a soddisfare il consueto requisito di un incremento nelle prestazioni e nelle conoscenze. I paradigmi della chimica analitica che devono essere modificati sono quindi legati all'obiettivo finale della metodologia proposta, non più legata alla sola legge di mercato (affidabile, economica e veloce) ma anche vincolata a generare un benessere complessivo per la società in cui essa opera.

Successivamente all'intervento di Malissa, sono stati introdotti numerosi concetti e definizioni [2-4] che hanno ulteriormente rimarcato e precisato i principi contenuti in questa prima rivoluzionaria idea. Il termine "Green Chemistry" ha comunque acquistato una maggiore

popolarità a partire dal 1996, grazie ai lavori di Anastas e Warner [5]. In particolare, Anastas ha sottolineato la necessità di applicare i concetti della "Green Chemistry" al monitoraggio ambientale in modo tale che le operazioni di controllo e salvaguardia dell'ambiente non siano a loro volta fonte di inquinamento [6].

Questi concetti, dalla loro introduzione ad oggi, hanno guadagnato un crescente interesse nella comunità scientifica, come lo dimostra il costante incremento del numero di pubblicazioni sull'argomento [7]. Tuttavia, quando si confronta quantitativamente la letteratura scientifica di chimica analitica "verde" rispetto a quella inerente le applicazioni di tale metodologia di lavoro in chimica organica ed in special modo nella catalisi, si osserva che le pubblicazioni sono numericamente scarse. Questo apparente disinteresse della comunità della chimica analitica per le problematiche ecocompatibili risulta più formale che sostanziale, in quanto molte delle metodiche innovative proposte oggi rispettano i criteri di sostenibilità propri della GAC, senza però menzionarne l'appartenenza.

Si può ipotizzare che questo dualismo di comportamento tra il dire ed il fare sia almeno in parte dovuto al fatto che molte delle tecnologie analitiche in grado di ridurre le quantità di solventi utilizzati, di impiegare strumentazioni miniaturizzate o di effettuare analisi dirette siano state introdotte nella comunità scientifica in data antecedente alla nascita della "Green Chemistry".

A questo proposito basti pensare alla sostituzione di solventi organici con anidride carbonica in condizioni supercritiche a scopi estrattivi o separativi avvenuta quasi vent'anni prima [8] della comparsa dei

principi della chimica “verde”. Analogamente, i settori di ricerca di miniaturizzazione e sensoristica nell’ambito della chimica analitica hanno di gran lunga anticipato la GAC. Infine, come precedentemente citato, l’idea stessa di chimica amica dell’ambiente è stata introdotta per la prima volta da un chimico analitico [1]. Poiché si ritiene che la chimica analitica sia una disciplina che possa influire positivamente sullo sviluppo di una società sostenibile, occorre che ciò venga messo maggiormente in luce ed è quindi necessario diffondere ad un pubblico più ampio rispetto alla comunità dei chimici gli aspetti positivi e i benefici che la chimica analitica può dare alla società. Per raggiungere questo obiettivo un apporto fondamentale potrà essere fornito da una crescente attività di informazione e di educazione (Fig. 1). In questo articolo si è cercato di riportare brevemente alcune delle strategie innovative recentemente introdotte nel settore dell’analisi di contaminanti organici nelle acque allo scopo di contribuire al processo di informazione sopra menzionato.

## Metodologie di analisi

### Materiali da laboratorio

Ogni procedura in chimica analitica può essere suddivisa in diversi stadi, i quali a loro volta possono essere realizzati seguendo diverse strategie. Generalmente l’analisi inizia con il trattamento del campione e la sua preparazione per l’ulteriore stadio di separazione nei componenti che lo costituiscono e che in seguito vengono opportunamente rivelati in modo da permetterne l’identificazione e la quantificazione. A questi stadi classici [9] occorre includere anche le fasi inerenti il campionamento, la manipolazione ed il trasporto del campione. Questi ultimi possono incidere marcatamente sull’economia del processo analitico. Il campionamento infatti può contribuire sia al costo energetico che di consumo di materiali non riutilizzabili (es. filtri) [10]. Molti campioni inoltre necessitano di essere mantenuti in specifiche condizioni chimico-fisiche mediante l’aggiunta di reagenti o termostandoli ad una data temperatura per preservarne le caratteristiche. In questi casi è richiesto un dispendio di energia oltre che l’utilizzo di reattivi chimici. Il trasporto dei campioni, infine, incide sui consumi energetici della procedura analitica.

