



2 2019

**Chimica cosmetica e nutraceutica:
ricerca, sviluppo, innovazione**

IL TUO BUSINESS NON CONOSCE CONFINI.



NUOVA JEEP® CHEROKEE. BORN TO BE WILD.

Gamma Cherokee: Consumo di carburante ciclo misto (l/100 km): 6.9 – 6.1; emissioni CO₂ (g/km): 179 – 161. Valori omologati in base al metodo di misurazione/correlazione riferito al ciclo NEDC di cui al Regolamento (UE) 2017/1152-1153, aggiornati alla data del 31 marzo 2019; valori più aggiornati saranno disponibili presso la concessionaria ufficiale Jeep, selezionata. I valori sono indicati a fini comparativi e potrebbero non riflettere i valori effettivi.

Jeep, è un marchio registrato di FCA US LLC.

Jeep[®]
THERE'S ONLY ONE



COSMETICA E NUTRACEUTICA: OPPORTUNITÀ PER I CHIMICI



La cosmetica e la nutraceutica sono due importanti settori industriali che richiedono competenze diversificate ed hanno in comune la cura del corpo dall'esterno o dall'interno e quindi come obiettivo uno stato di "salute/bellezza" prolungato nel tempo. In entrambe la chimica può giocare un ruolo rilevante: dall'analisi delle materie prime impiegate nella produzione di prodotti cosmetici o nutraceutici alle caratteristiche e stabilità del prodotto finito, dalla scelta e valutazione dell'efficacia delle formulazioni utilizzate alla sostituzione di materie prime problematiche presenti talvolta in queste formulazioni, dall'impiego di sostanze ottenute per sintesi chimica o biotecnologica o per estrazione da prodotti naturali o da scarti di biomasse, dall'innovazione di processo con tecnologie sempre più sostenibili all'individuazione di confezionamenti primari in grado di garantire l'idonea conservazione, dalla valutazione degli eventuali effetti negativi associati all'uso/abuso di tali prodotti, etc.

Negli ultimi anni gli aspetti regolatori e normativi in questi due settori hanno fatto sì che i requisiti di un prodotto cosmetico o nutraceutico si avvicinassero a quelli di un prodotto farmaceutico e come tale

dovrebbe essere utilizzato anche dal consumatore, che spesso si può far ingannare da un messaggio pubblicitario fuorviante, da acquisti di prodotti in rete non sempre adeguatamente certificati o dal fai da te. Da un punto di vista industriale entrambi i settori risultano in sostanziale tenuta o in crescita, come risulta dalla rilevazione del Centro studi sui Prodotti Cosmetici o dalle analisi di QuintilesIMS Italia, ora IQVIA, nonostante una congiuntura condizionata dal generale rallentamento della propensione al consumo in molti comparti, sia a livello interno che internazionale.

Per quanto riguarda il mercato cosmetico il fatturato delle imprese nel 2018 è cresciuto del 2% per un valore di circa 11.200 milioni di euro. È significativo il valore di +3,5% delle vendite all'estero, anche se in passato la crescita era risultata ancor più significativa, per un fatturato di poco inferiore ai 5 milioni di euro, sia come prodotto finito sia come lavorazione conto terzi, a riprova che anche questo settore è un esempio ulteriore di eccellenza nel Made in Italy, forse meno conosciuto. I paesi più importanti dove attualmente arriva la percentuale più rilevante del prodotto cosmetico italiano sono Francia, Germania, Regno Unito, Spagna e Stati Uniti, ma Hong Kong, Cina, Canada e Giappone sono destinati ad acquisire sempre maggiore interesse per il futuro, soprattutto con un approccio rispettoso degli usi, delle regolamentazioni e delle richieste da parte dei consumatori di questi paesi. Da rilevare invece il calo di vendita registrato nei paesi arabi più ricchi e in Russia, forse recuperabile. L'industria italiana, almeno nelle aziende più importanti, sta pertanto effettuando significativi investimenti nell'innovazione di prodotto/produzione, nei processi di internazionalizzazione e nel ripensamento delle strategie di distribuzione, con una migliore razionalizzazione della

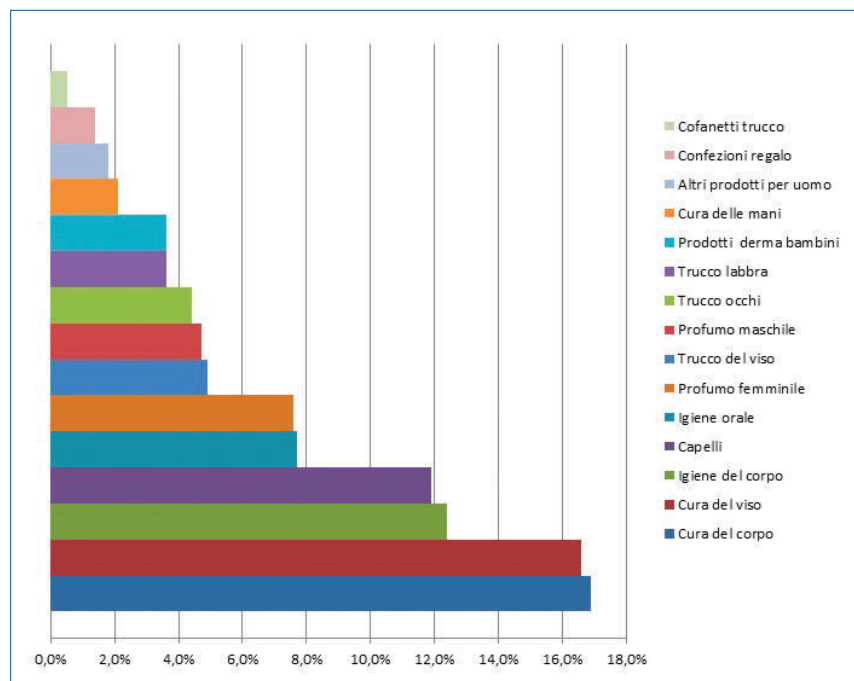


Fig. 1 - Composizione del mercato cosmetico nel 2017: 76% prodotti femminili; 24% prodotti maschili (fonte: Centro Studi sui Prodotti Cosmetici)

catena che dall'impresa porta al consumatore. In tal senso risulta significativo l'incremento osservato del commercio elettronico e la vendita attraverso la grande distribuzione organizzata, mentre il canale farmacia/erboristeria in Italia può risultare ancora importante ma solo per prodotti di nicchia o realmente innovativi, magari sfruttando la propensione dei consumatori nel ricercare soluzioni con prodotti più personalizzati. La composizione del mercato cosmetico nel 2017 è riportata in Fig. 1 (da dati rilevati dal Centro Studi sui Prodotti Cosmetici).

I punti di forza per le aziende italiane del settore cosmetico dovranno essere sicuramente la sempre più alta attenzione alla qualità, alla flessibilità, all'innovazione nel prodotto e nel processo di produzione, puntando a ricerca e sviluppo magari con interazioni crescenti con il mondo della ricerca pubblica. I punti di difficoltà a realizzare gli obiettivi di crescita nascono dall'incertezza politico-economica nazionale ed internazionale, dall'incremento dei costi di distribuzione e delle materie prime, dall'inasprimento di alcune barriere doganali. Sarà inoltre necessario uno sviluppo ulteriore dei mercati esteri magari con una diversificazione della produzione

per rispondere a esigenze diverse. Per un approfondimento si segnala che lo scorso 15 febbraio sul *Corriere della Sera* è apparsa un'intervista al presidente di Cosmetica Italia, Renato Ancorotti.

Grazie a un giro d'affari che nel 2018 ha sfiorato i tre miliardi di euro ed è cresciuto sull'anno precedente del 5,3%, il comparto dei nutraceutici resta stabilmente tra le categorie di prodotto che trainano il mercato della farmacia, della parafarmacia e di altre tipologie di distribuzione. L'Italia è al primo posto in Europa per spesa pro capite per prodotti nutraceutici, che risulta superiore ai 40 euro all'anno contro la media UE di 28 euro. Sempre più italiani sembrano a caccia di benessere mettendo nel carrello della spesa alimenti che forniscono benefici alla salute, includendo la preven-

zione e/o il trattamento di una malattia metabolica.

Il comparto nutraceutico da dati IMS Health si compone in Italia di circa 1.800 aziende operanti attraverso il canale farmacia e parafarmacia, di cui le prime 270 hanno un fatturato di vendita superiore a 1 milione di euro e rappresentano il 92% del fatturato complessivo del mercato. In Fig. 2 sono riportati i dati di fatturato di vendita, secondo dati IMS Health, delle prime 15 aziende in Italia.

Cinque categorie di nutraceutici occupano oltre il 70% del totale del mercato e continuano a crescere in media del 7,6%:

1. multivitaminici (crescita media del +7,3% su 3 anni);
2. integratori gastro-intestinali (+6,9%);
3. integratori cardiovascolari(+10,5%);
4. integratori per il sistema urinario (+7,9%);
5. ricostituenti (+5,6%).

Tra i fattori che spingono tale crescita si annovera per primo l'innovazione ed il lancio di nuovi prodotti. Grande rilevanza ha poi il fatto che in Italia i prodotti nutraceutici crescono anche grazie alla sempre maggior raccomandazione da parte dei medici. Pediatri, ginecologi ed ortopedici sono tra gli specialisti che maggiormente consigliano questo tipo di prodotti ai

propri pazienti. Il 90% dei medici generici avrebbe dichiarato di consigliare supplementi nutrizionali nella propria pratica quotidiana, anche perché i pazienti spesso hanno abitudini alimentari inadeguate, hanno intolleranza reale o presunta verso i farmaci e sono invece molto più disponibili ad accettare prodotti nutraceutici. In realtà una corretta e variata alimentazione con cibi genuini, di cui purtroppo è spesso difficile approvvigionarsi, renderebbe non sempre necessaria una aggiunta di supplementi alimentari, di cui ogni eccesso può essere comunque sbagliato o dannoso. Infine esiste un'attenzione crescente alle problematiche di disbiosi intestinale che possono dare origine a vari disturbi/malattie, tra cui difficoltà cardiovascolari, ipercolesterolemia etc.; per queste patologie l'uso corretto e personalizzato di prodotti nutraceutici idonei può essere di aiuto per la salute del paziente.

La crescita del mercato salutistico in Italia ha permesso ad alcune aziende italiane sensibili incrementi di ricavi e di fatturato e a figurare in posizioni di rilievo nella lista Leader della crescita 2019 secondo i dati del *Sole 24 Ore*. Ma come si può crescere in un settore dove tra i concorrenti ci sono anche le multinazionali del farmaco? Anche in questo caso è importante differenziarsi. Tra gli esempi di nuove aziende PMI innovative che hanno avuto successo, vorrei citare Kolinpharma, fondata come start-up innovativa nel 2013 e che ha registrato già nel 2017 un fatturato di 4,1 milioni di euro, che la pone tra le prime 200 aziende italiane. Oltre ad investire risorse in R&S di nuovi prodotti e nuove formulazioni e al rafforzamento della rete commerciale, ha utilizzato certificazioni/accorgimenti particolari che si riferiscono alle regole islamiche (certificazione Halal), alle norme di alimentazione ebraiche (certificazio-

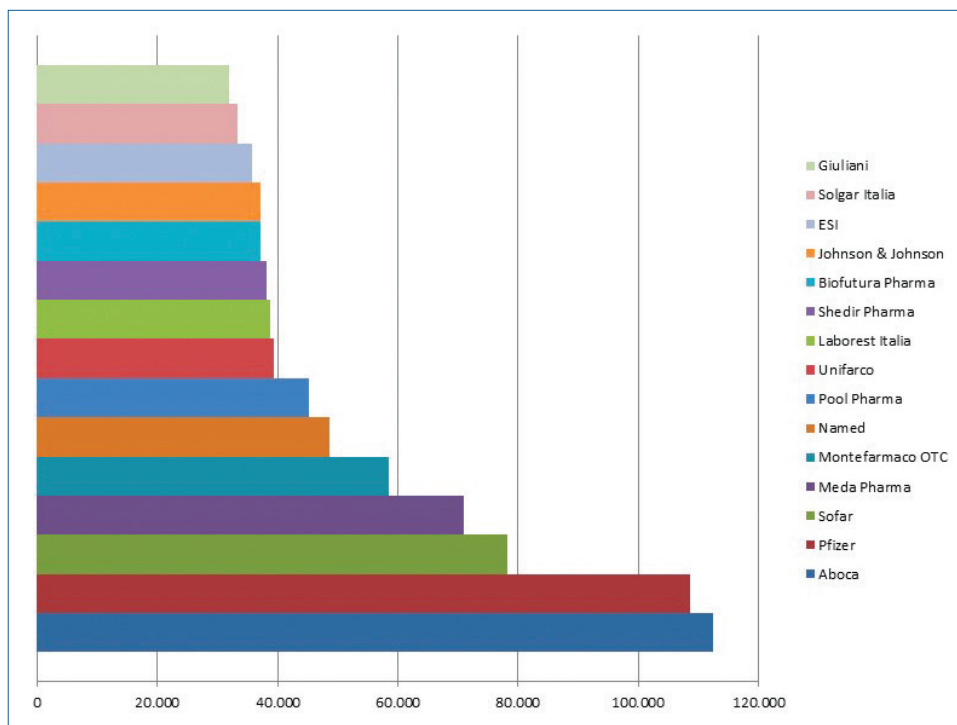


Fig. 2 - Fatturato di vendita delle prime 15 aziende in Italia [Canale farmacia (€ 000, aprile 2017)](fonte: IMS Health)

ne Kosher), alle esigenze dei celiaci, dei diabetici, di pazienti non vedenti (QR codice con rilievi in Braille sulle confezioni) e degli atleti professionisti (certificazione Doping Free), ha adottato per tempo regole di tipo farmaceutico, nonostante il mercato nutraceutico non le richieda ancora per legge, ha un suo portafoglio brevetti, ha attivato importanti collaborazioni con il mondo accademico, ha fatto innovazione anche attraverso un tipo di packaging più rispettoso dell'ambiente e che garantisce l'integrità della confezione. Nella consapevolezza che questo settore può essere un sbocco lavorativo di molti laureati in discipline scientifiche diversi atenei italiani, tra cui nel 2017 l'Università di Pavia, hanno istituito dei master di primo e secondo livello dedicati proprio allo studio e lo sviluppo di prodotti nutraceutici. In questo numero della rivista una prima serie di articoli a carattere generale o specialistico in questi due settori permette al lettore di avere un'introduzione in questi due comparti industriali sicuramente importanti e di vedere problematiche, individuare opportunità e magari avere stimoli per ricerca, sviluppo, innovazione e attività anche imprenditoriali.



EDITORIALE

3 COSMETICA E NUTRACEUTICA: OPPORTUNITÀ PER I CHIMICI

Oreste Piccolo

CENTENARIO LA CHIMICA E L'INDUSTRIA

10 CENTENARIO LA CHIMICA E L'INDUSTRIA TRE CHIMICI ITALIANI STORICI E LA CHIMICA E L'INDUSTRIA

Ferruccio Trifirò

18 CENTO ANNI DI COMBUSTIBILI FOSSILI. E POI?

Anni di sviluppo, di crisi e di innovazione

Mario Marchionna

CHIMICA & COSMETICA

26 QUANDO SI PENSA ALLA COSMETOLOGIA

Stefano Manfredini, Silvia Vertuani,

Sabrina Sciabica

32 COSMETICI: LA LETTURA DELL'ETICHETTA

Luigi Rigano, Nicola Lionetti

42 GREEN COSMETIC CHEMISTRY: UN APPROCCIO ECOSOSTENIBILE. INGREDIENTI "VERDI" DA SCARTI DELL'INDUSTRIA AGRO-ALIMENTARE

Carla Villa

48 ECOLOGIA INDUSTRIALE: UN INDIRIZZO CONCRETO E VINCENTE VERSO LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Vincenzo Paolo Maria Rialdi

CHIMICA & NOI

57 UNA MINIERA DENTRO CASA

Alberto Zanelli

62 NUTRACEUTICA: L'EQUILIBRIO DI NUTRIZIONE E FARMACEUTICA

Carla Ferreri, Annalisa Masi, Anna Sansone

CHIMICA & AMBIENTE

70 LA CURVA DELL'ANATRA E IL NOSTRO FUTURO ENERGETICO

Gianluca Longoni

DALLA LETTERATURA

76 a cura di Silvia Cauteruccio e Monica Civera

LA CHIMICA ALLO SPECCHIO

78 IL CASO DICLOFENAC

Claudio Della Volpe



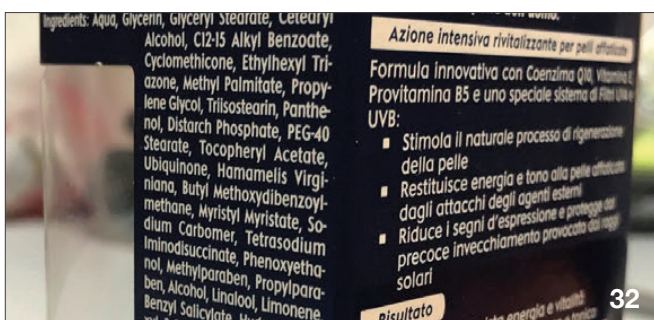
62



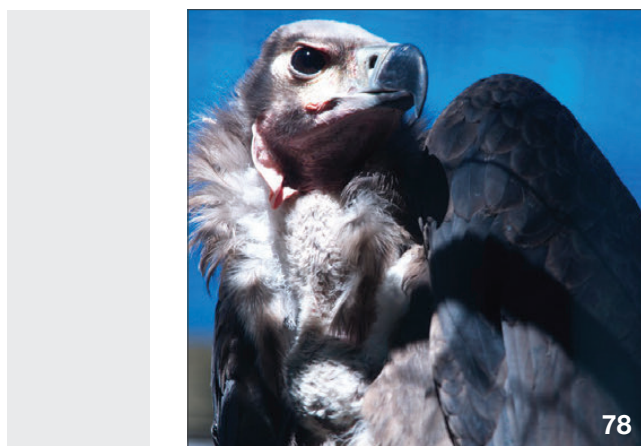
26



70



32



78

http://www.soc.chim.it/riviste/chimica_industria/catalogo

DIRETTORE RESPONSABILE

Ferruccio Trifirò

REDAZIONE SCIENTIFICA

Anna Simonini

Piazzale R. Morandi, 2 - 20121 Milano - tel. +39 345 0478088
anna.simonini@soc.chim.it

COMITATO DI REDAZIONE

Alessandro Abbotto, Catia Arbizzani, Federico Bella, Silvia Bordiga,
Martino Di Serio, Matteo Guidotti, Maria Menichincheri,
Oreste Piccolo, Anna Simonini, Marco Taddia, Ferruccio Trifirò

COMITATO SCIENTIFICO

Angela Agostiano, Vincenzo Barone, Luigi Campanella, Sergio Carrà,
Donatella Caruso, Massimiliano Coletta, Silvia Colombo, Anna Maria
Fadda, Francesco Paolo Fanizzi, Gianluca Maria Farinola,
Antonio Marcomini, Giovanni Marletta, Claudio Minero,
Francesco Paolucci, Italo Pasquon, Francesco Luigi Pignataro,
Raffaele Riccio, Gianluca Sbardella, Margherita Venturi



HANNO COLLABORATO

Silvia Cauteruccio, Monica Civera,
Claudio Della Volpe

PROGETTO GRAFICO E IMPAGINAZIONE

Sara Moscardini - info@hamletcommunication.com - Skype: hamlet262

CONCESSIONARIA DI PUBBLICITÀ

Agicom Srl
Viale Caduti in Guerra, 28 - Castelnuovo di Porto (Roma)
Tel. +39 06 9078285, fax +39 06 9079256
agicom@agicom.it
Skype: agicom.advertising

EDITORE

PAS-SCI Srl
Roma

Reg. Tribunale di Milano n. 134 del 11/04/2017

ISSN 2283-544X

ANALISI DI MICROINQUINANTI EMERGENTI NELLE ACQUE

L'esperienza dei laboratori HERAtch - Gruppo Hera

Il futuro è un'incognita o un'opportunità? HERAtch, (società del Gruppo Hera che, oltre a gestire i lavori richiesti dai clienti per i servizi a rete, si occupa di progettazione e realizzazione di impianti e reti e di attività tecniche a elevata specializzazione, quali il telecontrollo e i laboratori di analisi per le acque potabili, reflue ed i rifiuti) si trova quotidianamente alle prese con questo interrogativo, sostenuto dalle esigenze di innovazione richieste dai clienti nel settore ambientale. L'esperienza HERAtch è di crescita continua: dall'aggregazione di più laboratori sparsi sul territorio per giungere a un sistema laboratoriale all'avanguardia che ruota su poche sedi, con elevata specializzazione, divise per matrici di competenza (acque, rifiuti, emissioni). Negli ultimi anni gli investimenti dei laboratori HERAtch si sono indirizzati prevalentemente a migliorare la sensibilità strumentale e aumentare la produttività, con attenzione al miglioramento dei fattori ambientali e di sicurezza (certificazioni ISO 14001 e OHSAS 18001). In quest'ottica, l'ultimo investimento rilevante ha riguardato l'acquisto di un'HPLC/massa-massa, che ha permesso di aumentare la sensibilità di 1.000 volte rispetto alla strumentazione precedente, data 2007. L'incremento di efficienza strumentale consente di raggiungere limiti di quantificazione molto

bassi, senza dover effettuare pre-concentrazioni. Per le acque naturali, si esegue l'iniezione diretta dei campioni in fase acquosa con il solo trattamento su filtri di porosità 0,22 μm . (Fig.1). È così possibile ridurre i volumi di campionamento e diminuire l'uso dei materiali di consumo, risparmiando sui costi per minor utilizzo di solventi, cartucce di estrazione in fase solida (SPE) e contenitori, con indubbi vantaggi in tema ambientale e per la sicurezza degli operatori. Inoltre, l'eliminazione della fase preparativa dei campioni riduce significativamente i tempi d'esecuzione delle analisi. I parametri già oggi determinati con questa nuova strumentazione sono riportati di seguito, ma l'elenco è in continuo aggiornamento:

- Composti organici perfluorurati (PFAS)
- Glifosato, AMPA e glufosinato
- Distruttori endocrini
- Composti aloacetici
- Microcistina
- Atrazina e suoi derivati (DACT, DIA, ecc...)
- Analisi multiresiduali (esempio antiparassitari ecc...)
- Farmaci

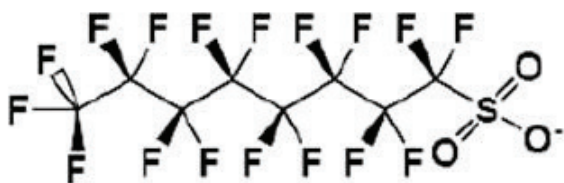
Argomento d'attualità è la ricerca dei composti perfluorurati in tutte le matrici: acque naturali, acque reflue, rifiuti liquidi e rifiuti solidi. Con il termine sostanze perfluoroalchiliche (PFAS) si indica un gruppo di composti a catena di carbonio variabile da C4 a C14. In Fig. 2 si riportano le immagini delle due principali molecole appartenenti alla famiglia degli PFAS. L'utilizzo di queste sostanze, sfruttate per la loro caratteristica idrorepellenza, non è stato seguito da altrettanta attenzione, negli anni passati, riguardo all'impatto ambientale e sulla salute dell'uomo. Per i citati parametri PFOA e PFOS si è riconosciuto l'effetto teratogeno e di tossicità, mentre è al vaglio della Comunità Europea l'introduzione di limiti normativi, per le acque potabili, di un serie di composti appartenenti alla classe degli PFAS. Il laboratorio Heratech risulta accreditato, dal 2011, per la determinazione degli PFAS con metodo interno e si prevede l'estensione al metodo normativo EPA 357:2009 nel corso di quest'anno. Per le



Fig. 1



Fig. 2 - Acido perfluorooctanoico (PFOA) e perfluorooctano 1-sulfonato (PFOS)



restanti matrici analizzate si fa sempre riferimento a metodi normati, quali ISO 25101:2009, ASTM D7979-2017. L'investimento di fine 2018 sulla nuova LC/MSMS ha permesso di raggiungere il Limite di Quantificazione di 5 ng/l, con iniezione diretta del campione, per i seguenti principi attivi:

- Acido perfluorobutanoico (PFBA)
- Acido perfluoropentanoico (PFPeA)
- Acido perfluoroesanoico (PFHxA)
- Acido perfluoroeptanoico (PFHpA)

- Acido perfluorooctanoico (PFOA)
- Acido perfluorononanoico (PFNA)
- Acido perfluorodecanoico (PFDA)
- Acido perfluoroundecanoico (PFUnA)
- Acido perfluorododecanoico (PFDoA)
- Acido perfluorotridecanoico (PFTrDA)
- Acido perfluorotetradecanoico (PFTA)
- Perfluorobutano 1- sulfonato (PFBS)
- Perfluoroesano 1- sulfonato (PFHxS)
- Perfluorooctano 1-sulfonato (PFOS)

Di seguito, l'immagine cromatografica (Fig. 3) dei picchi di PFOS, PFOA, PFHxS, PFHxA, PFBS e PFBA al valore di 100 ng/l, possibile futuro riferimento normativo per singolo principio attivo.