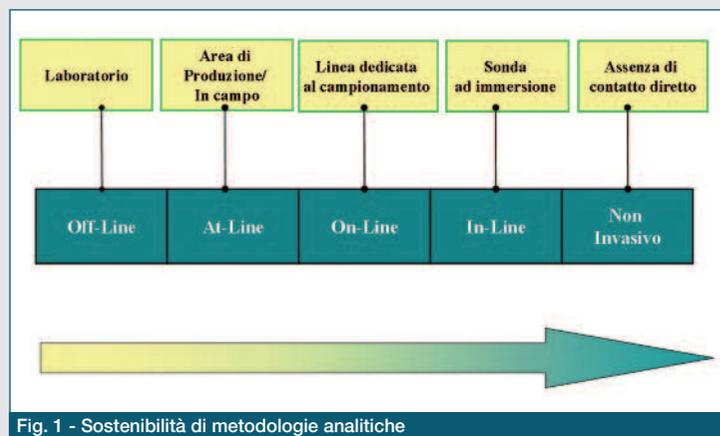


Fig. 1 - Sostenibilità di metodologie analitiche

Un altro stadio spesso trascurato è il trattamento dei rifiuti generati dal processo analitico stesso e la possibilità di includere trattamenti di bonifica o recupero degli scarti prodotti [11].

Nei metodi che possono essere così schematizzati, il pretrattamento dei campioni è generalmente lo stadio che richiede una maggiore esposizione dell’operatore a reagenti chimici. Infatti in questa fase si opera sul campione grezzo per rimuovere i potenziali interferenti, ridurre la complessità della matrice ed aumentare la concentrazione dell’analita; queste procedure richiedono in genere l’utilizzo di solventi organici. Risulta quindi evidente che un ideale protocollo di analisi eviti sia le fasi di campionamento che quelle di trattamento e sia quindi orientato a metodologie di indagine diretta on-line ed in-line, preferibilmente da eseguire in campo. In alcuni casi vi è a disposizione la tecnologia per poter operare secondo questi criteri. Infatti per alcune indagini si possono utilizzare metodi diretti di analisi, generalmente basati su tecniche spettroscopiche od elettroanalitiche [12]. Tuttavia per quanto riguarda l’analisi di inquinanti organici in matrici ambientali il numero di analisi dirette è attualmente limitato per cui vengono impiegate metodologie indirette effettuate in laboratorio su aliquote di campione. In questo caso è comunque possibile uno sforzo per minimizzare l’impatto ambientale del processo analitico. Di seguito vengono riportati alcuni esempi che operano in questa direzione.

### Trattamento del campione

Le tecniche di preparazione del campione maggiormente utilizzate per l’analisi ambientale vengono classificate in accordo allo stato fisico solido o liquido della matrice. In generale le metodologie che maggiormente soddisfano i requisiti di sostenibilità impiegano solventi non pericolosi con l’ausilio di tecniche ausiliari come microonde o ultrasuoni che ne aumentano l’efficienza estrattiva [13].