Le potenzialità di questo strumento sono indispensabili, per i gestori del servizio idrico integrato, alla definizione dei piani di monitoraggio necessari alla redazione dei piani di sicurezza delle acque (Water Safety Plan), pure in previsione della prossima decisione della Commissione Europea sulla nuova lista di parametri da determinare per le acque destinate al consumo umano (attuale D.Lgs. 31/01). Risulteranno ugualmente fondamentali per le applicazioni analitiche necessarie alla ricerca dei parametri indicati nel D.Lgs. 172/15, attuazione della Direttiva 2013/39/UE, per la ricerca delle sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.

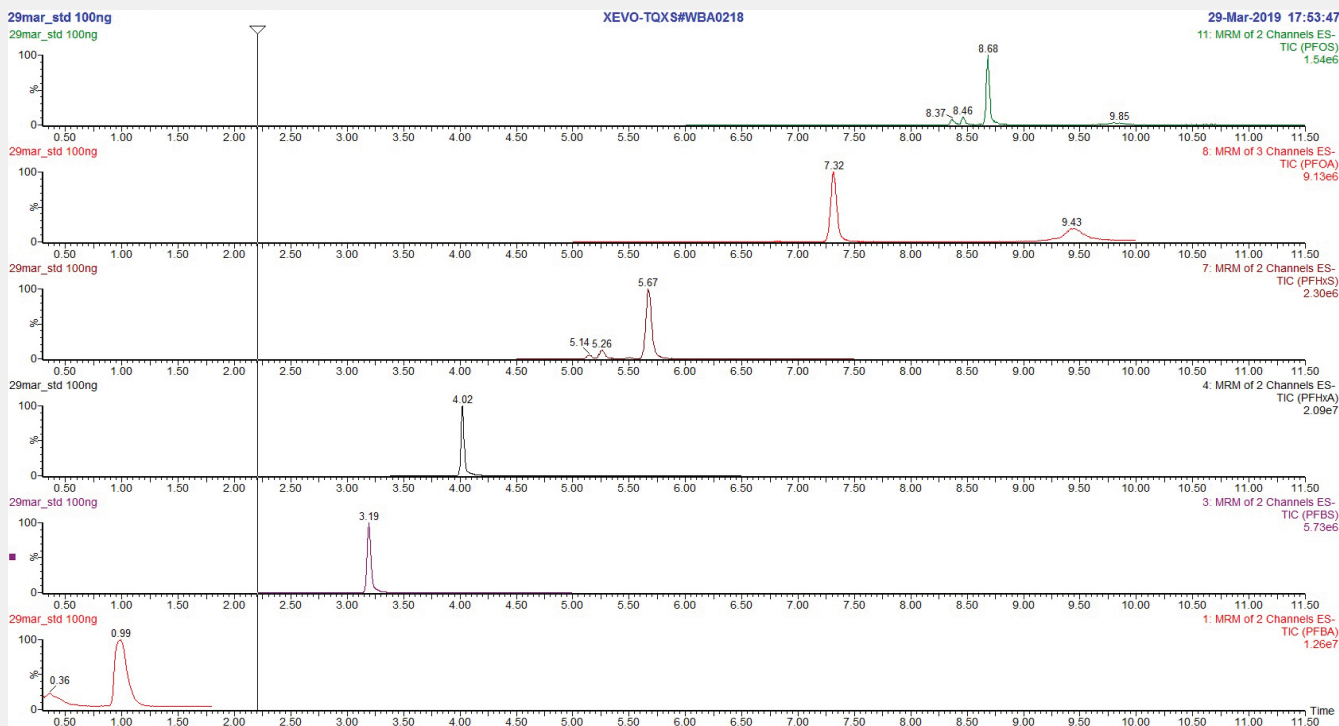


Fig. 3 - Total Ion Cromatogram (TIC) per alcuni composti PFAS



TRE CHIMICI ITALIANI STORICI E LA CHIMICA E L'INDUSTRIA

FERRUCCIO TRIFIRÒ

È stato motivo di grande emozione e orgoglio per la nostra rivista scoprire che tre chimici storici del nostro Paese, che avevano sofferto per le persecuzioni fasciste e razziste, alla caduta del fascismo abbiano ritenuto utile mandare una loro nota a “La Chimica e l’Industria” per condividere con la maggior parte dei chimici le loro riflessioni riguardo gli eventi tragici avvenuti negli anni appena trascorsi nel nostro Paese e le prospettive future per la chimica.

Abbiamo ritenuto significativo per ricordare i 100 anni della nostra rivista pubblicare, in questo secondo numero, tre note inviate da tre chimici storici del nostro Paese. La prima è una lettera di Michele Giua [1] spedita all’uscita dal carcere dove era stato imprigionato perché antifascista, e che fu pubblicata sulla prima pagina e sul primo numero della rivista stampato alla caduta del fascismo. Nella lettera dal titolo “Chimica, Tecnologia e Politica” Giua fece un’analisi del rapporto fra scienza e politica che c’era stato durante il fascismo e suggerì quali dovessero essere le prospettive future.

La seconda nota è quella di Mario Giacomo Levi [2], che pubblicò sulla rivista una conferenza tenuta al Politecnico di Milano, al ritorno dalle Svizzera, dove si era rifugiato, dopo l’arrivo dei Tedeschi in Italia, per evitare la deportazione, essendo di origine ebraica, dopo la sua riassunzione ufficiale come ordinario di chimica industriale. Nella conferenza M.G. Levi fece un’analisi approfondita delle prospettive dell’industria chimica italiana, analisi che aveva sviluppato durante il suo soggiorno in Svizzera. La conferenza fu pubblicata interamente sulla nostra rivista (7 pagine) e stampata sulla prima pagina dell’ultimo numero del 1945. Non credo che ci sia mai stato un professore italiano o un dirigente industriale che abbia presentato una così accurata e approfondita analisi dell’industria chimica italiana.

La terza è una lettera inviata da Primo Levi [3] al direttore della rivista al suo ritorno da Auschwitz, non solo per raccontare della sua deportazione, ma per accennare

la chimica coinvolta nella produzione di Buna S, dove lui lavorava in uno stabilimento adiacente al campo di concentramento, sottolineando anche che se qualcuno avesse voluto avere più informazioni sulla chimica di quel processo avrebbe potuto contattarlo.

Di seguito vengono brevemente presentati i loro curricula.

Michele Giua, che aveva iniziato a scrivere sulla nostra rivista articoli scientifici a partire dal 1923, frequentò l’Università di Roma dove si laureò in Chimica Pura nell’anno accademico 1910-1911. Divenuto, nel 1920, Assistente nell’Istituto di Chimica Organica Industriale del Politecnico di Torino, fu incaricato del Corso di “Chimica Organica” per gli Anni Accademici 1921-1933, esclusi i due anni nei quali fu incaricato del Corso di “Tecnologie Speciali”. Dal 1926 al 1933 tenne, presso l’Accademia e Scuola d’Applicazione d’Artiglieria e Genio di Torino, i corsi di “Chimica Organica”, “Aggressivi Chimici” e “Esplosivi”, e per la Scuola di Perfezionamento in Balistica e Costruzioni d’Armi e d’Artiglieria, annessa al Politecnico di Torino, il Corso di “Esplosivi di Guerra”. Nel 1933 per essersi rifiutato d’isciversi al Partito Fascista, perse il posto d’Assistente al Politecnico, e l’incarico d’insegnamento all’Università. Per cospirazione politica il 28 febbraio 1936 dal “Tribunale Speciale per la Difesa dello Stato” fu condannato a quindici anni di reclusione. Giua scontò otto di carcere duro nei penitenziari di Castelfranco

Emilia, Civitavecchia e San Gimignano. Dopo l'uscita dal carcere, il 16 febbraio 1949 fu nominato professore straordinario di Chimica Organica Industriale presso la Facoltà di Scienze M.F.N. dell'Università di Torino; conseguì l'ordinariato; il 20 marzo 1952 e lasciò il ruolo per sopraggiunti limiti d'età nell'ottobre 1964. Morì a Torino il 25 marzo 1966.

Mario Giacomo Levi è stato vice-direttore di questa rivista dalla sua fondazione e subito iniziò a scrivere alcune note, soprattutto sul petrolio ed i combustibili, così come nel corso di tutta la sua carriera. M.G. Levi si laureò a Padova e si recò nel 1902 in Germania, per lavorare presso l'Università di Karlsruhe. Nel 1903 tornò a Padova dove fu nominato libero docente in Chimica Generale. Nel 1905 si trasferì a Pisa con il suo capo, il prof. Nasini, per insegnare elettrochimica e nel 1909 venne nominato professore ordinario di chimica tecnologica a Palermo, dove creò la Facoltà di Ingegneria. Nel 1920 si trasferì a Bologna come professore di Chimica Industriale, primo preside dell'appena creata Facoltà di Chimica Industriale, la prima in Italia. Nel 1928 fu chiamato al Politecnico di Milano dove creò l'Istituto di Chimica Industriale. Fondò a Bologna un Sezione sui Combustibili, poi trasferita a Milano e che nel 1940 si trasformò in "Stazione Sperimentale dei Combustibili", con sede al Politecnico. M.G. Levi aveva giurato fedeltà al regime fascista nel 1931, ma nel 1938 a causa delle inique leggi razziali dovette lasciare il Politecnico e nel 1939 la sua cattedra fu offerta a Natta. Dopo l'invasione dell'Italia da parte delle truppe del Terzo Reich si rifugiò in Svizzera dove insegnò all'Università di Losanna tecnologia chimica a studenti di ingegneria che erano sfuggiti dall'Italia fascista. Nel 1945 rientrò in Italia e riottenne la cattedra di chimica industriale al Politecnico di Milano e la carica di presidente del Consiglio di amministrazione della Stazione Sperimentale dei Combustibili. Nel 1949 fu eletto presidente della Società Chimica Italiana. Morì nel 1954.

Primo Levi si laureò a Torino nel 1941. Dopo avere iniziato a lavorare a Milano, a seguito delle sua attività nella resistenza fu arrestato, e, a causa delle sue origini ebraiche, fu deportato ad Auschwitz, dove sfruttarono le sue competenze di chimico per farlo lavorare in un impianto di Buna S adiacente al campo di concentramento. La produzione della gomma per pneumatici Buna S era a base di polibutadiene e "natrium" e catalizzata da

stirene. Una volta liberato, all'arrivo delle truppe russe, tornò in Italia ed iniziò a lavorare nel settore delle vernici a Torino [9], prima presso la Duco e poi presso la Siva, dove divenne direttore. Dopo il ritorno dal campo di concentramento scrisse il suo primo libro "Se questo è un uomo" e nel 1975 scrisse il "Sistema periodico". P. Levi morì nel 1987.

(NdA: per ulteriori approfondimenti sulla figura di Primo Levi si rimanda al seguente [link](#))

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] M. Giua, *La Chimica e l'Industria*, 1945, 27(3-4), 1.
- [2] M.G. Levi, *La Chimica e l'Industria*, 1945, 27(11-12), 189.
- [3] P. Levi, *La Chimica e l'Industria*, 1947, 29(12), 199.
- [4] M. Milone, *La Chimica e l'Industria*, 1966, 48(12), 1368.
- [5] **R. Carpignano, *La Chimica e l'Industria*, 2001, 82(3), 71.**
- [6] A. Coppadoro, *La Chimica e l'Industria*, 1955, 37(1), 1.
- [7] **A. Girelli, *La Chimica e l'Industria*, 2007, 87(7), 177.**
- [8] **P. Cardillo, *La Chimica e l'Industria*, 2011, 91(6), 96.**
- [9] **R. Portesi, *La Chimica e l'Industria*, 2001, 82(5), 69.**

da *La Chimica e l'Industria*, 1945, 27(3-4), 1

Il presente fascicolo era in corso di stampa quando gli eserciti Alleati avanzavano oltre il Po e l'insurrezione popolare vittoriosa liberava l'Italia settentrionale dai nazifascisti.

Con la caduta di Berlino e la resa senza condizioni dell'esercito nazista si chiude una tragica parentesi nella storia d'Europa ed ha inizio un nuovo periodo di collaborazione fra i popoli nello spirito democratico e progressista.

Nell'atmosfera della risorta Italia riappare questa rivista alla quale ci auguriamo non mancheranno l'appoggio e la collaborazione dei chimici.

Siamo lieti di iniziare la pubblicazione di questo fascicolo con un articolo di Michele Giua ritornato a libera vita tra i colleghi chimici dopo oltre otto anni di carcere inflittogli dal fascismo.

Michele Giua: Scienza, tecnica e politica.

I rapporti tra scienza e politica sono stati spesso argomento di discussione, né si può dire che i pareri assai discordi



Fig. 1 - Michele Giua (immagine per gentile concessione del Centro Studi per la Storia dell'Università di Torino, www.cssut.unito.it)

abbiano portato ad una chiarificazione di essi. Ciò dipende dalla diversità delle posizioni di partenza. Chi sostiene che la scienza è una forma di conoscenza a sé, a carattere teoretico, è portato naturalmente a negare un rapporto diretto tra scienza e politica. E poiché la politica viene considerata una parte dell'attività umana, ma non la più nobile, chi ama la scienza per il suo carattere conoscitivo attribuisce ad essa una indipendenza, negando qualsiasi legame tra scienza e politica. A questa tesi dell'apoliticità della scienza si oppone quella che subordina la scienza alla politica governamentale. Quest'ultima tesi ha prevalso nell'ultimo ventennio sostenuta specialmente dai politici che hanno bisogno del contributo della scienza per la soluzione di problemi contingenti e dagli stessi uomini di scienza i quali non mancano di accettare di buon grado la detta subordinazione, dati i vantaggi che spessissimo essi ne traggono. Vale la pena di esaminare la questione un po' più a fondo.

Che la scienza non sia attività teoretica - nel qual caso potrebbe essere considerata indipendente dalla politica - è ormai ammesso da molti filosofi e da quegli epistemologi che come Poincaré, Mach e altri hanno affermato il carattere nettamente «economico» della costruzione scientifica. Essa rientra nell'attività pratica e come tale è sempre subordinata alla politica, intendendo con questo termine tutto l'insieme della vita sociale. Non credo, vi sia bisogno di molti particolari per dimostrare che la potenza della scienza, intesa nel senso baconiano, non consiste in altro che nella sua utilità. Si comprende quindi come dalle numerose e sempre crescenti applicazioni

della scienza sia derivato il benessere dell'umanità. E benefattori dell'umanità furono definiti quegli scienziati che dettarono norme per combattere le più terribili malattie dell'uomo (come Pasteur, Ehrlich e altri). Ma come tali si debbono considerare anche tutti coloro che hanno contribuito allo sviluppo e al progresso della civiltà, cioè tutti coloro che hanno permesso alla tecnica di assumere lo sviluppo grandioso che essa ha attualmente.

Esiste una differenza tra scienza e tecnica? Chi esamina il contenuto della scienza e della tecnica non può riscontrare una differenza tra le due, perché tanto la scienza è tecnica, quanto la tecnica è scienza. Tuttavia nella vita ordinaria si fa una differenza di grado. Comunemente la scienza viene considerata il lato teorico della tecnica e questa il lato applicativo di quella. Ma questa distinzione ha un valore puramente normativo, come normativa è la gerarchia che pone per prima la scienza pura, che non ha applicazioni pratiche, e poi la tecnica, che invece trae dai principi della scienza pura le numerose applicazioni necessarie alla vita sociale. Tale distinzione è accettata comunemente, anche come una necessità sorta dal bisogno di tener distinti due rami dell'attività pratica, la ricerca di laboratorio e l'applicazione industriale. Necessità imposta dal grande sviluppo della scienza (e quindi della tecnica) tanto che anche nell'insegnamento universitario essa vige in pieno ed è solo come differenza di grado che si può fare detta distinzione. Che la tecnica non sia altro che la scienza che raggiunge il suo pieno sviluppo lo si desume anche dal fatto che nell'epoca moderna la tecnica ha sentito il bisogno di guidare essa stessa la ricerca scientifica verso i compiti che più le sono utili. Di qui il sorgere di istituti specializzati di ricerche scientifiche per opera di società industriali. Quando la vita sociale era meno complessa le applicazioni tecniche erano in generale un portato della ricerca scientifica universitaria sovvenzionata dallo Stato, ma ciò non poteva che rallentare il progresso della tecnica, perché lo Stato moderno liberale si è mantenuto, lungo quasi tutto il secolo XIX, in una specie di agnosticismo rispetto all'indirizzo da dare alla ricerca scientifica. Si è detto che fino a non molti decenni fa la ricerca scientifica era accentrata quasi esclusivamente nei laboratori universitari ed essa stessa era subordinata alle necessità dell'insegnamento. Lo Stato liberale richiedeva si assolvesse prima di tutto il compito dell'insegnamento lasciando la ricerca alla libera iniziativa del personale universitario. Questa condizione che, in linea di principio, era conforme allo spirito che caratterizzò sin dall'origine il funzionamento dell'Università, non poteva essere sufficiente e talvolta fu causa di vari inconvenienti, perché presuppone in chi si assume



il compito dell'insegnamento universitario un senso di responsabilità e uno spirito di abnegazione molto sviluppati, ciò che non sempre si verifica. Il senso di responsabilità imporrebbe al professore universitario di dedicarsi completamente, dopo aver assolto il compito dell'insegnamento, alla ricerca scientifica. In Italia si è quasi sempre seguita questa pratica: dedicare molto tempo alla ricerca scientifica finché non si è raggiunto l'ordinariato, vivendo poi in una specie di beatitudine, senza più prender parte direttamente al progresso della scienza. Era già un titolo di onore se il Professore ordinario favoriva qualche giovane assistente guidandolo o, più spesso, fornendogli solamente i mezzi di lavoro. Le varie «scuole» di cui si è tanto parlato e si parla ancora da noi quando si esamina il complesso del funzionamento universitario avevano non un contenuto di alta dottrina ma poggiavano su una causa assai banale: la pigrizia del cosiddetto «caposcuola». Non deve destare quindi meraviglia se in Italia, specialmente nell'ultimo ventennio, la ricerca scientifica ha brillato per mancanza di originalità. Durante il periodo del dominio fascista più che alla qualità si è badato alla quantità delle pubblicazioni, lato questo che aveva molto peso nel concorso universitario. [...]

Concludendo quindi si può senz'altro affermare che la scienza e la tecnica per il loro carattere utilitario saranno sempre legate alla politica degli Stati. Perché questo legame non sia dannoso all'umanità, né crei disastri simili a quelli che si sono verificati in meno di un trentennio, è necessario non già che la scienza e la tecnica modifichino la loro natura, ma che gli Stati indirizzino e l'una e l'altra verso finalità socialmente utili. Per raggiungere un tale risultato occorre però che la «politica» si umanizzi, che gli Stati cioè pongano al bando la guerra come mezzo per la soluzione dei conflitti internazionali.

Uno dei principi del marxismo pone la guerra tra le condizioni di vita degli Stati capitalistici, portati da cause economiche all'espansionismo coloniale e quindi all'imperialismo. Per quanto la guerra non sia un male della sola epoca capitalistica il principio marxista è stato confermato dalla politica dei singoli Stati moderni. Se esso avesse un valore di legge naturale, come non si può pensare all'eliminazione della guerra in un avvenire prossimo senza la fine del capitalismo, così non si può immaginare che scienza e tecnica possano essere indirizzate dagli Stati solo verso le mete supreme del benessere dell'umanità. Nel qual caso non resta altra soluzione che un cambiamento sostanziale che elimini le antinomie sociali insite nell'attuale regime capitalistico e instauri un sistema di vita civile fondato sulla democrazia del lavoro.

I chimici italiani, i quali, oltre che alla dittatura politica, che ha condotto al disastro della nazione, hanno assistito anche

a quella non meno deprecabile del predominio di gruppi che in nome del fascismo hanno ridotto la scienza e la tecnica in uno stato di pietosa degenerazione, traggano da questa dura esperienza insegnamento per l'avvenire. Chiamare a raccolta le forze vive non ancora spente tanto nell'ambiente scientifico che in quello industriale, introdurre un sistema di cooperazione tra i tecnici capaci e volenterosi mi pare sia l'imperativo di questo tragico momento. Solo così la chimica italiana potrà cancellare i gravi errori commessi in nome del fascismo e avviarsi verso nuove vie, il cui sbocco naturale sia la ricostruzione del paese e la ripresa di quei rapporti nella vita internazionale che sono la condizione fondamentale per il progresso scientifico.

Michele Giua

Torino, maggio 1945

da *La Chimica e l'Industria*, 1945, 27(11-12), 189



Fig. 2 - Mario Giacomo Levi

L'industria chimica italiana e le possibilità del suo avvenire.

Il 22 novembre 1945 il prof. Mario Giacomo Levi - che nel 1938, era stato allontanato dalla cattedra di chimica industriale del Politecnico di Milano - tornato dalla Svizzera dopo un esilio di due anni, riprendeva le sue lezioni nella grande aula del suo Istituto dinanzi a un pubblico foltissimo, di colleghi, studenti, estimatori, amici che gli fecero una accoglienza veramente commovente.

Prima della lezione, che fu una vera profusione, il direttore del Politecnico, prof. Gino Cassinis, con elevate parole piene di affetto, espresse al prof. Levi il profondo compiacimento

dei professori e degli allievi per avere ancora fra loro il collega e il maestro, al quale porse il benvenuto.

Voglia il prof. Levi accogliere anche il benvenuto e i migliori auguri di ogni bene da La Chimica e l'Industria, che gli è vivamente grata di aver consentito la pubblicazione del discorso da lui pronunciato in tale occasione.

Miei cari vecchi e nuovi Amici,

Nel riprendere la parola didattica dopo 7 anni di forzato silenzio in quest'aula ed in questo Istituto che ho inaugurato 18 anni or sono, che ho amato profondamente e dei quali nel periodo dell'abbandono e dell'esilio ho sentito, crudele la nostalgia, so di trovarmi di fronte ad amici vecchi e nuovi: tutti amici, perché tali mi furono e mi saranno sempre i discepoli e perché io non concepisco la scuola se non come un convegno di amici docenti e discenti: amici e discepoli vecchi, ai quali non mi bastano le parole per esprimere la mia profonda gratitudine per il conforto unanime che da essi mi è venuto negli anni della solitudine e del dolore: da quell'ormai lontano 1938 quando fu contaminato e interrotto per una aberrazione umana un profondo, puro, quasi quarantennale amore fra me e la scuola: amici nuovi, che non mi conoscono ancora, ma con i quali so, per lunga provata esperienza, che fin da oggi si stringe un patto di collaborazione e di affettuosa amicizia. Ritorno in quest'aula più vecchio, ma non stanco, non vinto e non disposto a cedere alla bufera ed alle miserie che imperverano sulla nostra Patria e sul mondo: ritorno temprato dal dolore, dalle angustie vissute e da due anni passati in esilio assieme a tanti di voi nella piccola, grande e libera Svizzera, dove ebbi il conforto di riparlare a discepoli italiani e stranieri di quella scienza e di quelle industrie che mi sono care e di cui non potevo parlare in Italia, vivendo anche nella tristezza dell'attesa ora di pace spirituale ed esaltando di fronte agli stranieri l'opera ed il lavoro degli Italiani.

Oggi la guerra e l'esilio sono finiti, ma la tempesta continua e ad essa bisogna opporre tutte le nostre forze e per questo io ho voluto riprendere il mio insegnamento politecnico con un atto di coraggio e di fede, invitandovi oggi a dare uno sguardo con me al passato dell'industria chimica Italiana ed alle possibilità del suo avvenire: atto di coraggio, perché coraggio ci vuole a parlare di cose che oggi sono sconvolte fino a sembrar moribonde, atto di fede perché io ho la fede e tutti dobbiamo averla che la industria chimica Italiana risorgerà dalle rovine e riprenderà il suo cammino di lavoro, di progresso e di prosperità.

Lo sviluppo dell'industria chimica Italiana.

Lo sviluppo industriale chimico italiano si è iniziato soltan-

to verso la fine del secolo scorso quando già esso era molto notevole in altri paesi Europei come l'Inghilterra, la Germania, la Francia, il Belgio più favoriti da materie prime e da carbon fossile: il vero sviluppo però dell'industria italiana si ebbe soltanto dopo la prima grande guerra che aveva messo in evidenza le nostre gravi deficienze e lacune.

Nel 1906 si contavano in Italia 400 Società esercenti attività chimiche: esse occupavano 125.000 operai e 10.000 impiegati, e rappresentavano globalmente un capitale di circa 2 miliardi di lire calcolate al valore della lira 1938-39; nell'immediato anteguerra, e cioè dopo un trentennio, le cifre erano salite alle seguenti: 1500 Società, 500.000 operai, 50.000 impiegati; il progresso fu continuato anche durante l'ultimo ventennio pur tendendo in alcuni casi a degenerare in forzati e pericolosi sviluppi autarchici.

Il problema e la lacuna fondamentale per l'Italia è sempre stato e sarà sempre quello del carbone e del petrolio, il che equivale a dire il problema del calore e parzialmente dell'energia; se esso non dovesse trovare la sua equa e ragionevole soluzione, sarebbe inutile parlare dell'avvenire: ma la soluzione equa e ragionevole esiste se è vero quello che tutti auspicano e pensano, con quell'umano ottimismo che solo può rendere sopportabile la vita, che dall'immane tragedia che ha travolto il mondo resti una umanità dissanguata, povera e triste, ma migliore, e che, attraverso una collaborazione internazionale fraterna ed onesta, sarà ridata agli individui ed ai popoli la dignità dell'esistenza e la possibilità di una vita veramente civile.

Nel quadro che mi accingo ad esporre tratteggerò soltanto la così detta grande industria chimica e non considero inoltre l'industria metallurgica che per ragioni di stretta correlazione dovrebbe essere trattata insieme con l'industria meccanica, ciò che uscirebbe dai limiti di questa lezione. [...]

[Altri paragrafi della Nota: Carbone e sue utilizzazioni, Petrolio ed industria petrolifera, Industria dello zucchero, Cellulosa e tessili artificiali, Grassi, L'industria dei fertilizzanti (azoto, fosfato e potassio), Sale, Sali sodici].

Considerazioni generali sul problema delle materie prime e sull'organizzazione dell'industria chimica in Italia.

Il quadro nel quale ho cercato di delineare lo sviluppo e la possibilità della grande industria chimica italiana potrà forse sembrare a qualcuno un quadro troppo ottimistico nel senso che, superando, distruzioni, ostacoli e difficoltà; io ammetto in definitiva la necessità e la possibilità di una completa, ripresa e di un ulteriore sviluppo nel campo dell'industria italiana stessa. In verità io ho cercato di essere più realista che ottimista, ma comunque ritengo il mio eventuale ottimi-

simo ragionato e fondato. Fondato anzitutto sul presupposto di una prossima umanità migliore che comprenda l'imprescindibile necessità di una onesta collaborazione tra i popoli, fondato sull'esperienza di un quarantennio di vita vissuta a contatto con l'industria chimica italiana e con le forze vitali di essa, fondato sull'esistenza in Italia di parecchie materie prime adeguate e di forze tecniche di prim'ordine, fondato infine sulla necessità che, attraverso un'oculata ricostruzione, 550.000 operai ed impiegati ritrovino lavoro ed il Paese produttore il suo pane ed i prodotti fondamentali per la sua vita civile.

Nessuno può avere interesse ad impedire che questo avvenga e sono certo che le Nazioni Unite ci aiuteranno in tutto il necessario lavoro di ripresa: i Paesi fortunati possessori di quelle materie prime che a noi mancano, hanno tutto l'interesse a fornircele conquistando per esse i nostri mercati. Ben disse Luigi Einaudi in un articolo che sollevò le ire del fascismo repubblicano, che il problema delle materie prime non esiste: le materie prime sono nella terra dove la natura le ha poste in quantità ingenti e largamente sufficienti ai bisogni umani; non esistono quindi, e se esistono sono solubili problemi naturali di materie prime. È l'uomo che con il suo orgoglio, con la sua avidità, con la sua sete di dominio ha creato rigidi confini politici ed economici trasformando artificialmente fonti, di bene, di pace e di ricchezza in fonti di male, di lotte e di miseria. [...]

Quei pochi e saggi Paesi che hanno saputo costantemente attingere a quelle fonti, che le hanno protette e difese da inquinamenti, imponendosi una sana volontà di pace e di lavoro e desideri ragionevolmente limitati, hanno raggiunto anche senza materie prime un alto livello di benessere e di diffusa agiatezza. Chiunque invece ha tentato nei secoli di inaridire quelle fonti sia, appoggiandosi sulle proprie ricchezze naturali, sia cercando per desiderio di grandezza di appropriarsi o di annientare le ricchezze altrui, avrà potuto per qualche tempo raggiungere un'effimera potenza, ma ha finito poi sempre col precipitare sé ed altri nella miseria e nella rovina.

Se quindi il mondo ritroverà, come deve ritrovare le vie della vera civiltà, non è la deficienza di materie prime che potrà ostacolare a lungo la resurrezione italiana.

E finisco accennando ad un altro problema che si presenta a chiunque si occupi oggi di ricostruzione industriale commerciale: il problema dell'organizzazione dell'industria nel nuovo assetto politico dei popoli.

L'ultimo venticinquennio passato ha visto formarsi e diventare potenti nelle principali nazioni grandi aggruppamenti industriali con miliardi di capitali e di cui i tre principali esempi a noi più vicini e più noti sono la Montecatini, la IG Farbenindustrie in Germania, l'Imperial Chemical Industries (ICI)

in Inghilterra. Mentre non c'è dubbio che questi grandi trusts ed in Italia particolarmente alla Montecatini, è dovuto in gran parte lo sviluppo moderno dell'industria chimica, è altrettanto certo che essi presentano inconvenienti e pericoli e che ad essi gli orientamenti politici dell'Europa di domani saranno per lo meno in parte contrari. [...]

C'è chi afferma che la soluzione potrebbe trovarsi nella così detta "socializzazione delle imprese". Giustamente però è stato fatto osservare che per raggiungere una socializzazione efficace delle grandi imprese industriali bisognerebbe socializzare anche tutte le grandi imprese di attività economica, bancaria, commerciale, di vendita e di consumo e bisognerebbe che tale socializzazione avvenisse in tutti i Paesi che hanno rapporti fra loro: il che presuppone per ora e forse per lungo tempo un mondo irrealista!

Comunque non sono io oggi che devo e posso risolvere un problema che tutte le Nazioni stanno ponendosi e che dovranno possibilmente risolvere in collaborazione tra loro; quello che mi preme attualmente sarebbe di aver sufficientemente dimostrato che, nell'Europa di domani, l'Italia deve anche nel campo chimico riprendere le passate posizioni ricostruendo al più presto la massima parte di quello che è stato distrutto, riattivando i grandi laboratori di ricerca Universitari ed industriali di cui ormai era dotata, riattivando la fede ed il lavoro dei suoi tecnici. Se avremo carbone e petrolio e i mezzi per ricostruire, la nostra industria chimica potrà avere nel mondo quel posto che le spetta, quel posto che a nessun vincitore oculato ed onesto può dare ombra e col quale la nostra Patria potrà contribuire alla propria vita e collaborare tecnicamente al benessere e al progresso dell'umanità.

A noi anziani, cui i pochi anni ancora disponibili rendono ansiosa l'impazienza di rimetterci al lavoro, spetta il compito di consigliare, sull'esperienza del passato e nel caos del presente, le direttive per l'opera immane di ricostruzione e a questo compito desideriamo di collaborare con tutte le nostre forze. Ai più giovani ed ai giovani spetta il compito di darsi subito ad un lavoro, febbrile il più silenzioso possibile, senza soste, senza orari, senza idoli e senza chimere, ma con la piena fede che c'è da fare per tutti in una Patria che ha tanto dato al mondo, che ha tanto sofferto ma che non può morire, perché nonostante i suoi errori, ha ancora e sempre diritto ad una nobile vita. A voi miei giovani amici vorrei con le parole di oggi avere contribuito a preparare lo spirito agli immediati cimenti del pacifico, libero e ricostruttivo lavoro e a rafforzare la fede nell'avvenire vostro, in quello della nostra Patria ed in quello dell'umanità.

Mario Giacomo Levi

Milano, novembre 1945

da *La Chimica e l'Industria*, 1947, 29(12), 299



Fig. 3 - Primo Levi

Il campo di Buna-Monowitz in Alta Slesia

Signor Direttore,

Scopo della presente è di sottoporre alla sua cortese attenzione alcune notizie di carattere tecnico di cui sono venuto a conoscenza nel modo più diretto durante la mia prigionia in Germania.

Ho 28 anni, mi sono laureato in chimica a Torino nel 1941. Sono stato arrestato come partigiano nel dic. '43, indi deportato in un campo di annientamento, di cui non si è molto parlato: Buna-Monowitz, in Alta Slesia. L'intero campo faceva parte di una fabbrica di gomma sintetica (d'onde il nome); di questa precisamente intendo qui parlare.

Non mi risulta che il mondo occidentale abbia notizia di questo fatto: nella zona carbonifera slesiana, 40 km ad ovest di Cracovia, a 12 km del ben più noto centro di Auschwitz, i tedeschi progettarono, e realizzarono quasi per intero, un complesso industriale che copriva una superficie rettangolare di circa 5 per 7 km. Il lavoro di costruzione era stato iniziato nei primi mesi del 1942, ed era già molto avanzato quando, io venni assegnato, in qualità di manovale, ad uno dei settori dell'enorme cantiere. In quel periodo le opere murarie e le strutture in cemento erano quasi ovunque ultimate; si stava importando e montando il macchinario, si procedeva al collaudo delle condutture e tubazioni, si costruivano (con metodi assai peculiari) baracche ausiliarie in legno. Lavoravano nel cantiere 40.000 operai, nella quasi totalità non tedeschi; di essi, 600 erano prigionieri di guerra inglesi e 10.000 erano ebrei di varia origine, rinchiusi di notte nel campo sopra nominato.

Le condizioni dei prigionieri nei campi di annientamento tedeschi

sono ormai abbastanza note (basti dire che solo il 2% degli italiani hanno fatto ritorno), né io sono particolarmente competente nel campo della chimica della gomma: non deve quindi stupire se le notizie tecniche di cui sono a conoscenza sono alquanto frammentarie.

Scopo del centro industriale era la produzione della Buna a partire dal carbone, attraverso la cokificazione, il carburo al calcio, l'acetilene, il butadiene, ed il processo di polimerizzazione per emulsione. Dati quantitativi sulla produzione prevista si possono dedurre dalle dimensioni destinate al magazzino della buna finita (laminata): essa occupava un rettangolo di m 120 per 60, ed era alto sei piani, di cui due interrati.

Sono a conoscenza di molte delle materie prime che dovevano essere impiegate (emulsori, catalizzatori, antinvecchianti, ecc.); ho pure assistito, e spesso partecipato, al montaggio di vari impianti, non sempre comprendendone la funzione. Ignoro, ad es., il perché i tedeschi importassero nel cantiere treni interi di una certa miscela di acidi grassi sintetici, a p. fus. intorno ai 40 °C, che conservavano poi in cisterne. Potrei fornire una pianta d'insieme della fabbrica, abbastanza completa per quanto riguarda il reparto polimerizzazione in cui ho lavorato; ritengo anche interessante la soluzione del problema «sociale» della sistemazione della mano d'opera in campi di concentramento disposti a corona, attigui al cantiere. Oltre alla buna, il complesso avrebbe dovuto produrre (ed in parte già produceva) metanolo, ammoniacca, gas compressi, acido acetico, stirolo, stilbene. La data dell'inizio della produzione di buna era stata fissata al 1° agosto 1944: ma, a partire dal 20 luglio, il cantiere venne sottoposto a bombardamenti alleati, a dire il vero non molto violenti, ed intesi apparentemente piuttosto a paralizzare che a distruggere gli impianti. Come risultato, non un chilogrammo di buna uscì mai dalla fabbrica gigantesca; essa era relativamente poco danneggiata, quando cadde in mani russe, il 27 gennaio 1945. Per le strade del cantiere i tedeschi resistettero vari giorni sanguinosamente. Nulla so del destino successivo della fabbrica di Buna-Monowitz.

Nel novembre '44, e cioè quando ormai già da 9 mesi io lavoravo duramente come manovale in lavori di sterro e di trasporto, ed ero in condizioni di estrema debolezza e denutrizione, fu promossa fra di noi una leva di specialisti: in seguito a questa, fui sottoposto ad un rigoroso esame tecnico da parte di uno degli ingegneri chimici della Buna, e poco dopo fui assunto come analista in uno dei laboratori di controllo della produzione (nonostante ciò, la razione alimentare, di 1550 calorie giornaliere, non mi venne mai aumentata). Potei così lavorare al coperto e al caldo nei mesi rigidissimi dell'inverno '44-'45, e debbo a questo di aver potuto resistere alle malattie e sopravvivere.

Dott. Primo Levi

Torino, novembre 1947



Specialists in gaskets

TEXPACK®

Richiedete il nuovo catalogo generale al nostro Customer Service

Texpack® srl - unipersonale

Azienda certificata UNI EN ISO 9001: 2008

Via Galileo Galilei, 24 - 25030 Adro (BS) Italia

Tel. +39 030 7480168 - Fax +39 030 7480201

info@texpack.it - www.texpack.it





CENTO ANNI DI COMBUSTIBILI FOSSILI. E POI?

MARIO MARCHIONNA
 MARIO.MARCHIONNA@SAIPEM.COM

I combustibili fossili hanno fornito negli ultimi 100 anni più dell'80% del consumo di energia. Il successo che il petrolio ha avuto non è dovuto solo alla grande disponibilità e relativamente basso costo ma anche alla facilità con cui vettori energetici liquidi possono essere trasportati, immagazzinati e distribuiti per l'uso finale. Proiettandosi verso il 2050, le rinnovabili saranno la fonte energetica con la maggior crescita ma il petrolio e il gas rimarranno componenti cruciali.

24

GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE

1919 - N. 1

Il problema del combustibile industriale

In una rassegna, pubblicata nel 1915, in una Rivista tecnica italiana (1), io cercai di riassumere le ripercussioni che il conflitto europeo andava portando alle industrie per le difficoltà di approvvigionamento dei combustibili. Nell'iniziare in questa nuova Rivista una serie di articoli che valgano a compendiare quanto nel campo scientifico, ed in quello tecnico, si va compiendo per una migliore conoscenza ed un più proficuo sfruttamento dei combustibili industriali, credo opportuno riallacciarmi alle considerazioni allora svolte e considerare anzitutto, in tutta la sua gravità e vastità, il problema del combustibile per le industrie, specialmente italiane, come si è venuto mano mano presentando in seguito allo svilupparsi del conflitto mondiale ed alla soluzione di questo.

Fino dalle prime fasi del dramma sanguinoso si delineava il fatto che, per lo svolgimento della attività industriale della nostra nazione, il problema più grave doveva essere quello del rifornimento del combustibile.

Ricordo come la produzione mondiale fosse calcolata nel 1903 in 800 milioni di tonni ed in un miliardo circa nel 1908.

Nel 1913, la produzione mondiale annua dei carboni fossili, si valutava in un miliardo e 250 milioni di tonnellate circa, così suddiviso fra i maggiori centri di estrazione:

Stati Uniti	562,6 milioni Tonn.	= 45,0	%	della produzione globale
Gran Bretagna	287,4	= 23,0	%	" " " " " "
Germania	191,5	= 15,3	%	" " " " " "
		83,3	%	
Francia	40,1	= 3,2	%	" " " " " "
Belgio	22,8	= 1,8	%	" " " " " "
Russia	28,8	= 2,3	%	" " " " " "
Possedimenti inglesi	56,—	= 2,3	%	" " " " " "
Altri paesi	66,8	= 5,4	½	" " " " " "

L'Austria-Ungheria entrava nella produzione per circa 15 milioni di tonni.

Tutti i paesi surricordati vennero presto o tardi travolti sul turbine della guerra, qualcuno vide svolgersi la guerra stessa sopra o nelle immediate vicinanze dei territori carboniferi, mentre contemporaneamente si rendeva sempre più difficile il traffico marittimo, diradava la mano d'opera impiegata nel lavoro di estrazione ed andava pure diminuendo la quantità di fossile estratto per unità di tempo e di operario utilizzato nelle miniere.

Per quanto gli avvenimenti svoltisi sieno assai recenti, pure credo opportuno riandare anzitutto lo svolgersi dell'approvvigionamento dei combustibili fossili nell'ultimo biennio di guerra, non tanto per ripetere ancora una volta ciò che la memoria ricorda, quanto perché gli errori commessi (in parte per la inevitabile inesperienza) possano servire alla ricerca di quella «*diritta via*» che i bisogni imprescindibili di tutte le nostre industrie e della vita stessa della nostra nazione, richiedono per il futuro.

(1) Annali di Chimica Applicata V. 4, n. 2 (1915).

25

GIORNALE DI CHIMICA INDUSTRIALE

1919 - N. 2

Il problema del combustibile industriale

(Continuazione - vedi pag. 24-25, numero precedente)

Fra i problemi che sono stati prospettati in Italia durante la guerra, per il rifornimento dei combustibili necessari alle nostre industrie, è da ricordare quello della possibilità di trovare nel nostro paese del «*carbonifero produttivo*» capace di fornire del li-tantrace (1).

Mentre potenti Società stanno eseguendo metodiche ricerche, in regioni dell'Appennino, allo scopo di trovarvi giacimenti petroliferi, alcuni ingegneri di miniere vanno prospettando la opportunità che, previ opportuni studi, si eseguiscono nei punti che si riterranno più adatti dei sondaggi profondi fino verso i 1500 o i 2000 metri allo scopo riconoscere se esistano nel nostro paese bacini carboniferi sfruttabili.

In Italia il terreno carbonifero emerge si può dire solo nelle Alpi occidentali ed in un piccolissimo tratto della Sardegna; nelle prime zone esso è caratterizzato da numerose lenti distorte ed irregolarissime di antraciti di cattiva qualità e da qualche lente di buon materiale grafítico (2) nella seconda e precisamente a Serrì, esiste pure un piccolo bacino antracitifero.

Nel Piemonte si è prospettata l'ipotesi che il carbonifero si possa sviluppare sotto la pianura fra il Chisone, il Po e la Rocca di Cavour, ma si crede che raggiungendo, con sondaggi più o meno profondi la parte della zona grafítica sprofondata, si potrà incontrare tutt'al più qualche lente di grafite non più ricca né meno contorta di quelle che si coltivano con discreto successo nella regione montuosa che sta a ponente ed a settentrione. Così credesi debba avvenire lungo il piede delle Alpi Marittime (fra Boves e Mondovì).

Per gli altri giacimenti carboniferi, nessun banco di carbone sfruttabile è noto nel Carbonifero delle Alpi Carniche, dove in qualche punto alcune lenti di antracite grafítica dettero luogo a ricerche tosto abbandonate. Nessun banco di carbone coltivabile si incontrò neppure nel carbonifero delle Alpi Giulie né in quello delle Alpi Dinariche, mentre in Bosnia ed Erzegovina, in qualche punto è stato scoperto un sottilissimo strato di carbone avente la proprietà del «*boghead*» in mezzo a schisti bituminosi con piante fossili: il tutto però di puro interesse scientifico.

Qualche ricchezza in carbone, quantunque non si posseggano dati precisi pare esista in vari punti del Carbonifero del Montenegro centrale presso Nikchische, nel distretto di Berana, presso la frontiera albanese e nell'alta valle del Lim.

Mediante perforazioni furono pure trovati banchi di combustibili di una discreta potenza in alcuni punti del Carbonifero della Serbia.

Alcuni geologi ritengono possibile e forse anche probabile che l'Appennino e le Alpi dinariche, che avrebbero avuto una storia geologica tanto diversa dopo il periodo carbonifero, l'abbiamo invece avuta analoga anteriormente al Permiano e che quindi possa esistere una continuità sotterranea fra i piccoli affioramenti di carbonifero dell'Elba e di Jano con quelli delle Alpi Venete e Dinariche, della Bosnia Erzegovina e del Montenegro.

Le prospettive sulla produttività dell'ipotetico continuo bacino carbonifero delle Dinariche, il quale dovrebbe estendersi sotto l'affossamento adriatico-padano, non sarebbero però molto incoraggianti.

(1) *La Miniera Italiana* 2, 70 e 81 (1918).
 (2) Val Chisone (Pinerolo).

Le prime pagine degli articoli pubblicati nel 1919 da Meneghini su *La Chimica e l'Industria*

Premessa

Come il Meneghini riportava cento anni fa, “il problema del combustibile industriale è da affrontare in tutta la sua gravità e vastità” [1, 2]: la Prima Guerra Mondiale appena terminata certamente rendeva ancora più esasperato tale problema, ma questo è un aspetto centrale che ha un impatto rilevante sulla sostenibilità economica e ambientale della vita di tutti i giorni.

Nel presente articolo, si cercherà di affrontare il “problema” alla radice cercando di cogliere il filo che collega le diverse fonti energetiche rispetto agli impieghi finali dei “combustibili” e ai relativi impatti sull’ambiente per capire quanto sia complessa la risoluzione di tutti gli aspetti correlati.

I vettori energetici

I moderni sistemi economici dipendono in misura sempre crescente dalla disponibilità di energia, non solo per ogni necessità di funzionamento ma soprattutto per le proprie esigenze di sviluppo. Le diverse forme di energia non sono tra di loro equivalenti poiché si differenziano per la disponibilità, l’economicità, la fruibilità, l’efficienza rispetto all’uso finale e l’impatto sull’ambiente, sia in termini di inquinamento locale che di impatto globale sul clima; questi sono gli aspetti più importanti perché lo scopo di impiegare una forma energetica piuttosto che un’altra è proprio quello di soddisfare nella maniera migliore possibile tutte le necessità... e non è certo facile trovare un compromesso che soddisfi tutti i criteri.

Fra le diverse fonti energetiche disponibili (fonti fossili come il petrolio, il gas naturale, il carbone, l’energia nucleare fissile, fonti rinnovabili come l’energia solare, eolica, idrica...) nessuna è capace di soddisfare, tal quale, le necessità energetiche della società, strettamente correlate ai principali mercati corrispondenti: usi industriali, usi civili quali il mercato della fornitura di calore (o di frigoriferi), quello della mobilità e dei trasporti, quello dell’agricoltura e quello dei servizi accessori (meccanici, elettronici...). Per soddisfare tale necessità, è in genere necessario introdurre delle forme di energia che possano garantire un miglior collegamento tra le fonti stesse ed il particolare utilizzo desiderato: è proprio in quest’ambito che i

“vettori energetici” esplicano il loro ruolo peculiare. Per definizione, il *vettore energetico* è una sostanza trasportabile che possa rilasciare energia quando richiesta. Di fatto, è una forma di energia secondaria che permette di sfruttare meglio l’energia primaria in relazione alle necessità dell’utente finale (Fig. 1) [3].

In alcuni casi la fonte primaria è sufficientemente versatile: ad esempio, il gas naturale (metano)^a è capace di riscaldare le case, di fornire energia per le industrie, di alimentare autoveicoli..., ma non è sempre la forma di energia più idonea per ogni fine (ad esempio non viene impiegato nell’aviazione ed ha solo una minima percentuale di impiego nell’autotrazione).

Una volta introdotto il concetto di vettore, si individueranno ora le diverse fasi che sono coinvolte dalla generazione dello stesso all’uso finale. In Fig. 2 vengono descritte le operazioni fondamentali:

- generazione del vettore a partire dalla fonte primaria;
- trasporto del vettore;
- stoccaggio/immagazzinamento del vettore (quando richiesto);
- distribuzione del vettore;
- impiego finale (con conseguente impatto sull’am-

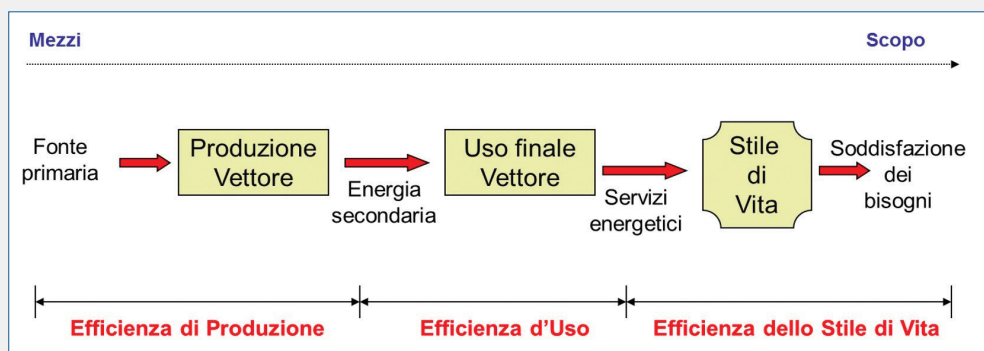


Fig. 1 - Dalle fonti primarie ai servizi energetici

^aIn realtà, si deve osservare che per ottenere il comune metano è necessario uno stadio di trattamento del gas naturale per impoverirlo sia di anidride carbonica, di azoto, di idrogeno solforato, sia degli idrocarburi superiori, i cosiddetti liquidi da gas naturale. Sarebbe quindi più corretto considerare il gas naturale come fonte energetica mentre il metano, commercialmente impiegato, dovrebbe essere considerato un vettore energetico (anche se tale distinzione è forse troppo fine).

biente, sia in termini locali sotto forma di emissioni, sia in termini globali di efficienza della conservazione dell'energia contenuta nella fonte primaria su tutto il ciclo di trasformazione e di impatto sul clima).

Non necessariamente, le operazioni sono nello stesso ordine riportato; ad esempio lo stoccaggio potrebbe anche precedere il trasporto oppure potrebbe essere realizzato in corrispondenza dell'uso finale (ad esempio, serbatoi di gas, idrogeno... per l'autotrazione) o entrambi i casi.

La connessione delle fonti energetiche al mercato comporta quindi scelte tecnologiche e strategiche, sia sul fronte dei processi per ottenere i vettori stessi, sia su quello della logistica che sugli usi finali. Al proposito, si possono fare alcune brevi riflessioni:

- i vettori si distinguono per la forma fisica: gassosa per metano e idrogeno, gas liquefatto per GPL^b, liquida per tutti i derivati del petrolio, per gli alcoli e per il biodiesel, solida per carbone e legna, meno facilmente definibile per l'energia elettrica;
- tra le fonti fossili, il petrolio non ha praticamente alcun uso diretto e viene convertito in raffineria nei diversi vettori liquidi che alimentano una buona parte degli usi finali. Tali derivati vengono trasportati per nave, condotte o autobotti, sono facilmente immagazzinati in serbatoi e vengono distribuiti per l'uso finale in maniera molto semplice. I vettori petroliferi sono disegnati, e conseguentemente prodotti, per usi ben definiti: ad esempio, l'autotrazione è dominata da benzina e gasolio diesel, l'aviotrazione dal *jet fuel* e così via.