In questo contesto le tecniche principalmente usate sono l’estrazione con fluidi supercritici (SFE), l’estrazione con acqua sub-critica (SWE) [14], estrazione con liquidi pressurizzati (PLE), la microestrazione in fase solida (SPME) [15], l’estrazione per adsorbimento su ancorata magnetica (SBSE) [16], la microestrazione su siringa impaccata (MEPS) [17], seguiti da desorbimento termico. Quando non è possibile eliminare l’impiego di solventi organici, si sono messe a punto tecniche che ne riducono le quantità impiegate, come la microestrazione in fase liquida (LPME), la microestrazione su singola goccia (SDME) [18] e la microestrazione dispersiva liquido-liquido (DLLME) [19]. La presente rassegna non ha lo scopo di essere esaustiva sull’argomento, essendo numerose le tecniche proposte e le loro applicazioni. Recentemente sono stati sviluppati alcuni metodi basati sulla SPME in grado di aumentarne la selettività e l’efficienza di estrazione. Ad esempio è stato dimostrato che un incremento nella sensibilità nell’estrazione di idrocarburi policiclici aromatici può essere ottenuta raffreddando la fibra durante la fase di adsorbimento e riscaldandola nel successivo stadio di rilascio [20].

La scelta di un’opportuna fase adsorbente, come polimeri a stampo molecolare (“Molecularly imprinted polymers”, MIP), eteri corona ed

# CHIMICA & GREEN CHEMISTRY

anche materiali nanostrutturati [21], comporta un aumento nella selettività di estrazione con conseguente semplificazione nell'analisi di matrici ambientali complesse in termini di una riduzione degli stadi di frazionamento e trattamento del campione. Dal punto di vista pratico ciò si traduce in una risultante diminuzione nei solventi impiegati e nei rifiuti generati dalla procedura analitica.

Sono state riportate numerose tecniche, oltre alla citata *SPME*, che si basano sull'adsorbimento su materiale solido e che da essa differiscono principalmente per la tecnologia costruttiva. Nel caso in cui il materiale adsorbente venga posto all'interno di una siringa da 10-250  $\mu\text{L}$ , si ha la *MEPS*, qualora invece sia posto all'interno dell'ago di una siringa si hanno appunto le trappole ad ago (*NTD*) [22]. Entrambe le tecniche sono caratterizzate da un'elevata efficienza, da un elevato tempo di vita della trappola stessa e dalla possibilità di essere interfacciate on-line con tecniche separative [23]. Queste caratteristiche rendono le metodologie descritte maggiormente sostenibili in quanto comportano una diminuzione dei materiali consumabili impiegati, di esposizione degli operatori e del tempo di analisi.

La *SFE* si basa sull'impiego di un gas in condizioni di temperatura e pressione superiori al loro punto critico. In queste condizioni il fluido ha proprietà intermedie tra quelle dello stato liquido e gassoso, in particolari ha proprietà solventi simili ad un liquido e proprietà di trasporto (alta diffusività) simili a quelle di un gas. Nel caso di utilizzo dell'anidride carbonica come fluido supercritico (*SFC*), questa è stata impiegata con successo su scala industriale e di laboratorio, essendo non infiammabile e disponibile a basso costo.

Tuttavia le caratteristiche solventi dell'anidride carbonica ne limitano l'applicazione per composti polari. Per quest'ultima classe di composti è stata utilizzata come fluido l'acqua in condizioni subcritiche (*SWE*; tale tecnica è denominata anche estrazione con acqua calda pressurizzata, *PHWE*): in condizioni sub critiche infatti le caratteristiche polari dell'acqua (costante dielettrica) possono essere modificate agendo sulla temperatura così da risultare più simili all'acetone o all'acetone nitrile [24].



Qualora sia necessario operare con estrazioni liquido-liquido (*LLME*) per ridurre l'impatto ambientale è stata proposta una vasta gamma di configurazioni e tecniche che vengono denominate in base alla configurazione del liquido [25]. Di più recente introduzione è la *DLLME* che sta attualmente riscuotendo un significativo successo applicativo. In breve in questa tecnica la superficie di contatto tra i liquidi viene aumentata mediante l'aggiunta di un opportuno mezzo disperdente [26]. Il numero di applicazioni di questa tecnica è costantemente in crescita e ciò è dovuto alle elevate prestazioni, alla semplicità della strumentazione richiesta, alla riduzione dei quantitativi di reagenti impiegati e dei materiali consumabili ed ai suoi bassi consumi energetici. Nella *DLLME* sono stati in molti casi impiegati come mezzi estraenti anche i liquidi ionici (a temperatura ambiente). Le sostanze appartenenti a questa classe sono generalmente indicate come solventi green per la loro non infiammabilità e la loro bassa tensione di vapore che li rendono meno pericolosi dei comuni solventi organici. Tuttavia, per molte di queste sostanze non sono disponibili dati di bioaccumulo e di tossicità [27], senza i quali non è possibile asserire la loro potenziale innocuità per l'uomo e per l'ecosistema [28].