Queste brevi considerazioni, collegate alla catena di produzione, trasporto ed impiego del vettore energetico fanno immediatamente capire come la fortuna che il petrolio ha avuto come fonte energetica negli ultimi cento anni non è da attribuirsi solo alla sua elevata disponibilità e relativa economicità ma anche, e forse soprattutto, alla facilità con cui i derivati idrocarburici liquidi possono essere trasportati, immagazzinati e distribuiti all'uso finale.

Da un punto di vista puramente teorico, un vettore



Fig. 2 - Ciclo di vita del vettore energetico

energetico ideale potrebbe essere rappresentato da un liquido relativamente altobollente (sopra gli 80 °C) e bassofondente (sotto i -40 °C) [4]; tali vettori rimarrebbero liquidi in ogni condizione climatica e a diverse altitudini. Di fatto, la benzina e in buona parte il gasolio diesel sono eccellenti conferme di questa teoria; le loro proprietà fisiche sono quasi ideali per applicazioni nel campo della mobilità perché ottimizzano tutte le fasi a valle della produzione del vettore energetico: dal trasporto, allo stoccaggio fino all'uso finale.

Inoltre, lo stato liquido permette di ottimizzare la densità energetica per unità di volume offrendo dei vantaggi enormi sullo stoccaggio e sulla distribuzione del vettore. A puro titolo di esempio, la maggiore densità energetica dei vettori petroliferi (~45 MJ/kg) rispetto alle attuali batterie (0,5-0,7 MJ/kg) comporta che per portare la stessa quantità stoccata di energia occorre dedicare un peso di 100 volte superiore a quello derivante da petrolio.

Queste osservazioni non devono affatto considerarsi come conclusive, altrimenti non si spiegherebbe il grande successo che incontrano il gas naturale e ancor di più l'energia elettrica, il rappresentante prospetticamente più rilevante dei vettori energetici. Ancora più importanti gli aspetti di tipo ambientale, soprattutto negli ultimi dieci anni risulta chiaro che l'effetto clima-alterante che le fonti fossili, e i relativi vettori, provocano dovrà essere efficacemente contrastato [5].

Nel prosieguo vengono brevemente trattati alcuni vettori, convenzionali come l'energia elettrica e i bio-carburanti, meno affermati ma di interesse potenziale nel medio-lungo termine come l'idrogeno.

^bI vettori liquefatti (GPL) possono essere particolarmente utili per un impiego in paesi in via di sviluppo dove non esiste un'adeguata rete di distribuzione.

Vettori energetici convenzionali e potenziali

Energia elettrica

L'energia elettrica (e.e.) non è una fonte primaria ma è una "forma" energetica estremamente flessibile ed efficace nel soddisfare le necessità dell'utente finale. La sua domanda continuerà a crescere nei prossimi anni, sia nei paesi industrializzati sia nei paesi in via di sviluppo, a tassi elevati. È il vettore energetico più desiderato dal pubblico perché è sinonimo di progresso e di basse emissioni (almeno nell'uso finale) ed è verosimile che nel lungo termine progressivamente sostituirà i vettori da fonti fossile, anche nel campo del trasporto. Può essere ottenuta, sia su grande scala che su piccola scala, da fonti fossili (specialmente carbone e gas naturale), da fonti fissili (energia nucleare) e da fonti rinnovabili (idroelettrico, eolico, solare fotovoltaico); presenta quindi il grande pregio di poter essere prodotta dalla massima varietà di fonti. Per quanto riguarda il suo trasporto, lo sviluppo tecnologico del mercato elettrico dipende anche dall'implementazione di avanzate tecnologie di trasmissione elettrica, già oggi indispensabili per soddisfare la crescita della domanda dei mercati liberalizzati. Simili considerazioni si possono applicare alla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Al contrario del trasporto, che è consolidato ed efficiente, lo stoccaggio dell'energia elettrica rappresenta il punto più debole di questo vettore energetico. Su grande scala, l'energia elettrica, una volta raggiunta l'utenza di destinazione, deve essere immediatamente consumata. Questo non significa affatto che non esistano sistemi di stoccaggio: vi sono diverse tecnologie che coprono un'ampia gamma di applicazioni, da quelle in grado di sopperire entro frazioni di secondo alle variazioni/interruzioni di elettricità a quelle che consentono di gestire la fornitura elettrica in funzione della domanda di mercato.

I sistemi di accumulo/stoccaggio sono utili per essere abbinati a fonti rinnovabili (come il fotovoltaico e l'eolico) al fine di mitigarne le caratteristiche di intermittenza nonché di assicurare il recupero dell'energia elettrica prodotta durante periodi caratterizzati da bassa domanda. Non sono però ancora sufficientemente economici, soprattutto su grande scala; ogni piccolo miglioramento in questo campo potrebbe consentire un allargamento dell'impiego ben oltre quello che ci si può ora immaginare. L'unica energia di tipo rinnovabile che ha risolto commercialmente questo problema è quella idroelettrica poiché il sistema di ripompaggio

dell'acqua in bacini idroelettrici è largamente diffuso ed impiegato anche per generare elevate potenze.

Gli usi dell'e.e. sono molteplici ed anche su scale molto diverse; permette inoltre il trasferimento, l'immagazzinamento e l'elaborazione dell'informazione, capacità che la rende del tutto unica tra i vettori. L'impatto locale sull'ambiente è in genere molto positivo non dando luogo, a differenza di altri vettori, ad alcuna emissione locale inquinante. L'impatto sul clima dipende dalla fonte di partenza, alto nel caso del carbone, basso nel caso delle rinnovabili (sarebbe nullo, ma essendo intermittenti sono spesso accoppiate a generazione di energia da gas naturale che funge da back-up).

La prospettiva di elettrificare quasi interamente i consumi, impiegando le rinnovabili come fonti, è un obiettivo certamente virtuoso e da perseguire; per avere successo dovrà però superare due sfide:

- l'elettrificazione dei consumi finali;
 - la continuità della produzione di energia eolica e solare.
- Attualmente, a livello di consumo finale, la combustione di derivati fossili regna ancora sovrana; dalle molecole si genera oggi [6]:
- il 99% del fabbisogno di trasporto terrestre, marino e aereo;
 - la quasi totalità dei consumi delle attività di costruzione e di *feedstock* industriale (es. il petrolio nella petrolchimica);
 - il 60-65% degli usi domestici e di quelli industriali (la rimanente quota è elettrificata, ma gran parte dell'elettricità stessa è a sua volta prodotta bruciando combustibili fossili).

Biocarburanti liquidi

I biocarburanti sono idrocarburi liquidi (almeno in questa sede ci si limiterà a questi) che vengono ottenuti dalla lavorazione di materie prime vegetali. Vi è interesse verso questi carburanti perché da una parte possono permettere, derivando da fonti rinnovabili, di avere una minor produzione netta di anidride carbonica per energia spesa (anche se questo non è sempre il caso) e dall'altra permettono una sostituzione, almeno parziale, dei derivati del petrolio.

I principali biocarburanti sono l'etanolo (o il suo derivato Etil-Ter-Butil Etere, ETBE, omologo del derivato metilico MTBE), impiegato come additivo per benzina ed il biodiesel impiegato come additivo per gasolio. La natura liquida di questi prodotti fa sì che possano essere facilmente trasportati e immagazzinati (anche se

l'etanolo necessita di una rete di distribuzione indipendente a causa delle sue proprietà idrofile); se impiegati come additivi in percentuali non troppo elevate ($\leq 5-15\%$ vol.), non si hanno in genere particolari problemi nell'impiego negli usuali motori a combustione interna. L'etanolo è stato ed è attualmente utilizzato come carburante per autotrazione per motori a scoppio specialmente in Brasile (veicoli alimentati a benzina con etanolo o anche solo etanolo), mentre in USA viene impiegato come componente antidetonante in percentuali fino al 10-15% (27 MTPY nel 2016) [7].

Il biodiesel è prodotto a partire da oli vegetali (di colza e di palma), dagli oli di scarto e dal grasso animale, tutti appartenenti alla famiglia dei lipidi e contenenti una struttura molecolare di un trigliceride, in genere un triestere del glicerolo con acidi grassi a lunga catena alchilica. Dopo una fase di lavorazione della biomassa, l'olio viene trans-esterificato con metanolo per produrre glicerina e il trimetil-estere derivante dalla materia oleosa, che costituisce il biodiesel. Le sue caratteristiche sono tali che presenta proprietà simili a quelle del gasolio anche se ne possiede solo il 90% del potere calorifico, è però più facilmente biodegradabile.

Nel passato le biomasse, di ogni natura, sono sempre state impiegate per produrre energia termica od elettrica; di recente sono stati proposti diversi approcci per trasformarle in liquidi di interesse per il mercato dei carburanti (oltre ai già citati etanolo e biodiesel). Esistono sostanzialmente due approcci, uno diretto ed uno indiretto per trasformare le biomasse in liquidi:

- in quello *diretto*, le biomasse, spesso dopo trattamento, sono alimentate ad un tipico impianto di raffineria, dedicato o in co-processing con cariche di natura petrolifera;
- in quello *indiretto*, le biomasse sono gasificate per produrre gas di sintesi, il quale può essere poi convertito a liquidi da Fischer-Tropsch, a metanolo (o dimetil-etero) e a idrogeno.

L'approccio diretto è più semplice e ha il grande pregio di fornire un prodotto sostanzialmente indistinguibile dal prodotto petrolifero; nel caso dell'idrogenazione di oli grassi, il prodotto può essere di altissima qualità con numeri di cetano fino a 90 e questo ha spinto a realizzare bio-raffinerie dedicate come nel caso di Neste in Finlandia e a Singapore, di Eni in Italia e di Total in Francia. L'approccio indiretto è invece più complesso perché richiede processi intensivi e ad alto costo di investimento come la gasifica-

zione e la successiva conversione del gas di sintesi. La produzione mondiale di biodiesel ammonta a più di 400 migliaia di barili/giorno nel 2017 [8].

Non si deve però trascurare che un massivo sviluppo dei biocarburanti implica uno sfruttamento intensivo, soprattutto per il biodiesel, di terreni di coltivazione sottraendo gli stessi al tipico uso agricolo pro alimentazione: in questo caso il vettore *biofuel* compete con il vettore cibo. Proprio per evitare questo rilevante problema sono in via di sviluppo biocarburanti di seconda (o di terza) generazione [9], dove la biomassa impiegata (spesso scarti di lavorazione) non compete con l'impiego per la alimentazione; il relativo costo di trasformazione è però ancora elevato.

Idrogeno

Dall'inizio di questo secolo, l'idrogeno è stato posto al centro dell'attenzione dell'opinione pubblica come possibile stella polare di un nuovo futuro energetico. Le ragioni di tale attesa sono sicuramente ascrivibili al fatto che il ricorso alle fonti fossili è individuato come una delle principali cause di inquinamento dell'ambiente, su scala sia globale che locale (...e con l'assunzione che questo non sia rimediabile o mitigabile), mentre l'idrogeno ("*se usato produce solo acqua*") può essere percepito come la soluzione definitiva per affrancarci dalle fonti fossili e dall'economia "al carbonio". Inoltre, l'idrogeno, il cui stoccaggio è, almeno in linea di principio, più semplice di quello dell'energia elettrica, potrebbe rappresentare una soluzione per il problema dell'intermittenza con cui l'energia elettrica è generata dalle fonti rinnovabili: si produce idrogeno da queste fonti e poi lo si può trasformare in energia elettrica quando lo si desidera.

Da una parte, l'idrogeno è assai abbondante in natura ma non è mai presente allo stato libero bensì in forma combinata e in molecole molto stabili come acqua, metano, idrocarburi superiori...: non è una fonte, è il classico vettore energetico che si deve produrre spendendo energia proveniente da fonti primarie, per estrarlo da queste molecole. Tra i vantaggi principali sono da ricordare la combustione assai pulita (al massimo solo qualche emissione di NO_x) ed il fatto di essere l'unico (insieme a metanolo ed etanolo) carburante diretto per le celle a combustibile, dispositivo energetico estremamente efficiente che permette di ottenere emissioni nulle e rendimenti energetici tali da compensare parzialmente l'energia spesa nello stadio di generazione

del vettore; l'altra grande prerogativa dell'idrogeno è la sua elevata versatilità di utilizzo sia per la produzione centralizzata o distribuita di energia elettrica che nel campo della mobilità (sia per autovetture a combustione interna che a *fuel cell*), che potenzialmente per usi civili e/o industriali.

Oltre ai costi ancora molto elevati, quando prodotto da fonti rinnovabili, l'altro punto debole è rappresentato dallo stoccaggio che presenta qualche problema in meno rispetto all'energia elettrica (vettore spesso in competizione diretta con l'idrogeno) ma necessita ancora di molto sviluppo per renderlo più fruibile su larga scala.

“Il problema del combustibile”: evoluzione storica e prospettive future

Ci siamo concentrati su alcune opzioni alternative all'impiego di combustibili fossili ma se si osserva la situazione di consumo corrente non si può non osservare un quadro assai consolidato: prendendo gli Stati Uniti come mercato di riferimento, puntuale ma estremamente significativo, i combustibili fossili hanno fornito più dell'80% degli interi consumi energetici per almeno 100 anni. Riferendoci a uno studio EIA [10], a partire dal 1928, quando il consumo di gas naturale superò quello delle biomasse, i tre combustibili fossili - petrolio, carbone e gas naturale - sono stati i principali combustibili consumati negli USA. Nel 2016, tali fonti energetiche rappresentavano l'81% del totale consumo energetico (Fig. 3), il più basso valore negli ultimi 100 anni.

In tale anno infatti il contributo delle energie rinnovabili negli USA è salito al 10,5%, il più alto valore a partire dagli anni Trenta, quando il consumo di energia era molto più basso e la quantità di biomassa consumata (soprattutto legno) relativamente alta. La grande crescita delle rinnovabili nell'ultimo decennio è stata nella generazione di energia elettrica da eolico e solare. Il consumo di biocombustibili liquidi - metà del quale è dovuto all'etanolo miscelato alla benzina - è anch'esso significativamente aumentato contribuendo, almeno negli USA, al contributo crescente di rinnovabili nel consumo totale di energia.

In aggiunta a quanto descritto, il

declino nell'impiego di combustibili fossili è principalmente attribuibile al diminuito consumo di carbone, sceso del 9% nel 2016, dopo un'altra discesa del 14% nel 2015. Complessivamente il consumo di carbone è diminuito del 38% a partire dal 2005.

Il petrolio, che copre tutti i combustibili per la mobilità e altri usi residenziali, industriali e commerciali, rimane la principale fonte di energia negli USA, crescendo continuamente negli ultimi 5 anni.

Il consumo di gas naturale è cresciuto continuamente e significativamente negli ultimi 10 anni; nel 2006 il consumo di carbone era maggiore di quello del gas (in termini di energia equivalente) ma soprattutto la crescita dell'impiego del gas nella generazione elettrica (in sostituzione del carbone) ha fatto sì che nel 2016 il consumo di gas fosse circa doppio rispetto a quello del carbone, contribuendo anche a una significativa e molto importante riduzione delle emissioni di CO₂ [11]. Questo dato conferma come il gas naturale possa essere un'efficace fonte di transizione per accompagnare, soprattutto nel breve-medio termine, una decarbonizzazione sempre più spinta (a questo si somma anche il fatto che il gas è la forma più comune di back-up alle fonti rinnovabili intermittenti).

In Europa la percentuale di rinnovabili è forse un po' superiore (per la generazione elettrica, ma non per i biocombustibili) però non esistono differenze radicali; l'esempio americano può essere estrapolato a una figura mondiale (con l'eccezione di un meno pronunciato *switch* da carbone a gas naturale, che è tipico della situazione americana).

Sebbene in prospettiva le rinnovabili diventeranno (e in parte già lo sono) la fonte energetica con il più alto

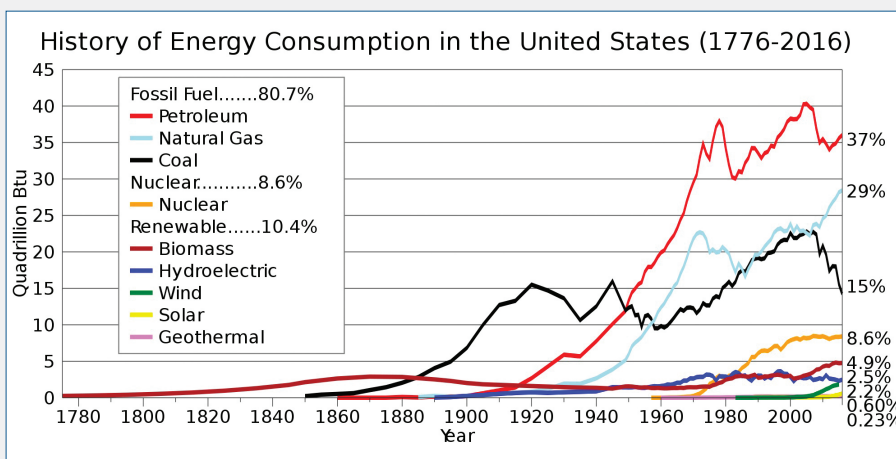


Fig. 3 - Consumo di energia negli Stati Uniti dal 1776 al 2016 (fonte EIA, 2017)



tasso di crescita per la generazione elettrica [12], è verosimile che i combustibili fossili giocheranno ancora un ruolo importante almeno fino al 2040-2050. Questo è dovuto al sempre crescente bisogno di energia su scala mondiale, alla loro superiore intensità energetica e anche ai numeri estremamente elevati e resilienti che sottolineano l'esposizione del pianeta alle fonti fossili (>80% del consumo energetico).

Verosimilmente, il relativo mix però cambierà; prendiamo a puro titolo di esempio un recente studio di McKinsey per capirne le principali tendenze non tanto i singoli valori numerici [13]:

- il gas naturale, che ha una minore intensità di carbonio rispetto al carbone e al petrolio, continuerà a crescere rapidamente mentre la domanda globale di carbone raggiungerà un picco fra il 2020 e il 2025. La forte crescita dei consumi di gas è anche dovuta alla produzione continuamente crescente, in particolare quella derivante da *shale gas* [14];
- la crescita negli impieghi del petrolio, che sono dominati dal trasporto e dalla petrolchimica (differentemente dalle altre fonti che producono soprattutto energia elettrica), rallenterà a causa di una sempre maggior efficienza nei consumi [15] e di una maggior penetrazione dei veicoli elettrici, spinta anche da nuove regolazioni ambientali che potrebbero proibire l'uso di benzina e diesel nei centri urbani [16]. Nel caso del petrolio il picco potrebbe essere intorno al 2030, il suo declino sarà però molto lento perché la penetrazione dei veicoli elettrici si scontrerà con il tempo necessario per il rinnovo della flotta mondiale di veicoli leggeri, inoltre è presumibile che l'impatto sui veicoli pesanti sarà molto minore [17];
- la ricerca di McKinsey stima che, per la sola generazione elettrica, entro il 2050 il carbone scenderà a

una percentuale globale del 16% (ora è del 41%) e i combustibili fossili nel complesso al 38% (ora 66%), con un contestuale aumento delle rinnovabili.

In conclusione, le fonti rinnovabili, e l'energia elettrica come loro vettore, diventeranno sempre più rilevanti, i combustibili fossili rimarranno ancora a lungo ma al contempo dovranno essere ulteriormente ridotti i loro effetti indesiderati con l'implementazione di sistemi atti a ridurre le emissioni di CO₂ come, ad esempio, la *Carbon Capture & Storage* (CCS) [5, 12]. Il petrolio sarà meno totalizzante per la mobilità e sarà sempre centrale per la petrolchimica [18], ma anche in questo campo saranno da superare altri problemi, ad esempio quelli relativi al riciclo delle plastiche... sottolineando una volta di più la complessità della materia (...“il problema del combustibile”).

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Meneghini, *La Chimica e l'Industria*, 1919, **1**, 24.
- [2] D. Meneghini, *La Chimica e l'Industria*, 1919, **2**, 56.
- [3] M. Marchionna, in *Enciclopedia degli Idrocarburi*, ed. Treccani, 3^a Ed., 2007, **4.1**, 301.
- [4] U. Bossel, B. Eliasson, G. Taylor, Lucerne Fuel Cell Forum, 2003, 30 June - 4 July, Luzern (CH).
- [5] **M. Marchionna, *La Chimica e l'Industria*, 2012, 94(6), 100.**
- [6] F. Gattei, *We*, 2018, **41**, 88.
- [7] M. Di Girolamo, M. Brianti, M. Marchionna, *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2017, DOI: **10.1002/14356007.a18_037.pub3**.
- [8] World Biodiesel Production by Country, United States Energy Information Administration (EIA), 2017.
- [9] K. Araùjo, D. Mahajan, R. Kerr, M. da Silva, *Agriculture*, 2017, **7**, 32.
- [10] *Hydrocarbon Processing online*, 2017, July 3.
- [11] *Hydrocarbon Processing online*, 2017, April 10.
- [12] *BP Energy Outlook 2019*, **www.bp.com**.
- [13] S. Nyquist, in McKinsey & Company Report, November 2016.
- [14] M. Marchionna, EPJ Web of Conferences, 2018, **189**, 25.
- [15] *Hydrocarbon Processing online*, May 23, 2017.
- [16] *Hydrocarbon Processing online*, July 6, 2017.
- [17] *Hydrocarbon Processing online*, July 3, 2017.
- [18] A.H. Tullo, *Chem. Eng. News*, 2019, **97(8)**, 26.

L'evento italiano sulla Cogenerazione

mCTER Cogenerazione

Dopo l'eccezionale successo del 2018, torna a Milano la mostra convegno sulla cogenerazione industriale e civile. Il target di riferimento è composto da progettisti, ingegneri, impiantisti, responsabili tecnici, manager, utilizzatori di energia e calore dall'industria, dal terziario e dai servizi.

Il programma prevede:

- ✓ quattro sessioni plenarie in contemporanea
- ✓ una parte espositiva con più di cento aziende partecipanti
- ✓ workshop, seminari, corsi di formazione
- ✓ coffee-break e buffet offerti dagli sponsor
- ✓ in esclusiva gratuitamente tutti i contenuti in PDF

27 giugno 2019

Crowne Plaza Hotel - San Donato Milanese (MI)

Sponsored by



centrica
Business Solutions



TONISSIPOWER
La punta di una Energia Vivente

Supported by



Organizzato da

EIOm

Partner ufficiale



Registrazione gratuita per gli operatori professionali



23

edizioni di successo



1.000

operatori previsti



+100

aziende rappresentate



4

convegni plenari



+20

workshop



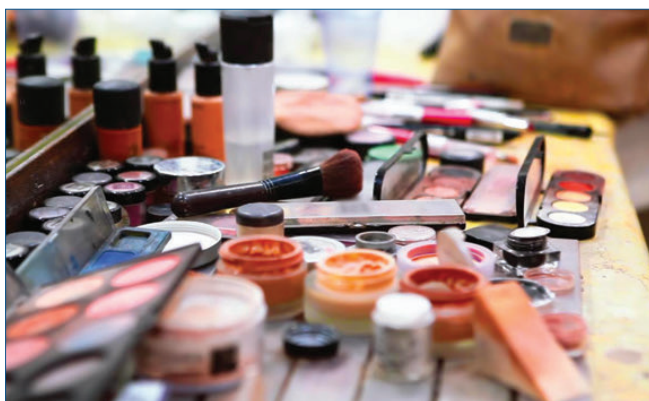
www.mcter.com/cogenerazione_milano

STEFANO MANFREDINI, SILVIA VERTUANI, SABRINA SCIABICA^A
MASTER IN SCIENZA E TECNOLOGIE COSMETICHE (COSMAST)
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA E BIOTECNOLOGIE
FACOLTÀ DI MEDICINA, FARMACIA E PREVENZIONE
^APHD FELLOWSHIP, ISTITUTO GANASSINI, MILANO
UNIVERSITÀ DI FERRARA
SMANFRED@UNIFE.IT



QUANDO SI PENSA ALLA COSMETOLOGIA

Quando si pensa alla cosmetologia, probabilmente si pensa al make-up, ai profumi e all'estetica. Quando si pensa alla chimica raramente si pensa alla cosmetologia. Le due scienze sono più strettamente collegate di quanto si possa pensare e hanno un impatto economico di assoluto rilievo per il nostro Paese.



L'indagine congiunturale, presentata da Cosmetica Italia (Associazione delle aziende cosmetiche appartenente a Federchimica e quindi a Confindustria) il 7 febbraio presso la Sala Convegni Intesa Sanpaolo, segnala i dati preconsuntivi del secondo semestre 2018 e le previsioni per i primi sei mesi 2019. A fine 2018 il fatturato globale del settore cosmetico si approssima agli 11,2 miliardi di euro (+2%), mentre le previsioni per l'anno in corso indicano un'ulteriore crescita del 2,6%.

A determinare questo andamento contribuiscono il fatturato interno, con un trend positivo di poco meno di un punto percentuale, e soprattutto le esportazioni, in crescita del 3,5% nel 2018 per un valore di 4.800 milioni di euro.

Ancora una volta l'evoluzione dell'export incide significativamente sulla bilancia commerciale, che supera i 2.700 milioni di euro.

«La chiusura del 2018 segna per le nostre aziende l'ingresso in una fase di stabilità in cui viene meta-

bolizzato il know-how acquisito durante il periodo post-crisi - commenta il presidente di Cosmetica Italia, Renato Ancorotti - Anche in questo scenario e a fronte di una contrazione del PIL, si confermano i punti di forza del settore: gli investimenti nell'innovazione, la qualità del prodotto, la qualificazione e la formazione del personale. L'industria cosmetica è infatti un'eccellenza con una sua dignità specifica che auspichiamo possa essere valorizzata e ascoltata dalle istituzioni».

A solo titolo indicativo le industrie cosmetiche investono circa il 7% del fatturato in innovazione e tecnologia, ricerca e sviluppo, contro una media nazionale del 3% (fonte: Cosmetica Italia)

Questa crescita è favorita da un robusto apparato regolatorio. La legislazione ed i regolamenti del settore cosmetico europeo sono considerati i più avanzati del mondo nella tutela del consumatore ed impongono un continuo miglioramento di prodotti e processi.

L'Inventario Europeo degli Ingredienti Cosmetici, INCI (*International Nomenclature Cosmetic Ingredients*), è l'elenco più completo degli ingredienti utilizzati nei prodotti cosmetici e per la cura della persona. L'edizione più recente, riporta più di 22.000 nomi INCI, che si moltiplicano in oltre 66.000 nomi commerciali e circa 4.000 produttori di materie prime di oltre 100 Paesi (https://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/cosing_it).

Gli ingredienti che compongono solitamente un prodotto cosmetico sono molteplici e sono suddivisi in classi. Si elencano di seguito le principali:





1. solventi, utilizzati per solubilizzare e veicolare;
2. lipidi, ingredienti fondamentali per conferire emollienza e rientrano in oleoliti, unguenti, emulsioni e nella composizione di fusioni anidre, quali rossetti, stick per labbra ed altri prodotti a base grassa;
3. fattori di consistenza e additivi reologici, quali polimeri e grassi che tengono insieme il prodotto, che servono a dare al cosmetico la consistenza e la scorrevolezza voluta e sono costituenti strutturanti di idro- e lipogeli;
4. tensioattivi con funzione di emulsionanti che impediscono la separazione di oli/grassi e acqua per la preparazione di emulsioni;
5. tensioattivi con funzione detergente per la preparazione di tensioliti;
6. tensioattivi con funzione schiumogena;
7. tensioattivi con funzione solubilizzante e bagnante;
8. plastificanti che mantengono elastico un prodotto e ne impediscono la rottura;
9. filmogeni che possono conferire resistenza all'acqua;
10. colori che rendono i prodotti più attraenti o consentono di mascherare lievi modifiche di colore nel tempo;
11. fragranze per rendere gradevole il prodotto o per mascherare l'odore di alcuni ingredienti;
12. antiossidanti che prevengono fenomeni di irrancidimento delle sostanze lipidiche o di altri ingredienti;
13. agenti chelanti che rimuovono i metalli indesiderati che possono causare il deterioramento del prodotto;
14. conservanti che impediscono la crescita microbica (batteri e funghi e lieviti).

Il prodotto cosmetico in Europa è definito nel regolamento 1223/2009 come segue: "qualsiasi sostanza o miscela destinata ad essere posta a contatto con le parti esterne del corpo umano (epidermide, sistema pilifero, unghie, labbra e organi genitali esterni) o con i denti e le mucose del cavo orale al fine esclusivo o principale di pulirli, profumarli, modificarne l'aspetto, proteggerli, mantenerli in buone condizioni o correggere gli odori corporei" (Regolamento UE 1223/2009, articolo 2.1.a).



Claims (Regolamento 655/2013)

Un altro importante regolamento riguarda gli attributi che possono essere dati ad un prodotto. La classificazione del prodotto spesso dipende dalle indicazioni che il produttore fornisce per il prodotto. Comunque vogliamo classificarli non bisogna dimenticare che tutti i prodotti per la pelle ed annessi sono costituiti da combinazioni di sostanze chimiche e rientrano nel campo della chimica, e sono riportate in etichetta con un linguaggio specifico "nomenclatura INCI", che segue regole diverse dalla nomenclatura chimica IUPAC. Questo comporta che le denominazioni della maggior parte degli ingredienti sono generalmente sconosciute ai non addetti al settore e richiedono una decifrazione.

Ad esempio, se ci riferiamo ad ingredienti di derivazione botanica ogni nome INCI identifica in modo univoco un ingrediente sulla base di precise regole e l'ingrediente sarà descritto con il nome botanico della pianta in lingua latina secondo la denominazione binomiale di Linneo seguito dalla parte della pianta impiegata (i.e leaf, seed, root) e dalla tipologia di estratto ottenuto (oil, water, unsaponifiable, extract, powder). Ecco che inserire in formula ingredienti ottenuti dall'estrazione dei semi o del frutto o di altre parti, determinerà un profilo chimico molto diverso, che il formulatore deve conoscere al fine di inserirlo correttamente dal punto di vista tecnologico e sfruttare le proprietà.

Ci sono, quindi, decine di migliaia di ingredienti che possono essere utilizzati nei cosmetici, il che rende difficile "leggere un'etichetta" nel luogo di acquisto. D'altra parte anche un semplice frutto come una mela potrebbe diventare di difficile comprensione se volessimo descrivere i suoi componenti naturali riportandoli con la nomenclatura INCI.

INCI Directory

The SpecialChem INCI Directory has been designed to help cosmetic formulators finding information on cosmetic ingredients using either the relevant INCI name (International Nomenclature of Cosmetic Ingredients) or CAS Number.

SEARCH BY

INCI Name: OK

CAS Number: AMINOPROPYL TOCOPHERYL PHOSPHATE

14805 INCI name: ASCORBYL TOCOPHERYL MALEATE

INCI Name (relat): BIS-HYDROXYETHYL TOCOPHERYL SUCCINOYLAMIDO HYDROXYPROPANE

AQUA (1346): DIOLEYL TOCOPHERYL METHYLSILANOL

GLYCERIN (800): DISODIUM LAURIMINODIPROPIONATE TOCOPHERYL PHOSPHATES

PEG/PPG-100/70 TOCOPHERYL ETHER

PEG/PPG-2/5 TOCOPHERYL ETHER

PEG/PPG-30/10 TOCOPHERYL ETHER

IT | HUMECTANT | PERFUMING | SKIN

Il cosmetico è quindi un prodotto altamente specialistico composto da sostanze attive (*claim ingredients*) e sostanze tecnologicamente funzionali. Ad esempio, i prodotti per la cura della pelle contengono generalmente un emolliente per rendere la pelle liscia e morbida. La miscela dei lipidi ha una doppia funzione nel prodotto come emolliente e veicolo.

La competenza chimica in cosmetologia

I chimici progettano nuove materie prime di sintesi, o caratterizzano nuovi estratti naturali, ma poi queste nuove materie prime devono essere sapientemente formulate. Comprendere la chimica della cosmetologia è alla base di questa scienza e pone le basi per gli sviluppi futuri.

L'industria della cura della persona sviluppa e produce prodotti come cosmetici, saponi, detergenti e altro ancora, che vengono utilizzati per l'igiene personale e l'abbellimento. Date un'occhiata alla sezione salute e bellezza della vostra farmacia o supermercato e avrete un'idea dell'ampiezza dei prodotti di questo settore, molti dei quali vengono acquistati in base al colore, all'odore e/o al gusto. Pertanto, i chimici cosmetologi che lavorano in questo campo traducono un linguaggio chimico rivolto alla decifrazione dell'apparato somato-sensoriale.

I chimici per la cura della persona lavorano per comprendere i processi chimici e fisici che descrivono come funzionano le materie prime, come si influenzano a vicenda e come condizionano il processo di produzione. Possono progettare e produrre nuovi ingredienti o combinare e modificare gli ingredienti esistenti in nuovi modi per creare nuovi prodotti. Pertanto, devono assicurarsi che

le proprietà desiderabili siano mantenute quando si cambiano gli ingredienti (a causa di variazioni di prezzo o di disponibilità) e cercano continuamente di sviluppare prodotti migliori e più economici. Le mansioni tipiche di lavoro includono le seguenti:

- sviluppare nuove formulazioni o riformulare i prodotti esistenti per aggiornare gli ingredienti, aumentare la produttività o ridurre i costi;
- gestire il processo di sviluppo del prodotto, dal piccolo laboratorio all'impianto pilota fino alla commercializzazione su scala industriale;
- monitorare le potenziali formulazioni dei prodotti per verificarne la stabilità nel tempo dal punto di vista chimico, fisico e microbiologico;
- comunicare con i team di vendita, marketing e sviluppo aziendale per le strategie di posizionamento e vendita dei prodotti;
- aggiornare le competenze in ambito legislativo al fine di sviluppare prodotti sempre conformi.

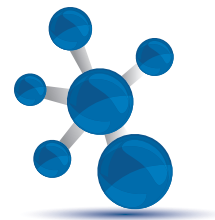
Oltre a solide competenze tecniche, i chimici cosmetologi addetti alla formulazione di prodotti cosmetici o allo sviluppo di nuove materie prime devono abbinare sempre competenze di marketing perché il prodotto per essere di successo deve rispondere ai bisogni del cliente.

Il lavoro di squadra è importante e comprende il lavoro con specialisti in tossicologia e ambiente, professionisti commerciali e di vendita ed esperti di produzione.

Dalla ricerca al prodotto finito

Si può illustrare con esempi il ruolo delle competenze chimiche nello sviluppo di nuovi ingredienti per il settore cosmetico. Il nostro gruppo di ricerca ha una base prettamente chimico-farmaceutica e si dedica anche da diverso tempo allo sviluppo di nuovi ingredienti cosmetici sia attraverso approcci di chimica green che biotecnologica.

Recentemente abbiamo applicato le nostre conoscenze sui polifenoli alla scoperta di un nuovo ingrediente solare. La protezione solare è affidata a prodotti che sul mercato sono registrati per lo più come cosmetici, ma è il tipico esempio di argomento borderline con le *medical devices* ed i farmaci. In altri Paesi, essendo questo prodotto deputato non solo a consentire una sana abbronzatura ma anche a proteggere dai danni indotti dal



sole, viene classificato come farmaco da banco. Il nostro gruppo di ricerca si occupa dal 2000 di ricerche nell'ambito dei radicali liberi e dai danni da essi indotti in diversi distretti corporei. In particolare i danni ossidativi indotti dalle radiazioni solari mediante la generazione di specie reattive dell'ossigeno (ROS) e specialmente anione superossido. La funzione dei filtri solari è quella di bloccare le radiazioni UV filtrandole (mediante assorbimento e trasformazione in molecole metastabili nel caso dei filtri organici) o respingendole come nel caso dei filtri fisici (catalizzando però reazioni di foto-ossidazione). Esiste però una crescente problematica relativa ai filtri solari che nell'ambiente acquatico può generare un'importante ecotossicità per la flora e fauna marina. Mediante un tipico approccio SAR applicato a molecole provviste di bassissima tossicità, abbiamo sviluppato una nuova famiglia di molecole in grado di funzionare da potenti antiossidanti e da "booster" dei filtri solari consentendo così di risparmiare, a parità di concentrazione, fino al 40% di filtro. Questo approccio molto innovativo è stato brevettato dall'Università di Ferrara (brevetto n. WO 2013102843 A2) e da essa ceduto in licenza ad una azienda Italiana che lo produce e commercializza in tutto il mondo, mentre lo spin off da ricerca Ambrosialab, da noi fondato, si occupa degli sviluppi applicativi in partnership con il produttore.

Un altro esempio riguarda la sostenibilità. L'industria cosmetica, da sempre sensibile all'innovazione, deve oggi confrontarsi con il problema della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. In questo ambito siamo impegnati nello sviluppo di nuovi ingredienti a partire dai sottoprodotti della lavorazione degli alimenti di origine vegetale. Noi crediamo che si debba uscire dal paradigma del riciclo per entrare in un nuovo "approccio circolare" analogo al metabolismo biologico e che viene definito "metabolismo tecnologico". Ci siamo ispirati all'affermazione di Michael Braungart, il chimico tedesco ideatore del modello "Cradle to Cradle" (dalla culla alla culla, C2C): *"La necessità di una vera innovazione non è mai stata più profonda di quanto lo sia ora. Siamo in grado di creare alternative circolari di alta qualità a beneficio dell'uomo e della natura. Se il futuro può essere positivo, perché scegliere diversamente?"*

Eliminare il concetto di rifiuto, rivoluzionando i sistemi di produzione e di progettazione dei beni

Le nostre ricerche seguono le linee di sviluppo che si rifanno appunto all'approccio C2C.

Le cosiddette 3R (Riciclare, Ridurre, Riutilizzare) sono un modo per "limitare i danni", ma restano legate alla "riduzione dell'impronta ambientale". Secondo l'approccio C2C è un concetto da rifiutare perché operando all'interno dello stesso sistema che ha causato il problema lo rallenta sia con proibizioni morali sia con sanzioni. Da quando ha lasciato la direzione del presidio sulla chimica di Greenpeace, circa trent'anni fa, Braungart sta aiutando migliaia di aziende a esprimere queste potenzialità. Lo fa attraverso l'*Environmental Protection Encouragement Agency* da lui fondata, dove sono create vernici che eliminano lo smog, moquette che puliscono l'aria, magliette biodegradabili e molti altri ritrovati innovativi. Tutti i prodotti portano il bollino C2C, ormai molto popolare negli USA e promosso attivamente anche da alcune star dello spettacolo. La vera rivoluzione non è cambiare la struttura industriale attuale, che si limita a minimizzare i danni, ma ripensare dalle radici un nuovo modello produttivo: un sistema industriale virtuoso, in grado di eliminare i rifiuti. Il primo passo consiste nell'evitare il riciclaggio, riportando alla natura ciò che è stato "prelevato" in termini di materie prime. Per fare questo il cosmetico deve essere progettato sin dalla sua origine per evitare la sua "morte" ma creare nutrimento dai suoi ingredienti dopo l'uso. Dalla culla alla culla e non più dalla culla alla tomba (della discarica): questa la celebre formula del chimico tedesco. È necessario pensare in maniera rigenerativa, escludere i materiali tossici e organizzare la catena distributiva, dando modo ai prodotti di tornare al loro bacino d'origine. Per i materiali organici il ritorno porta alla terra, per i materiali tecnici il riutilizzo è invece infinito. Quando i due materiali vengono uniti in un prodotto, la responsabilità del riutilizzo ricade sulle spalle del produttore. In questo modo i rifiuti industriali sarebbero praticamente azzerati. Come dice Braungart: "ci vuole pazienza, ma alla fine il cerchio si chiude".

Nuovi ingredienti *cross-over* ottenuti con l'approccio della chimica verde su fonti naturali sostenibili

Le materie prime possono essere classificate essenzialmente in due categorie: alimentari e farmaceutiche. La differenza tra loro è dovuta alla purezza e all'efficacia. La crescente richiesta di maggiore naturalezza e sostenibilità del prodotto cosmetico ha portato ad una nuova classe di prodotti a base di ingredienti incrociati denominati "Food Grade Cosmetics". La consapevolezza della naturale bio-affinità tra cibo e pelle suggerisce che gli ingredienti alimentari, oltre ad avere un ruolo vitale per il corretto funzionamento del corpo dall'"interno", possono mostrare un'attività altrettanto significativa se applicati esternamente sotto forma di dermocosmetici. Di conseguenza, la formulazione di cosmetici per uso alimentare rappresenta un'innovazione rivoluzionaria nel campo della sostenibilità, della sicurezza e della naturalezza. La vera sfida nell'uso di ingredienti "alimentari" è quella di sviluppare prodotti con efficacia e una sensazione di pelle paragonabile ai prodotti cosmetici tradizionali. Diversi studi di tecnologia alimentare hanno dimostrato che i prodotti di coniugazione proteico-polisaccaridi hanno la capacità di formare emulsioni più uniformi ed omogenee rispetto alle emulsioni ottenute con i singoli reagenti quando vengono introdotti in un sistema A/O bifasico. Nell'ottica di un approccio chimico rispettoso dell'ambiente e più sicuro per la salute umana, la formazione di coniugati proteici è una strategia adeguata per ottenere prodotti completamente biodegradabili, compostabili e sostenibili dal punto di vista ambientale. Il progetto a cui stiamo lavorando è finalizzato alla progettazione, preparazione e valutazione delle proprietà cosmetiche di un coniugato di proteine vegetali derivanti dagli scarti della lavorazione alimentare attraverso processi di chimica verde.

Sono state isolate diverse proteine di leguminose per studiarne le proprietà emulsionanti e gli incoraggianti risultati sostengono i prototipi finali come sufficientemente stabili per supportare possibili applicazioni industriali.

Conclusioni

Alla luce di quanto illustrato brevemente in questo articolo, speriamo di aver interessato e stimolato il

lettore ad esplorare una disciplina sottovalutata spesso dal punto di vista tecnologico, nella quale l'Italia si colloca tra i principali *stakeholders* a livello mondiale sia nella produzione delle materie prime, che del prodotto finito e delle tecnologie produttive per la produzione degli stessi.

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- [1] S. Manfredini, P. Ziosi, S. Vertuani, La scienza dietro la bellezza: il valore scientifico del prodotto cosmetico, Progetto Ed. Cosmetica Italia, 2018.
- [2] S. Manfredini, S. Vertuani, E. Scalambra, New dualistic molecules having UV radiation filtrating ability at wide spectrum and potent damping activity of the reactivity of free radicals (radicals scavenging), 2012, WO 2013102843 A2.
- [3] E.N. Djuidje, V. Dissette *et al.*, *ChemMedChem*, 2017, **12**(10), 760.
- [4] A. Bino, A. Baldisserotto *et al.*, *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 2017, **32**(1), 527.
- [5] D. De Lucia, S. Manfredini *et al.*, *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 2016, **39**(13), 607.
- [6] A. Fallacara, E. Baldini *et al.*, *Polymers*, 2018, **10**(7), art. no. 701.
- [7] G. Lamera, S. Manfredini, S. Vertuani, N-acyl aminoacidi salificati con amminoacidi o amminoalcoli basici, Application number 2013IT-VR00202.
- [8] C. Di Pinto, S. Manfredini *et al.*, Sviluppo di emulsionanti cosmetici "food grade", Making Cosmetics, International Meeting, 22-23 November 2016, Milan.

When One Think about Cosmetology

When one think about cosmetology, probably think about make-up, perfumes, and aesthetics. When one think about chemistry rarely think about cosmetology. The two sciences are more closely linked than one might think, and have a major economic impact on our country. As an indication only, the cosmetic industries invest about 7% of their turnover in innovation and technology, research and development against a national average of 3% (source: Cosmetica Italia).



sps ipc drives

ITALIA

9^a edizione

Automazione e Digitale per l'Industria

Parma, 28-30 maggio 2019

SPS Italia, la fiera per l'industria
intelligente, digitale e flessibile.

I trend 2019 a Parma dal 28 al 30 maggio

Registrati su www.spsitalia.it per l'ingresso gratuito in fiera



LUIGI RIGANO^A, NICOLA LIONETTI^B

^AINSTITUTE OF SKIN AND PRODUCT EVALUATION, MILANO

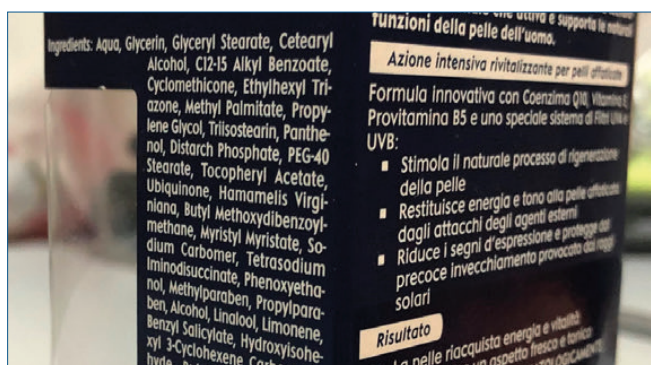
RIGANO@THECOSMETOLOGIST.COM

^BRIGANO LABORATORIES SRL, MILANO

LIONETTI@THECOSMETOLOGIST.COM

COSMETICI: LA LETTURA DELL'ETICHETTA

La carta d'identità di un cosmetico è la sua etichetta. Un insieme complesso di elementi, sintetizzato in uno spazio ristretto, che ha come effetto collaterale una serie d'interpretazioni fantastiche di navigatori del web, che s'improvvisano abili a giudicare la qualità di un prodotto cosmetico solo leggendone la lista degli ingredienti.



Introduzione

Il Regolamento Europeo 1223/2009 [1], che ha sostituito la legge italiana 713/86, è stato il fisiologico sviluppo della primitiva normativa europea (76/768/EEC) e dei numerosi aggiornamenti adottati nel corso degli anni. Il recepimento scaglionato della stessa direttiva e dei suoi successivi aggiornamenti su scala nazionale aveva inoltre creato differenze tra i vari Paesi membri, che rendevano difficile la libera commercializzazione dei prodotti e una corretta vigilanza del mercato.

Obiettivo principale della recente normativa sui cosmetici è la tutela della sicurezza dei consumatori. Pertanto, il nuovo Regolamento, di applicazione immediata e vincolante per tutti gli Stati membri, definisce, in modo più stringente del passato, alcuni aspetti:

- obblighi specifici della persona responsabile del prodotto e del suo distributore, con riferimento anche alla tracciabilità del cosmetico nella catena di fornitura;

- cosmetovigilanza;
- rispetto delle Norme di Buona pratica di Fabbricazione (GMP).

Inoltre introduce l'obbligo di notifica elettronica al portale CPNP (Cosmetic Product Notification Portal) che permette alle aziende di commercializzare i propri prodotti nei Paesi europei effettuando una sola notifica, e alle autorità di sorveglianza (ASL, centri antiveneni, Ministero della Salute) dei diversi Stati membri di accedere in modo veloce al portale per acquisire informazioni sui prodotti ed intervenire tempestivamente in caso di emergenza.

Punti chiave della nuova regolamentazione

Con il recente Regolamento sono stati introdotti o meglio esplicitati i seguenti obblighi:

1) Product Information File (PIF)

e Cosmetic Safety Report (CSR)

Il PIF, tenuto a disposizione delle autorità di controllo, è un archivio con tutte le informazioni e la documentazione del prodotto, tra cui la formula quali-quantitativa, le specifiche fisico-chimiche e microbiologiche del prodotto finito e delle materie prime e il metodo di produzione. Con il nuovo Regolamento vengono ulteriormente approfondite le informazioni necessarie alla valutazione di sicurezza del prodotto, le prove e i dati esistenti riguardanti gli effetti indesiderabili per la salute umana provocati dal cosmetico in seguito al suo utilizzo, le informazioni sulla stabilità e compatibilità con l'imballo primario. Per quanto riguarda la relazione sulla sicurezza (CSR), nel nuovo Regolamento



vengono esplicitate (Allegato I) le caratteristiche e le informazioni contenute. Nel dettaglio, nella prima parte (A) vengono prese in considerazione la formula, le specifiche chimico-fisiche, la qualità microbiologica, la zona di applicazione, la quantità e la frequenza d'uso, il tipo di consumatore cui è destinato il prodotto, la qualità e il profilo tossicologico degli ingredienti. In più, occorre verificare che il prodotto non sia alterato da impurezze rilasciate dall'imballo primario. Il valutatore esprime (nella parte B) la propria considerazione globale, che tiene conto di tutti i fattori esaminati in A, e certifica se il prodotto è considerato sicuro, oppure non lo è o necessita di speciali avvertenze in etichetta.

2) Dichiarazioni relative ai prodotti: efficacia vantata e pubblicità

Contemporaneamente al Regolamento 1223/2009, come anticipato dallo stesso, a luglio 2013 è entrata in vigore una nuova normativa della Commissione Europea, Regolamento 655/2013 [2], che fissa i criteri comuni in merito alle dichiarazioni utilizzate per i prodotti cosmetici. Vi si stabilisce che le affermazioni riportate dai prodotti cosmetici abbiano lo scopo di informare gli utilizzatori finali sulle loro caratteristiche e qualità, tenendo conto della diversità sociale, linguistica e culturale dell'Europa. I principi di corretta comunicazione sono suddivisi in sei argomentazioni:

- a) conformità alle norme: non è possibile vantare benefici, se questi sono il risultato del logico rispetto dei requisiti minimi di legge (assenza di sostanze vietate, ecc.);
- b) veridicità: le proprietà di un ingrediente non possono essere vantate come proprietà del prodotto se non adeguatamente dimostrate;
- c) supporto probatorio: le dichiarazioni, sia esplicite sia implicite, devono essere verificate da test eseguiti con metodologie ben concepite e applicate correttamente (valide, affidabili e riproducibili);
- d) onestà: non è possibile attribuire al prodotto proprietà che vadano oltre quanto verificato sperimentalmente;
- e) correttezza: le dichiarazioni devono essere obiettive e non denigrare i prodotti della concorrenza, né gli ingredienti legalmente utilizzati;
- f) decisioni informate: devono permettere all'utilizzatore finale medio di compiere una scelta informata.

3) Nanomateriali

Il responsabile del prodotto deve segnalare in etichetta e in fase di registrazione la presenza di eventuali nanomateriali. Per la normativa cosmetica, i nanomateriali che devono essere comunicati (in quanto, se non adeguatamente valutati, potrebbero creare problemi di sicurezza) devono rientrare nella definizione: materiali insolubili o biopersistenti, fabbricati intenzionalmente e aventi una o più dimensioni esterne, o una struttura interna, di misura da 1 a 100 nm. Biossido di titanio, ossido di zinco e il pigmento CI 77266 (nerofumo) sono tra i nanomateriali comunemente utilizzati nei prodotti cosmetici e già valutati come sicuri dal Comitato Scientifico Europeo (SCCS - *Scientific Committee on Consumer Safety*) [3-6]; il loro utilizzo non è invece permesso in prodotti che possono portare ad inalazione delle sostanze [7].