## Sostenibilità nella separazione e rivelazione

*HPLC* e *GC* sono le tecniche separative maggiormente impiegate nell'analisi chimica. La *GC*, impiegando elio come gas di trasporto e non facendo uso di solventi organici, risulta maggiormente sostenibile dell'*HPLC*. Tuttavia è stato recentemente posto in evidenza che un comportamento globale non sostenibile nei confronti della risorsa elio potrà a breve comportarne difficoltà di approvvigionamento [29].

Per le tecniche gascromatografiche, comunque, le ricerche nell'ambito della *GAC* sono volte principalmente ad implementarne gli stadi di preparazione del campione e di derivatizzazione dell'analita.

Per quanto concerne l'*HPLC*, invece, si hanno rilevanti consumi di solvente [30]; basti pensare che mediamente un *HPLC* convenzionale (operante con colonne 4,6x15 cm) produce 500 L/anno di eluente esausto di cui il 50% circa è costituito da acetonitrile (*ACN*) che è classificato come solvente tossico e nocivo, oltre ad essere relativamente costoso. Dal punto di vista strumentale sono state proposte diverse strategie per diminuire la quantità di solvente che in genere contemplano la riduzione nelle dimensioni della colonna e delle dimensioni delle particelle che costituiscono l'impaccamento come avviene nella cromatografia liquida ad ultra alta prestazione (*UHPLC*).

La riduzione nei solventi è solo in parte accompagnata da una diminuzione nel costo energetico del processo separativo in quanto tale strumentazione comprende un sistema di pompe ad alta pressione.

Un'altra soluzione proposta per diminuire la quantità di eluente richiesto nella separazione è costituita dalla cromatografia liquida ad alta temperatura (*HTLC*). La temperatura gioca infatti un ruolo essenziale nei fenomeni di migrazione differenziale: all'aumentare della temperatura si ha una diminuzione della viscosità ed un aumento della diffusività che consentono di operare a velocità di flusso maggiori senza compromettere la risoluzione. Inoltre la variazione della costante die-

lettrica e della tensione superficiale dell'acqua con la temperatura permettono di ridurre la percentuale di modificatore organico, sia esso metanolo o ACN, presente nella fase mobile [31, 32]. I bassi volumi con cui opera l'elettroforesi capillare (CE) unitamente all'uso moderato o talvolta assente di solventi organici e all'impiego di reagenti diluiti hanno fatto sì che questa tecnica analitica apparisse come "verde" fin dagli inizi in cui GAC è stata introdotta [9].

Il confronto tra i consumi energetici e di reagenti di HPLC e CE è già stato riportato in letteratura [12] ed ha evidenziato la maggiore sostenibilità di quest'ultima tecnica analitica. Anche se si confrontano UHPLC e CE, l'assenza di pompe ed un ridotto consumo energetico risultano in un complessivo bilancio positivo a favore della CE [33]. Inoltre questa tecnica ha l'ulteriore vantaggio che può essere realizzata con uno strumento portatile per analisi *in situ*, anche se i risultati possono essere talvolta poco riproducibili. In letteratura sono state riportate anche numerose applicazioni di microfluidica e "lab-on-a-chip" (LOAC), per analisi specifiche, anche se per ora la commercializzazione di tali strumentazioni è alquanto limitata (Fig. 2).