Etichetta - Indicazioni obbligatorie

Come previsto anche dalla precedente normativa, altre indicazioni devono obbligatoriamente essere presenti sull'etichetta (Tab. 1) sia del contenitore primario (quello che contiene il prodotto, a contatto con esso) che di quello secondario (scatola, astuccio):

- nome del responsabile e indirizzo. Se più di uno, è necessario evidenziare quello dove il Dossier è a disposizione;
- Paese d'origine per importazione da Paesi extracomunitari;
- contenuto nominale;
- data durata minima o PAO (*Period After Opening*, ossia durata dopo il primo impiego);
- precauzioni particolari per l'impiego (se necessarie a garantire la sicurezza d'uso);
- numero di lotto (per garantire la tracciabilità del prodotto);
- funzione del prodotto (se non è chiara dal nome);
- elenco degli ingredienti (può essere riportato solo sul contenitore secondario se presente).

Ingredienti dei prodotti cosmetici - Sostanze in discussione

L'etichetta deve riportare i nomi degli ingredienti dei prodotti cosmetici, elencati in ordine di contenuto decrescente fino all'1%. Al di sotto di questa percentuale l'ordine può essere casuale. Fanno eccezione

Indicazioni Obbligatorie	Imballaggio secondario	Imballaggio Primario
Nome/Funzione del prodotto	X	X
Il nome o la ragione sociale e l'indirizzo (per esteso) della persona responsabile	X	X
Il contenuto nominale	X	X
Data di scadenza indicata con la dicitura: "Usare preferibilmente entro" o preceduta dal simbolo 	X	X
Se la data di scadenza è superiore ai 30 mesi non è obbligatorio riportarla. In questo caso è obbligatorio* riportare il PAO (Period After Opening) con il simbolo del vasetto seguito dal periodo (mesi/anni) 	X	X
*Anche questo non è obbligatorio se il concetto di conservazione dopo l'apertura non è rilevante (es: monodose)		
Le precauzioni particolari per l'impiego, almeno quelle indicate negli allegati da III a VI, nonché le eventuali indicazioni concernenti precauzioni particolari da osservare per i prodotti cosmetici di uso professionale	X	X
Il numero di lotto	X	
Elenco degli Ingredienti	X	0,29(1)

Tab. 1 - Elementi obbligatori da riportare in etichetta. In caso di assenza di imballaggio secondario tutte le voci sono obbligatorie su quello primario

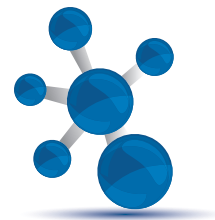
le sostanze coloranti nei prodotti da trucco, disponibili in varie sfumature di colore. Questi ingredienti, definiti da una classificazione internazionale delle sostanze coloranti detta Color Index (CI) possono essere riportati alla fine dell'elenco ingredienti, preceduti dall'indicazione "può contenere" o dal simbolo +/- . La nomenclatura utilizzata per la denominazione degli ingredienti è quella INCI (*International Nomenclature of Cosmetic Ingredients*) liberamente consultabile anche sul sito della Comunità Europea CosIng database [8]. Occorre sottolineare che questo elenco non definisce una lista positiva di sostanze ammesse nel settore cosmetico. Soprattutto non esonera il responsabile dal valutarne la sicurezza d'uso nei prodotti. Sono invece previsti elenchi di sostanze non ammesse (Allegato II) o che possono essere utilizzate solo a determinate condizioni e/o concentrazioni (Allegato III); altre tre liste esclusive (Allegati IV, V e VI) elencano coloran-

ti, conservanti e filtri UV che possono essere utilizzati e le eventuali percentuali massime di utilizzo.

L'introduzione dell'obbligo di dichiarazione dell'elenco ingredienti, avvenuta negli anni Novanta, è legato all'aumento dei casi d'intolleranza a cosmetici, proporzionale all'espansione del loro mercato. Era, dunque, necessario informare il consumatore sulla presenza d'ingredienti o famiglie d'ingredienti cui risultasse sensibilizzato. Pertanto, occorre precisare che l'elenco degli ingredienti non è il mezzo per poter valutare la qualità di un prodotto cosmetico. Infatti, da tale semplice lettura non è possibile estrapolare informazioni quali purezza degli ingredienti, stabilità dei principi attivi, tollerabilità d'uso, verifiche di qualità e di efficacia effettuate. Spesso, la similitudine tra

nomi INCI o la "chemofobia" portano a una demonizzazione strutturale acritica delle sostanze.

Molte sostanze vengono spesso accusate sul web di essere tossiche o, in generale, pericolose per la salute umana mentre sono liberamente utilizzabili nei prodotti cosmetici perché ritenute tossicologicamente sicure. Tra queste, i siliconi. La parola "silicone" include un insieme quasi infinito di possibili strutture, con applicazioni totalmente diverse, accomunate solo dalla presenza di catene di atomi di silicio e ossigeno come unità principale. Si tratta, nella maggior parte dei casi, di sostanze inerti, stabili e con buon profilo tossicologico, soprattutto per applicazione cutanea. Ad esempio, molti studi citano gli effetti positivi dell'applicazione di film semi-occlusivi, principalmente a base siliconica sui meccanismi di guarigione delle cicatrici [9-11]. L'unica categoria di sostanze siliconiche sotto osservazione, su cui è stata condotta una procedura



di restrizione ai sensi della legislazione Reach, è quella dei siliconi ciclici volatili, in particolare il pentamero e il tetramero [decametilciclopentasilossano (D5) e octametilciclotetrasilossano (D4)], che, a causa dei problemi di impatto ambientale, sono identificati come SVHC (*Substances of Very High Concern*) e inseriti in *Candidate List*. Inoltre, l'ultima valutazione del Comitato Scientifico ha giudicato sicuro il loro utilizzo, ad eccezione dell'uso in lozioni corpo, in prodotti *styling* per capelli e in tutti i prodotti che possono dare origine a lunga esposizione del consumatore per inalazione (aerosol, spray pressurizzati, polveri, ecc.) [12].

Un'altra categoria di ingredienti continuamente sotto accusa, perché considerati non eco- o dermo-compatibili, è quella delle paraffine e in generale delle sostanze di derivazione petrolifera. Nel corso degli anni si è verificata una proliferazione di prodotti che vantavano caratteristiche tipo "*oil free*" (*oil* in inglese identifica quel tipo di sostanze) fino all'esplosione del concetto di "naturale" e/o "biologico" che prevede (mediante certificazioni create da enti privati e, di recente emissione, con le ISO 16128-1 e 16128-2) il rispetto di stretti protocolli e la selezione di ingredienti per la maggior parte di origine "naturale" e/o "biologica". È necessario sottolineare che dietro l'aggettivazione "naturale" si possono nascondere prodotti formulati in maniera poco scientifica e che possono essere legati ad una riduzione degli standard di sicurezza, in paragone a prodotti cosiddetti "non naturali", cioè di origine sintetica. I possibili problemi di tollerabilità legati a una formulazione unicamente naturale non sono pochi:

- ossidazione degli olii insaturi vegetali con formazione di perossidi (con effetti sensibilizzanti)[13];
- destabilizzazione dei profumi con formazione di perossidi e i loro prodotti di decomposizione, tra cui aldeidi, dovuta all'assenza di stabilizzanti sintetici;
- problemi di tollerabilità per utilizzo di alte percentuali di conservanti "alternativi" (non elencati nella lista positiva EU);
- possibili alti livelli d'impurezze di pesticidi e di metalli pesanti dovuti all'utilizzo quasi esclusivo di ingredienti vegetali. Molte aziende in quel settore non hanno la possibilità e capacità di verificare la purezza di tutti i lotti delle materie prime vegetali in ingresso.

L'avversione nei confronti di alcuni derivati del petrolio è principalmente legata all'inserimento del numero di CAS 8009-03-8 nella lista delle sostanze CMR di categoria 3 (Allegato I della vecchia Direttiva 67/548/EEC) ora categoria 2 (Allegato VI per il nuovo Regolamento CLP 1272/2008) come probabili cancerogene per l'uomo. In realtà il numero CAS 8009-03-8 descrive una miscela di sostanze, la paraffina (o vaselina o petrolatum), ma non descrive una specifica purezza; pertanto, questo numero è riferito sia alla vaselina raffinata che a quella non raffinata.

Infatti, i petrolati di grado farmaceutico (USP) non sono cancerogeni, mutageni e tossici per la riproduzione in quanto soddisfano i requisiti di purezza della normativa FDA 21 CFR 172.880, che include una procedura analitica specifica per verificare il contenuto di idrocarburi policiclici aromatici. Questa tipologia di petrolati raffinati, conformi alla normativa FDA, può essere utilizzata addirittura nel settore alimentare.

Il rapporto dello IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro), vol. 33, 1984, [14] aveva concluso che non vi fossero prove adeguate di cancerogenicità nell'uomo e negli animali per gli olii altamente raffinati. Nello specifico, la vaselina è stata inclusa nella classe 5 ("*White oils and petrolatums suitable for food and/or medicinal use*").

La seconda accusa mossa a questa categoria di sostanze è l'apparente elevato potere occlusivo e le conseguenti proprietà comedogeniche. L'olio minerale di grado farmaceutico (o olio di vaselina o paraffinum liquidum - CAS 8012-95-1) similmente alla paraffina, è una miscela complessa di idrocarburi saturi altamente raffinati, derivati dal petrolio mediante una serie di passaggi di raffinazione e purificazione. Nei prodotti per il trattamento della pelle, l'olio minerale è usato in prodotti detergenti, lubrificanti e per il massaggio. Non pochi lavori si focalizzano sulla sicurezza d'uso di prodotti cosmetici contenenti l'olio minerale anche a percentuali elevate [15-17]. Per contro, l'olio minerale ha capacità idratanti, emollienti e di ripristino della barriera cutanea superiori a molti emollienti di origine vegetale, grazie anche alla sua inerzia e stabilità chimica [18].

Questi due esempi (siliconi e oli di origine petrolifera) mettono in evidenza che senza un'approfondita conoscenza delle sostanze queste non si possono

classificare come ingredienti “buoni” o “cattivi”. Ricordando anche che la dose è quella che fa il veleno.

Ingredienti dei prodotti cosmetici - Sostanze regolamentate

Gli ingredienti utilizzati nel settore cosmetico sono di continuo tenuti sotto controllo dalle autorità europee. In caso di sospetti effetti nocivi sulla salute umana, il Comitato Scientifico Europeo (SCCS) ne valuta l'entità di rischio. Questo è soprattutto il caso delle sostanze regolamentate come conservanti, filtri e coloranti. L'elenco degli intermedi coloranti utilizzabili nei prodotti ad ossidazione per la colorazione permanente dei capelli è stato significativamente ridotto negli ultimi anni, per l'eliminazione di una serie di sostanze che non avevano sufficienti prove di sicurezza d'uso o che non erano più utilizzate dall'industria e sospettate di potere sensibilizzante. La formaldeide è stata classificata CMR 1B e, dal 1° gennaio 2016, non possono essere immessi sul mercato e resi disponibili all'utilizzatore finale prodotti che la contengono. Ancora in discussione, l'eventuale estensione di tale limitazione anche ai conservanti che possono rilasciare tracce di formaldeide per decomposizione (Tab. 2). Recentemente si è anche proceduto ad una restrizione dell'impiego dei parabeni. In particolare sono stati eliminati dall'Allegato VI, ed introdotte nell'Allegato II (sostanze che non possono essere utilizzate nel settore cosmetico) il fenil-4-idrossi-benzoato (Phenylparaben), il benzil-4-idrossi-benzoato (Benzylparaben), il pentil-4-idrossi-benzoato (Pentylparaben) e i due derivati ramificati isobutil- e isopropil-4-idrossi-benzoato e relativi sali [19]. La percentuale massima di utilizzo del propil- e del butil-4-idrossi-benzoato è stata ridotta allo 0,14% (come somma dei due ingredienti) e non possono essere impiegati nei prodotti da non sciacquare, destinati all'applicazione nell'area del pannolino di bambini di età inferiore a tre anni; rimane invariata invece la regolamentazione d'uso per tutti gli altri parabeni [20].

È in via di definizione la possibilità di ampliamento della lista di allergeni da segnalare in etichetta, in base alla percentuale d'uso, introdotti nei cosmetici con l'utilizzo di profumi/aromi o oli essenziali. Più di 2.500 ingredienti aromatici sono utilizzati in profumi e beni di consumo profumati come cosmetici, deter-

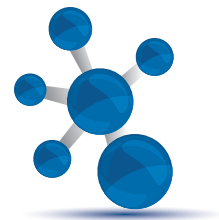
genti, ammorbidenti e altri prodotti per la casa. Poiché queste sostanze possono causare irritazioni o reazioni allergiche, nel 1999 è stato definito un elenco di 26 (Tab. 3) di queste sostanze che devono essere individuate in etichetta per informare i consumatori. Regolamentate con la Direttiva 2003/15/EC, l'obbligo di riportarle in etichetta avviene se la percentuale eccede lo 0,01% nei prodotti a risciacquo e lo 0,001% nei prodotti non a risciacquo (*leave-on*). Con la raccolta di dati di letteratura e loro valutazione, il comitato scientifico sulla sicurezza dei consumatori ha identificato, nel 2012, un totale di 54 singole sostanze aromatiche e 28 estratti naturali (oli essenziali) come “allergeni da contatto verificati sull'uomo”. Il comitato scientifico ha anche definito 18 ingredienti e 1 estratto naturale come “allergeni da contatto verificati su animali” e 26 singole sostanze classificate “probabili allergeni da contatto”. Per queste 127 sostanze l'SCCS raccomanda l'indicazione in etichetta. Inoltre vengono segnalate ulteriori 35 singole sostanze e 13 estratti naturali classificati come “possibili allergeni da contatto” di cui però non è richiesta l'indicazione in etichetta [21].

I prodotti border-line

Riprendendo la definizione riportata dal Regolamento, i prodotti cosmetici sono *qualsiasi sostanza o miscela destinata ad essere applicata sulle superfici esterne del corpo umano (epidermide, sistema pilifero e capelli, unghie, labbra, organi genitali esterni) oppure sui denti e sulle mucose della bocca allo scopo esclusivamente o prevalentemente di pulirli,*

Numero d'ordine	Nome INCI	Massima concentrazione ammessa
21	2-Bromo-2-Nitropropane-1,3-diol	0,10%
27	Imidazolidinyl Urea	0,60%
31	Quaternium 15	0,20%
33	DMDM Hydantoin	0,60%
46	Diazolidinyl Urea	0,50%
51	Sodium Hydroxymethylglycinate	0,50%
55	Benzylhemiformal	0,15%

Tab. 2 - Conservanti presenti in Allegato V che possono rilasciare formaldeide per decomposizione



profumarli, modificarne l'aspetto, proteggerli, mantenerli in buono stato o correggere gli odori corporei. Pertanto, i prodotti che hanno altri scopi principali, per esempio curare o prevenire le malattie, non possono rientrare nella categoria dei cosmetici. Indipendentemente dalla presenza di particolari sostanze, è importante distinguere i cosmetici dai medicinali e dai dispositivi medici. Si tratta di preparati con funzioni diverse che, per il consumatore, rispondono a necessità e aspettative differenti. Per questo è utile chiarire che si tratta di tre diverse e ben distinte tipologie di prodotto. Le rispettive normative citano

che: il medicinale è a) ogni sostanza o composizione presentata come avente proprietà curative o profilattiche delle malattie umane, b) ogni sostanza o composizione da somministrare all'uomo allo scopo di stabilire una diagnosi medica o di ripristinare, correggere o modificare funzioni fisiologiche dell'uomo è altresì considerata medicinale (Art. 1 comma 2 Direttiva 2001/83/EC); il dispositivo medico è qualunque strumento, apparecchio, apparecchiatura, software, impianto, reagente, materiale o altro articolo, destinato... a essere impiegato sull'uomo, da solo o in combinazione, e, per una o più delle seguenti destinazioni d'uso mediche specifiche... (Art. 2, Regolamento (UE) 2017/745).

Sia nel caso del medicinale che in quello del dispositivo medico non esistono limitazioni in merito alla sede di applicazione e alla forma di somministrazione. È necessario precisare, inoltre, che un prodotto può ricadere nella normativa dei farmaci

anche solo in virtù della sua presentazione o funzione vantata. Inoltre l'Art. 2, comma 2, della Direttiva 2004/27/CE sottolinea che: "In caso di dubbio, se un prodotto, tenuto conto dell'insieme delle sue caratteristiche, può rientrare contemporaneamente nella definizione di "medicinale" e nella definizione di un prodotto disciplinato da un'altra normativa comunitaria..." si applicano le disposizioni della normativa sui farmaci.

Non potendo definire, in molti casi, in modo netto i confini tra alcune categorie di prodotti la Comunità Europea ha elaborato (anche utilizzando sentenze della Corte di Giustizia)

tre documenti guida (Tab. 4) per la distinzione tra cosmetici e farmaci [22], cosmetici e biocidi [23] e per la gestione dei casi limite dei prodotti cosmetici [24]. Molto interessante è l'interpretazione approfondita di una parte della definizione del medicinale: "ripristinare, correggere o modificare funzioni fisiologiche"; in quanto precisa che quasi tutti i prodotti normalmente considerati come cosmetici possono, in un modo o nell'altro, anche modificare le funzioni fisiologiche. Vengono, infatti, citati esempi di prodotti idratanti, che possono modificare il contenuto d'acqua delle cellule, o creme anti-rughe che esercitano effetti sulle cellule della cute. Pertanto, con questo criterio non possono essere incluse sostanze, come taluni cosmetici che, pur avendo un effetto sul corpo umano, non influiscono in modo rilevante sul metabolismo e non ne modificano significativamente il fun-

Numero di CAS	Nome INCI
127-51-5	Alpha Isomethyl Ionone
122-40-7	Amyl Cinnamal
105-13-5	Anise Alcohol
100-51-6	Benzyl Alcohol
120-51-4	Benzyl Benzoate
103-41-3	Benzyl Cinnamate
118-58-1	Benzyl Salicylate
80-54-6	Butylphenyl Methylpropional
104-55-2	Cinnamal
104-54-1	Cinnamyl Alcohol
5392-40-5	Citral
106-22-9	Citronellols
91-64-5	Coumarin
97-53-0	Eugenol
90028-67-4	Ervenia Furfuracea
90028-68-5	Ervenia Prunastri
4602-84-0	Farnesol
106-24-1	Geraniol
101-86-0	Hexyl Cinnamal
107-75-5	Hydroxycitronellal
31906-04-4	Hydroxyisohexyl 3-Cyclohexene Carboxaldehyde
97-54-1	Isoeugenol
5989-27-5	Limonene
78-70-6	Linalool
111-12-6	Methyl 2-Octynoate

Tab. 3 - Elenco dei 26 allergeni da riportare in etichetta se la percentuale eccede lo 0,01% nei prodotti a risciacquo e lo 0,001% nei prodotti non a risciacquo

Regolamento cosmetico	REGOLAMENTO (CE) n. 1223/2009
Regolamento che stabilisce criteri comuni per la giustificazione delle dichiarazioni utilizzate in relazione ai prodotti cosmetici	REGOLAMENTO (CE) n. 655/2013
Regolamento per la classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e delle miscele	REGOLAMENTO (CE) N. 1272/2008
Prodotti cosmetici borderline	Manual on the scope of application of the Cosmetics Regulation (EC) No 1223/2009 (Art. 2(1)(a)) (April 2018)
Differenze tra cosmetici e farmaci	Guidance document on the demarcation between the cosmetic products DIRECTIVE 76/768 and the medicinal products DIRECTIVE 2001/83 as agreed between the commission services and the competent authorities of member states
Differenze tra cosmetici e biocidi	Guidance document agreed between the Commission services and the competent authorities of Member States for the biocidal products Directive 98/8/EC and for the cosmetic products Directive 76/768/EEC (2004)

Tab. 4 - Principali riferimenti normativi e linee guida che regolano la produzione, il trasporto e la commercializzazione dei preparati cosmetici

zionamento. Riprendendo un esempio esplicativo: *Domanda: I prodotti per le labbra con effetto volumizzante (plumping) sono cosmetici?*

Risposta: I prodotti che rendono le labbra più voluminose possono in linea di massima soddisfare la definizione di prodotto cosmetico in quanto sono destinati ad essere messi in contatto con le labbra "al fine di cambiare esclusivamente o prevalentemente il loro aspetto". Tuttavia, questi prodotti possono anche soddisfare la definizione di medicinali "in virtù della funzione", per cui il prodotto viene utilizzato o somministrato al fine di "ripristinare, correggere o modificare funzioni fisiologiche, esercitando un'azione farmacologica, immunologica o metabolica".

La Corte di Giustizia, considerando il principio di "modifica significativa" delle funzioni fisiologiche descritto in precedenza, si è espressa affermando che se tali prodotti agiscono attraverso infiammazione e/o irritazione (prodotti contenenti capsaicina), l'induzione deliberata dell'effetto gonfiore potrebbe essere per-

cepita come una modifica significativa di una o più funzioni fisiologiche nelle labbra, pertanto questi prodotti rientrano nella definizione di prodotti medicinali.

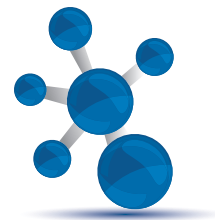
Le valutazioni

La necessità di dimostrare l'efficacia dei cosmetici, "qualora la natura degli effetti o del prodotto lo giustificano" è suggerita dalla legge europea. Si considera necessaria solo quando le attività vantate sono inusuali per la categoria specifica. Così, non occorre dimostrare l'attività detergente di uno shampoo, mentre l'eventuale capacità idratante del cuoio capelluto, meno usuale, richiederà prove specifiche. Nei casi di proprietà innovative (...protegge da tutti gli aggressori chimici) o circostanziate (es. livello di protezione solare) allora le dimostrazioni spe-

rimentali diventano indispensabili. L'adempimento valutativo diventa necessario quando un prodotto si dichiara superiore rispetto a quelli del mercato, o è rivolto a un tipo di consumatore definito (...adatto alla pelle dei neonati) o impiegato su cute in condizioni di disequilibrio (...per pelli irritate) o quando l'intensità e durata delle azioni vantate (...idratata a lungo l'epidermide) sono ben specificate.

Metodi e protocolli di dimostrazione sono descritti nella letteratura scientifica internazionale. Le prove *in vivo*, su volontari informati, sono di uso più frequente per indagini relative ai prodotti finiti, in cui l'interazione tra prodotto e pelle gioca un ruolo determinante nello sviluppo dell'efficacia attesa. È il momento della verità: il formulatore ha messo tutta la propria competenza e capacità di selezione nella preparazione della miscela cosmetica, ora deve attendere il responso degli strumenti.

Se il risultato positivo è strumentalmente determinato, il consumatore finale sarà in grado di accorgersene?



Come correlare efficacia strumentale e percezioni sensoriali? Sono ormai sviluppati metodi di indagine basati sulla valutazione obiettiva dei cosmetici da parte di esperti sensoriali allenati, in grado di riconoscere e quantificare gli elementi percettivi sviluppati durante l'impiego cutaneo di una crema o di un latte. I loro punteggi fanno parte della comune prassi valutativa, indispensabili per dialogare con un linguaggio comune, quello sensoriale, con il consumatore finale. Nel cosmetico, l'efficacia dimostrata fa parte del bagaglio di comunicazioni da trasmettere a chi userà il prodotto. Rimane l'ostacolo del come far recepire il risultato scientifico obiettivo al consumatore. Condizioni d'uso, frequenza di impiego, durata e dosaggi, selezione dei volontari (sesso, età, caratteristiche cutanee, criteri di disequilibrio cutaneo per prodotti anti-età o per pelle grassa) prodotto di riferimento (placebo) numero di volontari in prova sono noti, ma non si può racchiudere il tutto facilmente in una comunicazione leggibile dai non esperti, accattivante e che non sia priva di incanto sensoriale.