I sistemi di rivelazione spettroscopici ed elettrochimici sono generalmente sostenibili in quanto non richiedono complessi trattamenti del campione ed operano con bassi consumi energetici. La spettroscopia di massa invece ha consumi energetici elevati e spesso richiede un adeguato trattamento del campione. Per contro, i suoi bassi limiti di rilevabilità consentono una riduzione nei materiali e nella strumentazione utilizzata per il trattamento e la separazione del campione. Anche per la spettrometria di massa sono state compiute ricerche volte a contenere i consumi di reagenti, come ad esempio nelle tecniche nanoelectrospray. Inoltre è stata recentemente sviluppata una metodologia indicata con l'acronimo DESI (Desorption ElectroSpray Ionization) in cui è possibile effettuare analisi diretta sul campione e, in alcuni casi, è anche possibile ottenere un sistema di derivatizzazione/rivelazione senza l'ausilio di reagenti [34].

### Altre tecniche per la rivelazione quantitativa

Alcuni metodi in cui l'elemento sensibile è costituito da una molecola biologicamente attiva, risultano di particolare rilevanza per la GAC. Questi metodi infatti sono rapidi, richiedono una fase di trattamento semplice, operano su piccole quantità di campione, utilizzano piccole quantità di solvente organico ed hanno bassi consumi di energia.

A questa categoria appartengono i metodi immunochimici ed i biosensori. Attualmente sono stati proposti metodi immunochimici basati su enzimi (EIA) sia per determinazioni quantitative che qualitative. In particolare sono stati sviluppati per effettuare screening [35] strip test o test

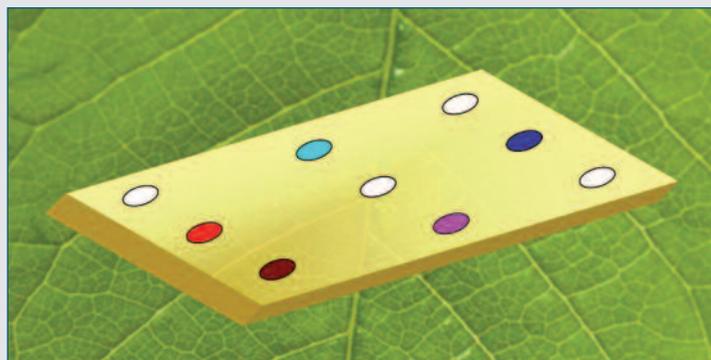


Fig. 2 - Esempio di metodologia analitica verde: schema di laboratorio su carta (lab on paper). Adattato da [35]

ad immersione ("dipstick"), come ad esempio quello per la determinazione di pesticidi organofosfati [36] o per insetticidi clorurati [37] nelle acque. Di particolare rilevanza per diversi aspetti di sostenibilità sono i biosensori, che, oltre a presentare i vantaggi generali dei metodi biologici, possono essere miniaturizzati ed impiegati per analisi on-line. Inoltre la loro risposta, oltre a fornire dati sulla presenza o concentrazione di una data sostanza, può dare informazioni anche sui suoi effetti biologici (es. tossicità, effetto distruttore endocrino) e sulla loro biodisponibilità. Numerose sono le pubblicazioni di biosensori sviluppati per il monitoraggio ambientale [38, 39].

### Conclusioni e prospettive future

In questi ultimi anni sono state presentate alla comunità scientifica numerose pubblicazioni scientifiche concernenti la chimica verde che hanno positivamente contribuito ad innalzare l'attenzione dei chimici al benessere della società in cui essi operano.

La chimica analitica ha contribuito e può compiere ulteriori sforzi per una maggiore diffusione di questi concetti e per la ricerca in questo settore. Notevoli progressi sono stati compiuti per rendere più sostenibili molte delle metodologie analitiche e la ricerca scientifica dimostra un marcato interesse nello sviluppo di approcci alternativi ed innovativi in grado di unire i principi della chimica verde all'aumento delle prestazioni del metodo di analisi. Questo obiettivo viene realizzato con la messa a punto di metodiche capaci di raggiungere limiti di quantificazione sempre più bassi e con una concomitante riduzione nel consumo di solventi/reattivi organici, dei tempi di analisi e del consumo energetico dell'intero processo analitico. Occorre tuttavia ricordare che oltre a sviluppi innovativi la comunità analitica necessita anche di operazioni più routinarie, come la validazione, senza la quale i metodi proposti non possono trovare una vasta applicazione e quindi una ricaduta apprezzabile sull'intera società.