Conclusioni

L'abbiamo detto, l'elenco degli ingredienti non può essere utilizzato per valutare la qualità di un prodotto cosmetico in quanto non è possibile estrapolare da esso informazioni quali purezza degli ingredienti, stabilità del formulato, tollerabilità d'uso. Formulare in modo moderno, unendo vegetale e sintetico richiede una serie di procedure delicate, precise e di sistema che non possono essere banalmente minimizzate. Significa selezionare e combinare gli ingredienti in modo intelligente, tenendo presente che stabilità, sicurezza ed efficacia di una formula sono dipendenti anche dalla capacità del cosmetico di ripristinare l'ecosistema cutaneo, con gli obiettivi di evitare/ridurre tutte le manifestazioni di intolleranza, eliminando ogni sostanza con effetti sensibilizzanti o limitandone l'azione mediante inibizione. Il prodotto cosmetico, un sistema di ordinaria manutenzione cutanea, agisce limitando i fenomeni di disidratazione, riparando i danni di barriera, riequilibrando l'alterazione lipidica, evitando la denaturazione proteica, etc. La vera naturalità di un prodotto cosmetico ben formulato sta nella sua semplicità formulativa, nell'abilità di combinare in modo sinergico un numero di ingredienti limitato, evitando, magari, il processo ormai usurato dell'uso

di "ingredienti di comunicazione", usando sì estratti vegetali, ma controllando il livello di purezza (assenza di pesticidi, solventi di estrazione, sostanze incognite). Inoltre vanno verificate in modo corretto le sue interazioni con il sistema epidermico e la loro efficacia. Qualità significa purezza certificata e livello basso di impurezze note, con il minimo possibile di antibatterici, in confezioni anti-inquinanti, ma senza rischi di scarsa preservazione microbica, e con criteri di stabilità controllata in dettaglio. Questi sono i parametri che rappresentano veramente la fonte dell'innocuità insieme a misure di efficacia regolarmente documentate e non, come frequentemente avviene, largamente inventate.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Regulation (EC) No. 1223/2009 of the European Parliament and of the Council, of 30 November 2009, on cosmetic products, *Official Journal of the European Union*, 59-209; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009R1223>
- [2] Commission Regulation (EU) No 655/2013 of 10 July 2013 laying down common criteria for the justification of claims used in relation to cosmetic products, *Official Journal of the European Union*, 31-34; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/TXT/?uri=CELEX:32013R0655>
- [3] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety] Guidance on the Safety Assessment of Nanomaterials in Cosmetics, The SCCS adopted this opinion at its 15th plenary meeting of 26-27 June 2012; http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_s_005.pdf
- [4] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2012, Opinion on Zinc Oxide (nano form), COLIPA n° S76, 18 September; http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_103.pdf
- [5] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2013, Opinion on Titanium Dioxide (nano form), COLIPA n° S75, 22 July; https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_136.pdf

- [6] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2013, Opinion on Carbon Black (nano-form), 12 December; https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_144.pdf
- [7] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2014, Opinion for clarification of the meaning of the term “sprayable applications/products” for the nano forms of Carbon Black CI 77266, Titanium Oxide and Zinc Oxide, 23 September; https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_163.pdf
- [8] <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/>
- [9] A.A. Tandara *et al.*, *Wound Rep. Reg.*, 2007, **15**, 497.
- [10] K.D. O’Shaughnessy *et al.*, *Wound Rep. Reg.*, 2009, **17**, 700.
- [11] R.W. Short *et al.*, *Clin. Exp. Dermatol.*, 2006, **32**, 88.
- [12] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2015, Opinion on decamethyl-cyclopentasiloxane (cyclopentasiloxane, D5) in cosmetic products, 25 March; https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_174.pdf
- [13] M. Mittelbach, S Schober, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 2003, **80**(8), 817.
- [14] World Health Organization - International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, Part 2, Carbon Blacks, Mineral Oils (Lubricant Base Oils and Derived Products) and Some Nitroarenes, vol. 33, April 1984.
- [15] J.C. Di Nardo, *J. Cosmet. Dermatol.*, 2005, **4**(1), 2.
- [16] J.F. Nash *et al.*, *Food Chem. Toxicol.*, 1996, **34**(2), 213.
- [17] S. Lorena *et al.*, *Dermatol. Res. Pract.*, 2012; <http://dx.doi.org/10.1155/2012/198789>
- [18] A. Pappas *et al.*, *Lipids and Skin Health*, Pappas, New York, 2015.
- [19] Regolamento (UE) N. 358/2014 della Commissione del 9 aprile 2014 che modifica l’allegato II e l’allegato V del regolamento (CE) n. 1223/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio sui prodotti cosmetici, Gazzetta ufficiale dell’Unione europea, L 107, 5-9; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R0358>
- [20] Regolamento (UE) N. 1004/2014 della Commissione del 18 settembre 2014 che modifica l’allegato V del regolamento (CE) n. 1223/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio sui prodotti cosmetici, Gazzetta Ufficiale dell’Unione Europea, L 282, 5-8; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A32014R1004>
- [21] SCCS [Scientific Committee on Consumer Safety - European Commission], 2012, on Fragrance allergens in cosmetic products, 26-27 June; http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_102.pdf
- [22] Guidance document on the demarcation between the cosmetic products Directive 76/768 and the medicinal products Directive 2001/83 as agreed between the commission services and the competent authorities of member states; http://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/products/borderline-products/index_en.htm
- [23] Guidance document agreed between the Commission services and the competent authorities of Member States for the biocidal products Directive 98/8/EC and for the cosmetic products Directive 76/768/EEC (2004). (Documento non più disponibile on-line).
- [24] Manual on the scope of application of the Cosmetics Regulation (EC) No 1223/2009 (Art. 2(1)(a)) (April 2018); http://ec.europa.eu/growth/sectors/cosmetics/products/borderline-products/index_en.htm

Cosmetics: Reading the Label

The identity card of a cosmetic product is its label. A complex of elements, synthesized in a small space, having as a consequence a whole series of misinterpretation by some web addicts, that pretend to be able to judge the quality of a cosmetic just by reading its ingredients’ list.



POWERING YOUR COMPANY

WWW.AGICOM.IT



CARLA VILLA

FOUNDER E CEO ACCADERMICA SRL
DIFAR - DIPARTIMENTO DI FARMACIA, SEZIONE DI CHIMICA
DEL FARMACO E DEL PRODOTTO COSMETICO
UNIVERSITÀ DI GENOVA
VILLA@DIFAR.UNIGE.IT

GREEN COSMETIC CHEMISTRY: UN APPROCCIO ECOSOSTENIBILE. INGREDIENTI “VERDI” DA SCARTI DELL’INDUSTRIA AGRO-ALIMENTARE

Accadermica è una start up innovativa, spin off dell’Università degli Studi di Genova, che si occupa, in un’ottica di sostenibilità ed economia circolare, dello sfruttamento di scarti agroalimentari per l’ottenimento di nuovi estratti “verdi” con proprietà cosmeceutiche e nutraceutiche.



Premessa

Pressioni di carattere normativo [1] unitamente ad una sempre maggiore attenzione e coinvolgimento da parte di professionisti e consumatori, hanno fatto sì che la sicurezza dei prodotti in relazione alla salvaguardia dell’ambiente e dell’uomo divenisse un elemento di primaria importanza in tutto il comparto chimico industriale. Il tema dell’ambiente e, più in generale, della sostenibilità sta assumendo un ruolo sempre più strategico nell’attività delle imprese, che continuano a sforzarsi di individuare nuove occasioni di crescita e opportunità per migliorarsi ulteriormente e aumentare la propria competitività.

Una testimonianza del diffondersi di tale tendenza è anche il crescente numero di aziende che, in linea con l’orientamento dell’Unione Europea [2, 3] ha aderito al Programma “Responsible Care”

rivolto a questo settore a livello mondiale [4]. Nella conduzione d’impresa, abbandonare la logica del puro profitto per integrare concetti di responsabilità sociale e ambientale è oggi considerato interessante non solo per le ricadute positive sulla collettività, ma anche per una serie di vantaggi in termini di business e innovazione. Non a caso l’Unione Europea ha destinato risorse molto appetibili alla ricerca industriale per creare valore e competitività sul mercato secondo criteri di ecosostenibilità con programmi come il CIP (Competitive and Innovation Framework Programme - programma quadro per la competitività e l’innovazione 2007-2013) [5] e in seguito con Horizon 2020 (Programma Quadro dell’Unione Europea per la ricerca e l’innovazione) [6].

L’industria cosmetica è coinvolta ampiamente in questo processo eco-innovativo in quanto costituisce un ramo della chimica in continua evoluzione, caratterizzato dalla costante e crescente domanda di nuove soluzioni e prodotti *ecofriendly* che rendono la sostenibilità come *driver* di grande competi-



tività. Lo sviluppo di ingredienti cosmetici verdi, di derivazione vegetale, è un filone sempre più seguito della ricerca cosmetologica, sostenuto da importanti acquisizioni scientifiche circa l'efficacia di molti principi attivi ottenuti da piante, in diversi ambiti della funzionalità cosmetica, e anche da una rilevante fortuna di mercato.

La conferma viene anche dagli ultimi dati di Cosmetica Italia: nel 2016 l'offerta di cosmetici in Italia ha coinvolto 3215 lanci e ha rappresentato il 48% dei consumi. Non solo, il fatturato green delle aziende italiane è stimato a 950 milioni di euro, pari al 9% del fatturato cosmetico italiano [7].

In linea con le tendenze della chimica moderna, la ricerca in campo cosmetico ha dunque sviluppato un approccio che viene definito *Green Cosmetic Chemistry* [8].

Se nei primi anni tale filosofia ha rappresentato principalmente una tendenza a ricercare solo nuove materie prime "naturali" attraverso l'impiego di derivati botanici, oggi essa ha assunto un'accezione più ampia, che prevede il rispetto dell'ambiente e la tutela della biodiversità attraverso studio, progettazione e sviluppo di nuovi ingredienti, formule e processi sostenibili, riduzione del consumo energetico (anche attraverso l'impiego di fonti alternative) e sfruttamento di materie prime da risorse naturali rinnovabili (possibilmente a chilometro zero) secondo i principi della *Green Chemistry* e della *Green Extraction* [9, 10].

Formulare abbracciando questa filosofia, privilegiando l'uso di nuovi ingredienti di derivazione vegetale, nel rispetto della biodiversità, implica maggior impegno connesso allo studio di compatibilità degli ingredienti, performance e stabilità del preparato che si riflettono in un aumento dei tempi e dei costi nello sviluppo del cosmetico finito. È quindi indispensabile trovare un equilibrio tra l'attenzione alla massima naturalità e l'esigenza di dare al consumatore un prodotto stabile e sicuro, gradevole, che garantisca nel tempo la sua efficacia, ad un prezzo competitivo. Alla fine ciò che si ottiene è sempre un buon compromesso e questo aspetto dovrebbe essere ben chiarito al consumatore avvalendosi di una comunicazione onesta ma efficace, attraverso strategie di *Green Marketing* [11].

Progetto

Con questi obiettivi ambiziosi, nel *Green Cosmetic Laboratory*, Sezione di Chimica del Farmaco e del Prodotto Cosmetico del Dipartimento di Farmacia dell'Università di Genova è stato concepito il progetto vincitore della "Smart Cup Liguria 2014" [12] per la sezione Agro-food and CleanTech, oggi riconosciuto brevetto nazionale [13]. Il gruppo di ricerca focalizza da più di 15 anni l'attenzione su sviluppo e applicazione di metodologie e processi a basso impatto ambientale per l'ottenimento di ingredienti cosmetici più sostenibili [14, 15].

Il nuovo progetto ha visto lo studio, la progettazione e l'estrazione d'ingredienti bioattivi «verdi», da sottoprodotti agroalimentari per offrire una "seconda vita" agli scarti, utilizzando le microonde come fonte energetica alternativa [15], mediante una tecnologia estrattiva *solvent free* conosciuta come *Microwave Hydrodiffusion and Gravity* [17] (Fig. 1).



Fig. 1 - Prototipo microonde di Accadermica

I sottoprodotti possono così essere trasformati da ingombranti rifiuti in materie prime (risorse rinnovabili) ad alto valore aggiunto, in un'ottica di economia circolare.

Questo permette il recupero di frazioni acquose delle matrici vegetali umide esauste (chiamate Acque Essenziali®), ma ancora ricche di ingredienti attivi idrosolubili, quali ad esempio i polifenoli, con proprietà cosmeceutiche o nutraceutiche interessanti; l'estratto non è recuperabile con nessun altro metodo noto e può essere usato tal quale, ad esempio per le peculiari proprietà antiradicaliche, antiossidanti e vasoprotettrici. Inoltre lo scarto residuo del processo, ridotto drasticamente di volume ed essiccato, può essere utilizzabile per produrre energia da combustione.

In questa prima fase di ricerca sono stati presi in considerazione diversi sottoprodotti agroalimentari (vinacce dalla produzione vinicola, frutti rossi e melograno dalla produzione di succhi) e gli estratti ottenuti sono stati caratterizzati per quanto riguarda funzionalità e sicurezza [18].

I migliori risultati sono stati ottenuti con il trattamento delle vinacce. È stato pertanto scelto questo come scarto di elezione nell'ottimizzazione dell'idea e nella prosecuzione del progetto.

Grazie ai risultati ottenuti e ai riconoscimenti conferiti al *business plan* sul territorio nazionale, è scaturita l'idea di creare una start up in grado di produrre e impiegare questi estratti in formulazioni cosmetiche sostenibili che rispondessero a specifiche richieste del mercato e del consumatore, sensibile e attento alle attuali problematiche ambientali.

È nata così la start up innovativa Accadermica [19], spin off dell'Università degli Studi di Genova, costituita da 4 donne ricercatrici dell'ateneo stesso (Fig. 2), il cui nome vuole richiamare il mondo accademico che si prodiga nella ricerca scientifica per la cura e la salute della pelle.

Il progetto si è quindi concretizzato e ampliato. Accadermica ha infatti potuto proporre, attraverso il canale "Farmacia", sul territorio locale e nazionale, nuovi prodotti finiti funzionalizzati, ad alta percentuale di attivo, utilizzando come punti di forza le competenze trasversali dei componenti del gruppo, la sostenibilità delle materie prime e dei pro-



Fig. 2 - Team di Accadermica. Da sinistra: dott. Chiara Lacapra, dott. Silvia Rum, prof. Marcella Guarrera, prof. Carla Villa

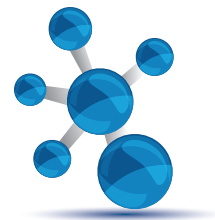
cessi, la trasparenza dell'informazione attraverso strategie di *green marketing*.

La scelta del canale distributivo è scaturita da studi di settore mirati. Senza dubbio, specialmente nell'ultimo decennio, le dinamiche di acquisto di cosmetici in farmacia esprimono andamenti sempre più sostenuti rispetto a canali attigui come la profumeria, la distribuzione organizzata e, in parte, anche l'erboristeria, che condivide con la farmacia i primati di tenuta a cavallo delle ultime crisi congiunturali.

Tutte le ultime indagini commissionate, aventi per oggetto lo studio delle modulazioni nell'atteggiamento di acquisto tra i canali, confermano le tendenze registrate dai livelli di consumo: se per la profumeria la possibilità di richiedere un consiglio professionale, l'assortimento generale di marche e prodotti e il buon rapporto qualità/prezzo rappresentano punti fermi di competitività largamente riconosciuti, il canale farmacia vede, invece, la specificità e la qualità dei prodotti venduti tra le principali motivazioni che spingono all'acquisto del cosmetico. La parola chiave, in grado di connettere più tipologie di utenza e di concorrere alla fidelizzazione del cliente, è "fiducia", in stretto collegamento con la ricerca del consiglio di un professionista laureato e dell'effetto "camice bianco" [20].

Risorse rinnovabili

Il termine *Circular Economy*, usato per la prima volta solo nel 1990 da due economisti britannici [21], indica la "scoperta" della finitezza delle risorse del



nostro Pianeta e la sempre più stringente necessità di confrontarsi con tale limite per garantirne la disponibilità, limitandone gli sprechi e puntando, in particolare, sull'uso di risorse "rinnovabili".

Questi concetti si sono definitivamente consolidati nel dicembre 2015 grazie al programma proposto dall'Unione Europea "L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione Europea per l'Economia Circolare" [22] in cui la *Circular Economy* è proposta come architrave per uno sviluppo economico sostenibile, caratterizzato da sempre più scarsi rilasci di anidride carbonica, da efficienza (nell'uso delle risorse) e competitività, in grado di attivare un processo del quale dovranno essere protagonisti i consumatori e le imprese.

Da quel momento anche gli scarti non sono più considerati come rifiuti "ingombranti", ma preziosi sottoprodotti riutilizzabili e gli studi sullo sfruttamento e riciclo di rifiuti organici sono cresciuti enormemente grazie a sempre più numerose ricerche accademiche e industriali, anche supportate e stimolate nell'ambito di progetti europei [23].

Il settore agroalimentare, in particolare, produce enormi quantità di residui solidi, spesso inquinanti, difficili e costosi da smaltire. Solo per l'industria della vinificazione, alcune stime indicano una disponibilità annua di più di 7 milioni di quintali di vinacce che risultano inutilizzati per 3/4 dei loro volumi [24].

Le loro potenzialità come risorse riciclabili rappresentano una grande sfida in un comparto industriale come quello cosmetico, che abbraccia i valori di sostenibilità, richiesta a gran voce dai consumatori, traducendo una parola quasi inflazionata in concrete caratteristiche di materie prime realmente innovative ed ecologiche.

La vinaccia

Nell'industria vitivinicola le vinacce sono abbondanti sottoprodotti, onerosi da smaltire [25], ma ancora ricchi in fenoli e polifenoli liberi e complessi. Se da un lato sono considerati inquinanti perché aumentano la domanda chimica e biochimica di ossigeno, con effetti dannosi per la flora e la fauna delle zone di scarico [26], sono anche tra i maggiori responsabili degli effetti salutisti-

ci per la loro notevole attività antiossidante [27]. Diversi fattori influenzano la concentrazione e la composizione dei polifenoli nell'acino d'uva, quali la cultivar, la composizione del suolo, il clima etc. I polifenoli, inoltre, non risultano omogeneamente distribuiti fra le diverse parti dell'acino: mentre la polpa ne è quasi completamente priva, le concentrazioni più alte si osservano a livello della buccia e dei vinaccioli. Anche la composizione delle miscele fenoliche varia nei diversi compartimenti del frutto: gli antociani, ad esempio, si trovano principalmente a livello dei vacuoli delle cellule della buccia ed eccezionalmente nella polpa; i flavan-3-oli sono presenti in tutte le parti solide (bucce, semi, raspi); i flavonoli ed il resveratrolo si ritrovano esclusivamente nella buccia [28].

L'idea di sfruttare le proprietà benefiche del vino in campo cosmetico fu di due viticoltori del Bordeaux i quali per primi proposero bagni nei barili del pregiato vino rosso. I primi veri e propri cosmetici a base d'uva o foglie di vite risalgono, tuttavia, agli anni Novanta con la fondazione, in Francia, dell'azienda Caudalie.

Ad oggi il resveratrolo è considerato una promettente molecola naturale bioattiva dotata di potenzialità fitoterapiche, farmacologiche e cosmetiche. L'interesse rivolto al suo utilizzo in campo cosmetico dipende non solo dalle spiccate proprietà antiossidanti ma anche dall'azione antinfiammatoria, vasorilassante con miglioramento del microcircolo cutaneo ed eudermica con aumento della sintesi del collagene. Tuttavia alcuni studi sottolineano come l'attività antiossidante del resveratrolo sia coadiuvata dalla presenza degli altri polifenoli contenuti nell'uva e come al contrario, da solo, esso necessiterebbe di concentrazioni molto elevate e difficilmente raggiungibili per esercitare una valida efficacia [29]. La distribuzione dei polifenoli all'interno della buccia ha suscitato quindi l'idea di poter utilizzare come materia prima le vinacce di scarto dell'industria vinicola al posto dell'intero frutto.

Il Green Marketing

Le strategie di *Green Marketing* si sono sviluppate negli ultimi anni sulla spinta della sempre più rilevante tendenza dei consumatori ad esprimere



scelte di acquisto consapevoli, finalizzate a premiare le aziende impegnate sul fronte dell'ecologia e a preferire prodotti e servizi più "sostenibili" sotto il profilo ambientale, etico e sociale.

Le prime multinazionali che cominciarono ad occuparsi di *Green Marketing* si concentravano su una segmentazione basata sulla convinzione che i "consumatori verdi" fossero un fenomeno di nicchia e molto legato alle caratteristiche socio-economiche di particolari categorie di individui.

Oggi il consumatore è più attento ed avveduto e non è intenzionato ad acquistare un prodotto "ecologico" senza portare attenzione alle prestazioni qualitative e all'efficacia d'uso dello stesso. Percepisce negli ingredienti *ecofriendly* la garanzia di un alto standard di qualità, sensazione che ha fatto sì che i produttori potessero investire maggiori risorse economiche su questo tipo di cosmetici, andando a incidere anche sui prezzi di consumo; il maggior costo e la qualità intrinseca hanno permesso di posizionare i cosmetici nella fascia alta di mercato. È importante quindi attribuire al "prodotto verde" un elevato livello di qualità in termini di prestazioni funzionali ed estetiche, ad un prezzo competitivo accanto all'attenzione per la salvaguardia dell'ambiente.

È altrettanto strategico e determinante rendere sempre più numerose le persone desiderose e capaci di scelte eco-sostenibili attraverso l'informazione, estendendo gli stili di vita ecologici fuori dalle attuali nicchie verdi, con processi culturali che rendano attraenti le scelte ecologiche e deplorablevoli le prassi attuali. La maggior parte dei

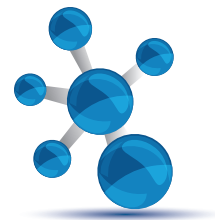
consumi non-ecologici è determinata dalla mancanza di informazioni, consapevolezza, alternative. La cultura quindi sarà un elemento importante per far sì che i consumatori non si fermano davanti a prezzi più alti rispetto a prodotti cosmetici tradizionali [30].

A fronte di un termine come "sostenibilità" ormai sfruttato ed abusato, che rischia di perdere di significato, il *Green Marketing* deve cercare di conquistare il consumatore attraverso un messaggio semplice ed onesto di trasparenza, autorevolezza e credibilità, ma di grande attrattiva, senza ricadere nel fenomeno del *greenwashing* (termine anglosassone coniato per riferirsi alle situazioni in cui un'azienda impiega più risorse ad affermare la propria sensibilità ambientale e/o i benefici ambientali dei propri prodotti, piuttosto che mettere in atto misure per ridurre l'impatto ambientale) [31]. Questo può comportare un danno in termini di immagine e credibilità dell'impresa.

Uno dei fattori critici di debolezza della cosmetica "verde", che ne minaccia un'ulteriore espansione, è ancora la mancanza di standard che certifichino in modo univoco, secondo parametri mondiali, la *greenness* di un prodotto; ad oggi è presente solo la linea guida ISO 16128 sui cosmetici biologici e naturali, peraltro molto discussa: *Guidelines on technical definitions and criteria for natural and organic cosmetic ingredients and products* [32].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva 2006/121/CE e regolamento (CE) n. 1907/2006 del Parlamento e del Consiglio europeo concernente la Registrazione, la Valutazione, l'Autorizzazione e la Restrizione delle sostanze chimiche (REACH), Gazzetta Ufficiale Europea 30 dicembre 2006.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L:2006:396:TOC>
- [2] Commissione della Comunità Europea, LIBRO BIANCO COM (2001), 88 definitivo "Strategia per una politica futura in materia di sostanze chimiche", Bruxelles, 27 febbraio 2001;
http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/sostanze_pericolose/libro_bianco.pdf



- [3] Commissione della Comunità Europea, LIBRO VERDE COM(2001) 366 definitivo “Promuovere un quadro europeo per la responsabilità sociale delle imprese”, Bruxelles, 18/7/2001; [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com\(2001\)366_it.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/committees/deve/20020122/com(2001)366_it.pdf)
- [4] M. Givel, *Health Policy*, 2007, **81**(1), 85.
- [5] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006D1639&from=IT>
- [6] <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020>
- [7] https://www.cosmeticaitalia.it/documenti/a_centrostudi/Atti_convegni/Centro-Studi-Making-Cosmetics-27.11.pdf
- [8] J. Clarck, L. Summerton, *Cosmetic & Toiletries*, 2013, **123**(3), 69.
- [9] P.T. Anastas, J.C. Warner, *Green Chemistry: Theory and Practice*, Oxford University Press, New York 1998.
- [10] F. Chemat, M.A. Vian, G. Cravotto, *Int. J. Mol. Sci. Int. J. Mol. Sci.*, 2012, **13**, 8615.
- [11] F. Iraldo, M. Melis, Green marketing. Come evitare il *greenwashing* comunicando al mercato il valore della sostenibilità, Gruppo Il Sole 24 ore, Roma, 2012.
- [12] <http://www.smartcupliguria.it/>
- [13] C. Villa *et al.*, Estratto ottenuto da materiale vegetale, composizione contenente detto estratto e dispositivo per la produzione del detto estratto, 102015000088909 UB2015A009806, *Accadermica* (3 luglio 2018).
- [14] C. Villa *et al.*, *Green Chemistry*, 2003, **5**, 623.
- [15] C. Villa, Green “Cosmetic Ingredients and Processes”, in *Analysis of Cosmetic Products*, 2nd Ed., Elsevier, Philadelphia, 2017, 303.
- [16] C. Leonelli, C. Villa, *Il riscaldamento a microonde. Principi ed applicazioni*, Pitagora Editrice, Bologna, 2008, 205; ISBN 88-371-1699-3.
- [17] F. Chemat, G. Cravotto, *Microwave-assisted Extraction for Bioactive Compounds, Theory and Practice*, Springer, Food Engineering Series, New York, 2013.
- [18] R. Boggia, F. Turrini *et al.*, *Pharmaceutical*, 2016, **9**, 63.
- [19] <http://www.Accadermica.it>
- [20] <https://www.cosmeticaitalia.it/centrostudi/Beauty-Report-2018>
- [21] D.W. Pearce, R.K. Turner, *Economics of natural resources and the environment*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1990.
- [22] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A52015DC0614>
- [23] A. Muratori, “Al rush finale il pacchetto di direttive per gestire i rifiuti secondo l’Economia Circolare”, *Ambiente & Sviluppo*, marzo 2018.
- [24] V. Novello, *L’informatore agrario*, 2015, **33**, 61.
- [25] Decreto n. 7407 del 4 agosto 2010, Modifiche all’articolo 5 del decreto ministeriale 27/11/2008, n. 5396, concernente “Disposizioni di attuazione dei regolamenti (CE) n. 479/2008 e n. 555/2008 per quanto riguarda l’applicazione della misura della distillazione dei sottoprodotti della vinificazione”.
- [26] M.N. Bustamante *et al.* *Waste management*, 2008, **28**, 272.
- [27] C.H. Chan, R. Yusoff *et al.*, *J. Chrom. A*, 2011, **1218**, 6213.
- [28] G. Ruberto, *et al.*, *Food Chemistry*, 2007, **100**, 203.
- [29] S. Straniero, G. Cavallini *et al.*, *G. Gerontol.*, 2010, **58**, 173.
- [30] J. Grant, *Green Marketing. Il Manifesto*, Brioschi Editore, Milano, 2009.
- [31] <https://www.greenious.it/greenwashing-mondo-delle-imprese-inganna-consumatore/>
- [32] <https://www.iso.org/standard/62503.html>

**Green Cosmetic Chemistry:
Ecosustainable Approach.**

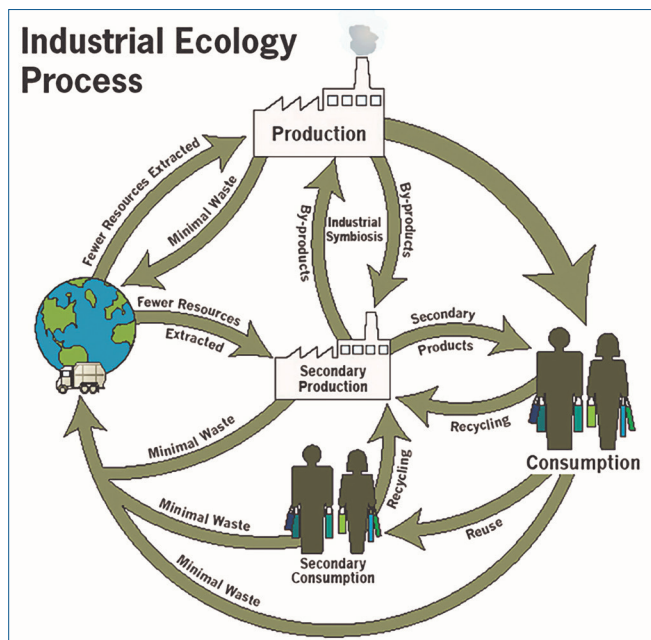
Green Ingredients from Agro-food Waste

Accadermica is an innovative start up, spin off of the University of Genova, which deals with the exploitation of agrofood waste to obtain new green extracts with nutraceutical and cosmetic properties, according to the emerging concepts of sustainability and circular economy.