## ABSTRACT

### Green Analytical Chemistry

The latest advances in green chemistry for application in analytical chemistry are revised with particular attention to the main strategies to reduce toxic reagents, solvent wastes and energy consumption. Finally, special attention has been paid to new approaches to environmental analysis, including automation, miniaturization on-site, on-line analysis.

## Bibliografia

- [1] H. Malissa, in *Euroanalysis VI. Reviews on Analytical Chemistry*, E. Roth (Ed.), Les editions de physique, Paris, France, 1987, 49.
- [2] P.T. Anastas, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 1999, **29**, 167.
- [3] M. de la Guardia *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, 1995, **308**, 462.
- [4] M. de la Guardia *et al.*, *Analyst*, 1995, **120**, 231.
- [5] P.T. Anastas, J.C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, NY, 1998, 30.
- [6] P.T. Anastas, *Crit. Rev. Anal. Chem.*, 1999, **29**, 167
- [7] S. Armenta *et al.*, *TrAC*, 2008, **27**, 497.
- [8] S. Peter, G. Brunner, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 1978, **17**, 746.
- [9] M. Koel, M. Kaljurand, *Pure Appl. Chem.*, 2006, **78**, 1993.
- [10] *Handbook of Green Analytical Chemistry*, M. de la Guardia, S. Garrigues (Eds.), Wiley, Chichester, UK, 2012.
- [11] S. Garrigues *et al.*, *TrAC*, 2010, **29**, 592.
- [12] *Challenges in Green Analytical Chemistry*, M. de la Guardia, S. Garrigues (Eds.), The Royal Society of Chemistry, UK, 2011.
- [13] C. Bendicho *et al.*, *TrAC*, 2012, **31**, 50.
- [14] S.B. Hawthorne, A. Kubatowa, in *Sampling and sample preparation for field and laboratory collective work*, J. Pawliszyn (Ed.), Elsevier, 2002, 587.
- [15] F. Tan *et al.*, *J. Chromatogr., A*, 2009, **1216**, 5647.
- [16] F.M. Lancas *et al.*, *J. Sep. Science*, 2009, **32**, 813.
- [17] L.G. Blomberg, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2009, **393**, 797.
- [18] C. Nerin *et al.*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2009, **393**, 809.
- [19] Y. Liu *et al.*, *J. Chromat. A*, 2009, **1216**, 885.
- [20] K.-J. Chia *et al.*, *Anal. Chim. Acta*, 2004, **527**, 157.
- [21] Y. Ji *et al.*, *Chromatographia*, 2009, **70**, 753.
- [22] S. Inoue *et al.*, *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 2007, **44**, 258.
- [23] M. Ogawa *et al.*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 2007, **388**, 619.
- [24] V. Fernández-González *et al.*, *J. Chromatogr. A*, 2008, **65**, 1196.
- [25] G. Shen, H.K. Lee, *Anal. Chem.*, 2003, **75**, 98.
- [26] M. Tankiewicz *et al.*, *Talanta*, 2011, **86**, 8.
- [27] J.L. Anderson *et al.*, *Anal. Chem.*, 2006, **78**, 2892.
- [28] T.P.T. Pham *et al.*, *Water Research*, 2010, **44**, 352.
- [29] W.J. Nuttall *et al.*, *Nature*, 2012, **485**, 573.
- [30] M. Tobiszewski, J. Namieśnik, *TrAC*, 2012, **35**, 67.
- [31] M.H. Chen, C. Horvath, *J. Chromatogr. A*, 1997, **788**, 50.
- [32] D.T.T. Nguyen *et al.*, *J. Chromatogr., A*, 2007, **1167**, 76.
- [33] H.-Y. Xie, Y.-Z. He, *TrAC*, 2010, **29**, 629.
- [34] A. Venter *et al.*, *TrAC*, 2008, **27**, 284.
- [35] S. Wang *et al.*, *Biosens. Bioelectron.*, 2012, **31**, 212.
- [36] Y.A. Cho *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, 2003, **51**, 7854.
- [37] M. Lisa *et al.*, *Biosens. Bioelectron.*, 2009, **25**, 224.
- [38] S. Rodríguez-Mozaz *et al.*, *Talanta*, 2005, **65**, 291.
- [39] M. Farré *et al.*, *TrAC*, 2010, **11**, 1347.

## La Società Chimica Italiana su Internet

Sito web della Sci: [www.soc.chim.it](http://www.soc.chim.it)

È anche attiva una mailing list all'indirizzo: [SCI-list@list.cineca.it](mailto:SCI-list@list.cineca.it)

### Altri siti attivi sono:

**Gruppo Giovani:** [www.scigiovani.it](http://www.scigiovani.it)

**Sezione Campania:** [www.scicampania.unina.it/index.htm](http://www.scicampania.unina.it/index.htm)

**Sezione Lazio:** [www.soc.chim.it/sezioni/lazio](http://www.soc.chim.it/sezioni/lazio)

**Sezione Liguria:** [www.chimica.unige.it/sci/](http://www.chimica.unige.it/sci/)

**Sezione Lombardia:** [www.sci-lombardia.org/](http://www.sci-lombardia.org/)

**Sezione Veneto:** [www.chimica.unipd.it/sci/pubblica/](http://www.chimica.unipd.it/sci/pubblica/)

**Divisione di Chimica Ambientale e dei Beni Culturali:**

[www.socchimdabc.it/](http://www.socchimdabc.it/)

**Divisione di Chimica Analitica:**

[www.soc.chim.it/divisioni/chimica\\_analitica](http://www.soc.chim.it/divisioni/chimica_analitica)

**Divisione di Chimica Fisica:**

[www.soc.chim.it/divisioni/chimica\\_fisica](http://www.soc.chim.it/divisioni/chimica_fisica)

**Divisione di Chimica Industriale:** [www.chimind.it/](http://www.chimind.it/)

**Divisione di Chimica Inorganica:** <http://dci.mfn.unipmn.it/>

**Divisione di Chimica Organica:**

[www.soc.chim.it/divisioni/chimica\\_organica](http://www.soc.chim.it/divisioni/chimica_organica)

**Divisione di Chimica dei Sistemi Biologici:**

[www.soc.chim.it/divisioni/chimbio](http://www.soc.chim.it/divisioni/chimbio)

**Divisione di Didattica Chimica:** [www.didichim.org/](http://www.didichim.org/)

**Divisione di Elettrochimica:**

<http://users.unimi.it/scielettrochimica/>

**Divisione di Chimica Farmaceutica:**

<http://dcf.frm.uniroma1.it/cgi-bin/home.pl>

**Divisione di Spettrometria di Massa:**

[www.soc.chim.it/divisioni/spettrometria\\_di\\_massa](http://www.soc.chim.it/divisioni/spettrometria_di_massa)

**Gruppo Interdivisionale Catalisi:**

[www.soc.chim.it/it/gruppi\\_interdivisionali/catalisi](http://www.soc.chim.it/it/gruppi_interdivisionali/catalisi)

**Gruppo Interdivisionale Chimica Computazionale:**

[www.soc.chim.it/it/gruppi\\_interdivisionali/chimica\\_computazionale](http://www.soc.chim.it/it/gruppi_interdivisionali/chimica_computazionale)

**Gruppo Interdivisionale di Chimica Strutturale:**

[www.chim.unipr.it/chimica/link.htm](http://www.chim.unipr.it/chimica/link.htm)

**Gruppo Interdivisionale di Green Chemistry:**

<http://www-2.unipv.it/photochem/greenchemistry/>