ECOLOGIA INDUSTRIALE: UN INDIRIZZO CONCRETO E VINCENTE VERSO LO SVILUPPO SOSTENIBILE

Lo sviluppo sostenibile non è solo un requisito ampiamente reclamato ma soprattutto un dovere morale che può e deve diventare un nuovo modo di concepire le attività umane. L'approccio deve avvenire su basi scientifiche, sia nella progettazione sia nella revisione di progetti, illuminato dal faro guida dell'ecologia industriale, mentre il Life Cycle Assessment fornisce l'opportunità di un'analisi completa e strutturata degli impatti.



Passato, presente e futuro

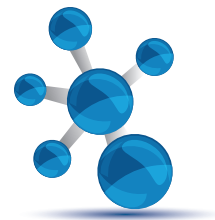
Decisamente lungimirante l'ornitologo, illustratore e pittore John James Audubon che oltre duecento anni or sono ammoniva sostenendo che «un vero fautore della tutela dell'ambiente è un uomo consapevole del fatto che il mondo non gli è stato consegnato dai suoi padri ma è stato preso in prestito dai

suoi figli». Queste lapidarie parole acquistano ancor più significato nella nostra epoca, purtroppo caratterizzata da noncuranza e da disastri ambientali senza precedenti. La nostra generazione ha l'onere e l'onore di affrancare la chimica e i processi industriali in genere, rimuovendo da essi gli attributi negativi che nel passato ne hanno pesantemente minato la reputazione.

In epoca contemporanea, l'economista Herman Daly [1] propone una visione di sviluppo sostenibile che non lascia spazio alle interpretazioni, affermando che è opportuno «svilupparsi entro la capacità di carico degli ecosistemi», dove il peso dell'impatto antropico nel prelevare risorse e nel conferire scarti non deve alterare gli equilibri della natura.

Una chimica quantomeno distratta lascia certamente dietro di sé un passato da correggere: dei milioni di tonnellate di composti non trattati rilasciati nell'ambiente vi sono tracce visibili ancora oggi. Valga su tutti il disastro di Bhopal [2] che può essere considerato lo spartiacque fra il prima e il dopo, fra l'inettitudine e l'inizio di una nuova saggezza.

Dagli anni Settanta si è verificata una decisa impena del numero di norme ambientali [3], risultato di una forte volontà di rimediare agli errori del passato, cui si sono successivamente affiancate le norme vo-



lontarie ISO 14000 [4], standard internazionali per la gestione ambientale delle organizzazioni, oggi allineati alla struttura di alto livello Annex SL [5] che ne prevede lo sviluppo sullo schema sinottico varato nel 2015 [6].

Conseguenza ne è stata che dal 1989 al 2015 si sono registrate riduzioni davvero consistenti delle emissioni in aria, (ossidi di azoto -91%, composti organici volatili -92%), delle emissioni in acqua (metalli pesanti -36% dal 1989 al 2011, azoto -62%, domanda chimica di O₂ -80%), della produzione di rifiuti industriali (-12% dal 2005 al 2011, con un incremento del 122% di quelli destinati al recupero), del consumo di acqua (-24% dal 2005 al 2011). Dal 2000 vi è anche evidenza di una rilevante diminuzione della frequenza degli infortuni sul lavoro (-55%) e la riduzione della loro gravità (-46%) [7]. Un impegno, questo, che porta oggi l'industria petrolifera a essere in Italia il primo settore manifatturiero per minor numero di incidenti sul lavoro, e la chimica farmaceutica il più sicuro per quanto riguarda le malattie professionali [8].

Considerate le proiezioni relative ai fabbisogni e ai consumi di un pianeta demograficamente in forte espansione [9], c'è ancora molto da fare, ma certamente la strada imboccata è quella giusta.

Al contrario non giova, anzi è fortemente controproducente, un atteggiamento di indifferenza, di immobilismo, o ancor peggio di ostruzionismo o di boicottaggio, soprattutto se dettati da idee preconcepite, magari in assenza delle necessarie competenze, peggio ancora se pilotati da interessi.

Una questione spinosa

La controversa vicenda della CO₂, acclamata a furor di popolo quale progenitrice di tutti i mali in ambito climatologico - e non solo - del nostro pianeta, non sembra mettere tutti d'accordo, e presenta qualche forzatura. L'aver identificato un capro espiatorio allontana da una disamina che meriterebbe essere più approfondita e articolata e richiederebbe maggiore capacità critica. La tematica è infatti molto complessa ed è pervasa da disinformazione.

Innanzitutto non si tratta di CO₂ ma di tCO₂e, ossia di tonnellate di CO₂ equivalente, per il gioco dei fattori di peso che riportano in proporzioni prestabilite tutti

i gas a un'unica unità di misura [10]. Il fisico irlandese John Tindall fu il primo a identificare nel 1863 il principale gas serra nel vapore acqueo [11]. Esso ne rappresenta circa il 95%, mentre la rimanente quantità è composta di tracce di CH₄ (0,1% da attività umane), N₂O e CFC e di circa il 5% di CO₂, della quale solo il 5% è derivato dalle attività umane, il che ne porta la percentuale assoluta a non oltre lo 0,3% [12]. Oltre cento anni prima, nel 1753, il chimico e medico scozzese Joseph Black rilevò in modo indiretto la presenza di CO₂ nell'atmosfera [13]. Nel 1827 il matematico e fisico Jean-Baptiste Fourier (noto soprattutto per la sua famosa «F-trasformata», applicazione risolutiva di calcoli complessi che si realizza attraverso il calcolo integrale) fu il primo a parlare di effetto serra, in assenza del quale il nostro pianeta registrerebbe temperature medie di 30 °C in meno rispetto a quelle attuali, che sono di circa +15 °C, risultando così invivibile in larga parte delle sue aree [14].

Occorre considerare che una nutrita porzione della comunità scientifica internazionale (decine di migliaia di scienziati di oltre cento Paesi, dei quali oltre settanta premi Nobel) ha manifestato serie perplessità circa il fatto di archiviare la questione in modo superficiale, con la messa alla gogna della CO₂, tramite la presentazione di pacati documenti ufficiali già a partire dall'Earth Summit di Rio del 1992 tramite lo Heidelberg Appeal [15] e dopo la pubblicazione del Protocollo di Kyoto [16] nel 1997 con la Oregon Petition [17]. Questo, come qualsiasi altro dato assunto in modo isolato, non presenta alcuna utilità se non parametrato a un prima e a un dopo, a uno scenario consuntivo e ad uno prospettivo che prendano in considerazione tutti gli elementi di pertinenza e le loro interazioni.

Quanto appena enunciato non vuole certo distrarre dalla questione ma piuttosto richiamare l'attenzione sull'importanza dell'epistemologia, senza seguire i criteri della quale la ricerca scientifica rischierebbe di prendere frequenti e colossali abbagli.

Non si può inoltre sottovalutare o peggio ancora ignorare la potenza dell'attività del Sole, nostra primaria fonte luce e di calore (e non solo: devastanti sono stati gli effetti delle terribili tempeste magnetiche solari del 1859 e del 1989), che ha un volume

di oltre 1,3 milioni di volte maggiore del nostro minuscolo pianeta: ogni cambiamento nella sua attività si ripercuote inevitabilmente su tutti i pianeti del nostro sistema planetario. Su Marte, ad esempio, si registrano cambiamenti «climatici» paralleli ai nostri, pur non essendo esso abitato da marziani distratti o indifferenti [18].

La storia della meteorologia insegna e non dovrebbe essere trascurata. I cicli dell'attività solare sono incredibilmente costanti e ogni volta che si registrano conseguenti grandi variazioni sul nostro pianeta l'uomo sembra dimenticarsene.

Il condottiero e navigatore normanno Erik Thorvaldsson, detto «Erik il Rosso», esiliato per omicidio, dovette mettersi in navigazione e nell'anno 985 approdò su una fantastica isola verde e rigogliosa, che deve a queste caratteristiche il suo nome, e non certo ai ghiacci che oggi la ricoprono quasi interamente: la Groenlandia. In quel tempo la popolazione mondiale era di poco più di duecentocinquanta milioni di unità contro i sette miliardi dei giorni nostri, e le prime attività industriali organizzate sarebbero arrivate soltanto settecento anni più tardi [19].

Fra i tanti citabili, un esempio opposto è quello del congelamento della laguna veneta (-17 °C a Venezia) registrato nell'anno 1709, che permise a carri e artiglieria di attraversarla su una continua superficie ghiacciata. Ciò accadde verso la fine del quarantennio 1675-1715, che fu caratterizzato da un'attività solare molto scarsa, ovvero da una situazione in cui il numero di macchie solari si ridusse al minimo storico (minimo di Maunder) e gli inverni europei registrano punte insolite di gelo [20].

Consapevolezza e responsabilità a prescindere

Ciò non esime chiunque abiti il nostro pianeta dal non lordarlo, soprattutto chi è titolare di progetti e di attività che possiedano un potenziale di impatto. Il rischio di concentrarsi sul singolo e isolato fattore impattante, il colpevole designato del momento, è quello di trascurare gli altri impatti riguardanti le attività umane, altrettanto necessari di attenzioni e di analisi. È quanto mai necessario non perdere la visione d'insieme, in modo da conferire alle generazioni future il prestito che abbiamo a nostra volta ottenuto, con interessi il più possibile attivi e lasciando in ere-

dità una cultura della consapevolezza e del rispetto più robusta di quella passata. Il singolo soggetto ha grandi responsabilità in quanto titolare di comportamenti che possono fare la differenza, tuttavia il ruolo di maggior peso è in carico alle istituzioni. Ad esse è attribuito il dovere di informazione, di orientamento, di supporto e di costruzione e gestione di adeguate infrastrutture che permettano di mettere in atto comportamenti virtuosi. A solo titolo d'esempio, in Italia il totale dei chilometri di strade ferrate è di oltre nove volte inferiore al totale dei chilometri di strade per il trasporto su gomma, contro un rapporto di uno a tre della Germania e di uno a cinque nell'Europa dei quindici. Il trasporto su acqua è anch'esso largamente trascurato, pur essendo la nostra penisola in gran parte circondata dal mare, oltre a presentare corsi d'acqua già navigabili o adattabili allo scopo. Se si considera che l'impatto del trasporto su strada (1 kg/1 km) è di cinque volte quello su binario e di sedici volte quello su acqua, risulta evidente che la carenza di adeguate infrastrutture non permette al singolo attore di contribuire a pieno per la parte che gli competerebbe [21].

In aggiunta, la sostenibilità è un principio di filiera: un concetto, questo, fondamentale e irrinunciabile. Un attore di filiera che trascura di mettere in opera la sua parte rischia seriamente di vanificare il lavoro degli altri attori virtuosi. Occorre poi non dimenticare che in coda ad ogni filiera è collocato il consumatore, anch'esso titolare di specifiche responsabilità.

La svolta

Il 1987 fu l'anno del proclama «Our Common Future» della politica norvegese Gro Harlem Brundtland, a seguito del quale le attività umane persero il loro baricentro antropocentrico [22].

Fino a quegli anni, la chimica verde era stata una materia che si occupava solo delle trasformazioni da fonti vegetali e delle biotecnologie. Oggi il concetto si è molto allargato e la chimica verde è una materia composta da chimica ed etica ed è caratterizzata da un insieme di criteri, priorità e obiettivi che riguardano la progettazione, la produzione e l'impiego di prodotti e processi chimici efficienti ed efficaci per favorire uno sviluppo sostenibile. Questo prevede la riduzione, se non l'eliminazione, di materiali, fonti

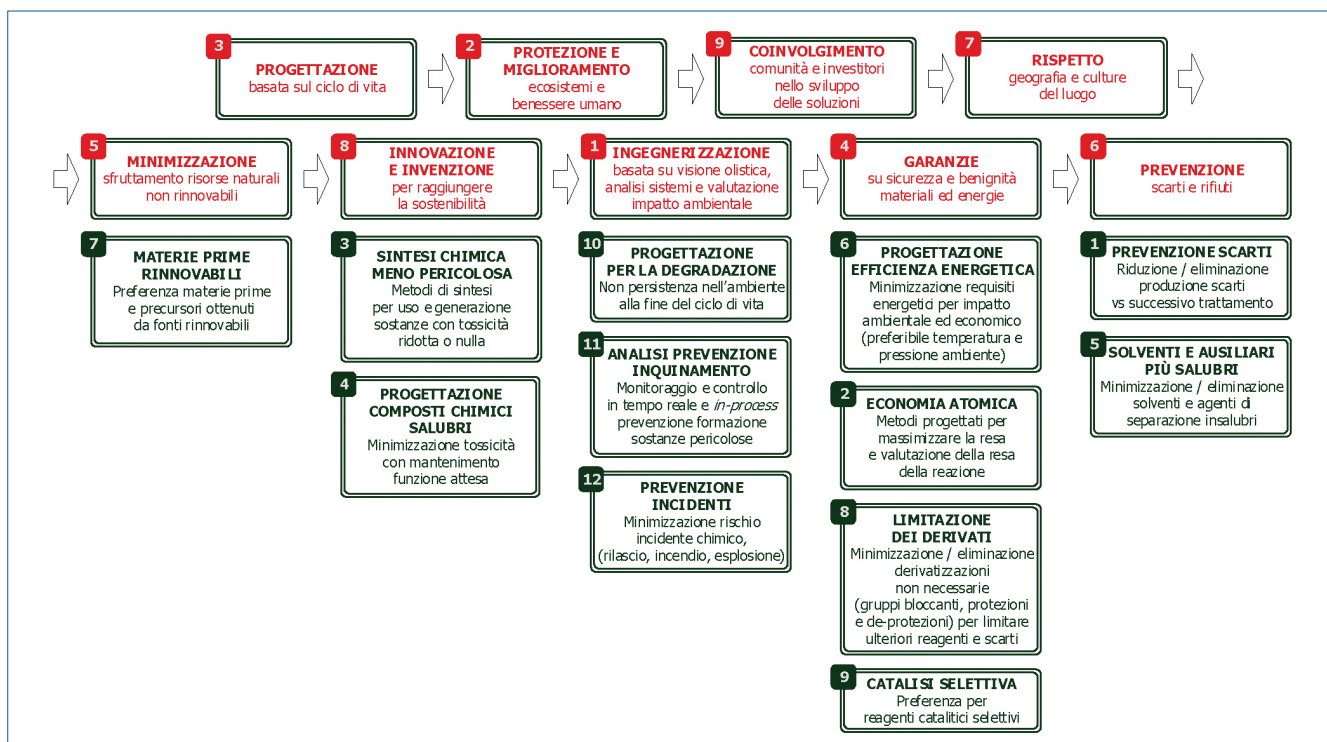


Fig. 1 - Diagramma di relazione tematica fra i nove principi dell'ingegneria verde e i dodici principi della chimica verde

non rinnovabili, energia, rifiuti ed esposizione al pericolo, ovvero del rischio.

La chimica verde ha tuttavia necessità di un supporto strutturale per essere applicata nelle attività su scala industriale. È così che in epoca più recente è stata affiancata da un'altra materia: l'ingegneria verde.

Mentre la chimica verde, che consta di dodici principi ufficialmente codificati, si occupa precipuamente delle trasformazioni chimiche, preoccupandosi di considerare l'uso efficiente delle risorse, la riduzione della pericolosità, dell'insalubrità e dell'impatto ambientale, l'ingegneria verde, con i suoi nove principi (o dodici, a seconda delle classificazioni) [23], ne attua il completamento con la progettazione di processi e sistemi efficienti e le analisi di sistema e di impatto, ma anche con la ricerca di soluzioni alternative compatibili per la progettazione di installazioni che siano sempre più rispettose dell'uomo e dell'ambiente.

Dall'unione di queste due materie nasce l'ecologia industriale, capace di abbracciare e condensare tutti questi concetti verso lo studio del contesto produttivo, ambientale e socio-culturale basato su

un approccio interdisciplinare per la pianificazione e la gestione di sistemi produttivi efficienti ed eco-sostenibili.

Con l'applicazione di questo binomio vincente oggi Bhopal sarebbe solo un elemento di interesse geografico, probabilmente sconosciuto ai più.

Nel diagramma originale riportato alla Fig. 1, è posta in evidenza la stretta correlazione fra i principi della chimica verde e quelli dell'ingegneria verde, con il fine di orientare verso l'immediata comprensione dei contenuti.

È ora facile comprendere che trattandosi di un approccio metodologico complesso e articolato, di una guida seria verso un futuro prossimo più consapevole e responsabile, è insensata e irresponsabile l'appropriazione di questi concetti per fini meramente commerciali, fino a sfociare nel *greenwashing*, ossia la pratica dell'inganno ai danni del consumatore mediante il vanto di benefici ambientali inesistenti per come proposti.

Gli stessi dodici più nove (o dodici) principi dell'ecologia industriale non possono e non devono diventare una *checklist* a punteggio, banalizzando il

Chimica	Ingegneria Chimica	Produzione	Sicurezza, Salute, Ambiente	Gestione
Scelta materiali e fonti	Diagramma di flusso dei processi	Operatività	Emissioni	Costi produzione e processo
Resa e Purezza	Trasferimenti massa/calore	Opportunità modifiche	Trattamento reflui gas-liquidi-solidi	Costi di smaltimento
Selettività	Efficienza energetica	Sicurezza operatori	Rispetto requisiti cogenti	Confezionamento e condizionamento
Identificazione sottoprodotti	Scelta attrezzature	Manipolazione materiali	Sicurezza sito produttivo	Garanzie prodotto
Chimica Fisica	Analisi sistema e impatto	Flussi dei materiali	Prevenzione incidenti	Qualità sistema e prodotto

Fig. 2 - Ecologia industriale: esempio di *team* di sviluppo

lavoro di *team* multidisciplinari di sviluppo che con coscienza e competenza studiano e lavorano per il raggiungimento di obiettivi seri, concreti e stabili. Trattandosi di materia complessa, l'approccio richiesto è appunto multidisciplinare, pertanto le competenze necessarie alla progettazione, allo sviluppo e alla messa in opera sono specifiche e specializzate (Fig. 2).

La risposta dell'industria non si è fatta attendere. Oggi sono numerosi gli esempi di processi moderni e virtuosi ispirati dall'ecologia industriale e quindi ad impatto complessivo estremamente ridotto: da quelli microonde-mediati, impiegati soprattutto per realizzare sintesi ed estrazioni, a quelli per conversione o per catalisi enzimatica, sostitutivi delle reazioni effettuate per via tradizionale, a quelli che prevedono l'impiego di fotobioreattori per la coltivazione di cellule vegetali. Con riferimento a quest'ultimo esempio, è stata oggetto di approfondimento la produzione di Echinacoside, un principio attivo antiossidante, immunostimolante, antinfiammatorio, vulnerario, antisettico, antivirale, antibatterico, destinato ai settori cosmetico, nutrizionale e farmaceutico, che, impiegando un metodo che prevede la coltura di cellule vegetali ottenute per callogenese, evita le problematiche legate alle coltivazioni tradizionali, quali l'impiego di agrofarmaci, la presenza di aflatossine e metalli pesanti e consente la rimarcabile riduzione di tempi, acqua, solventi e superfici di terreno destinate alla coltivazione [24]. L'impiego delle microonde ha invece permesso lo sviluppo di metodiche di sintesi

che presentano grandi vantaggi in termini di impatto ed economici, permettendo di ridurre drasticamente l'impiego di reattivi, temperature, tempi di reazione e dissipazione di energia, e al contempo di aumentare considerevolmente la velocità di reazione. Un esempio preso in esame è quello della sintesi di pigmenti inorganici destinati alla

cosmesi decorativa, ottenuti per sintesi idrotermale anziché tramite sintesi convenzionale [25].

Altrettanto complessa è la tematica dei rifiuti industriali, soprattutto per quanto riguarda le aree più nuove ed innovative, come la chimica farmaceutica e la chimica fine: facendo esse uso di una chimica più complessa e sofisticata, difficilmente riescono ad evitare la produzione di scarti non riciclabili, mentre le aree tradizionalmente ritenute più «sporche», come la petrolchimica e la chimica di base, risultano di norma le più pulite, in quanto i loro scarti diventano più facilmente intermedi di processo o prodotti da utilizzare come tali (Fig. 3) [26]. È da evidenziare che anche le aree più nuove e innovative presentano grandi miglioramenti ed un futuro sempre più roseo, proprio grazie alla messa a punto di metodiche alternative ispirate dai principi dell'ecologia industriale.

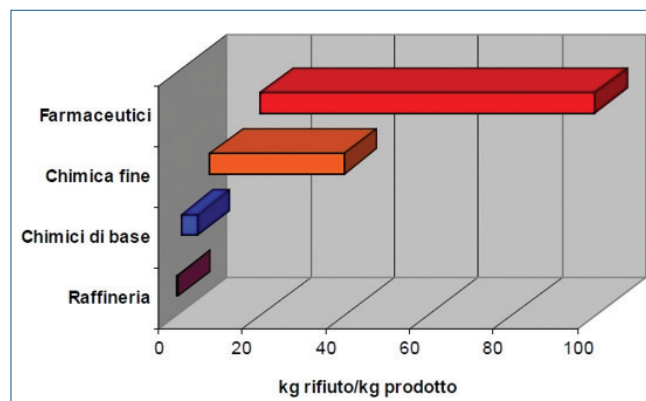
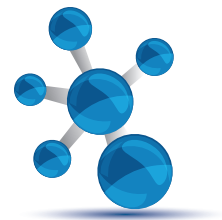


Fig. 3 - Kg di rifiuto per kg prodotto, in alcune delle principali aree di produzione chimica



I settori coinvolti sono quindi i più disparati, tuttavia sono quelli che generalmente richiedono processi chimici più complessi e selettivi, dal farmaceutico, al nutraceutico, al cosmetico, ad avanzare requisiti particolarmente restrittivi che spaziano dal piano progettuale al quello commerciale. Non è da trascurare il lato economico di tale approccio: tutto ha un costo e ciò va considerato e mediato fin dalle prime fasi di un progetto, in modo da non inibirne il successivo sviluppo.

Infine, è necessario tenere presente che non è sufficiente fare le cose bene, occorre anche comunicarle bene: la consapevolezza e il coinvolgimento richiedono una comunicazione genuina, strutturata su elementi attendibili e calibrata sul destinatario. Un buon progetto e una buona comunicazione possono inoltre diventare il volano per rilanciare un'attività e per attivare il processo di ritorno dell'investimento.

La necessità della verifica

Resta da individuare quale strumento analitico impiegare per condurre l'analisi più completa e rigorosa degli impatti delle attività umane. Il metodo oggi

universalmente riconosciuto è quello del *Life Cycle Assessment* (LCA) [27].

Si tratta di un procedimento analitico, obiettivo e sistematico di valutazione dei carichi energetici e ambientali associati all'intero ciclo di vita di un prodotto,

	Soybean	Oil palms (fresh fruit bunches) *	Rapeseed	Spring barley
Location	Argentina	Malaysia	Denmark	Denmark
Yields, tons/ha	2.63	18.80	2.83	4.90
Resource use				
Fertilizer (N), kg	0	90	167	123
Fertilizer (P), kg	16	12	24	21
Fertilizer (K), kg	0	134	77	62
Diesel, L	42	64	125	114
Lubricant oil, L	4	0	13	11
Electricity (natural gas), kWh	0	7	23	29
Emissions to water				
Nitrate, kg NO ₃	0	83	326	202
Phosphate, kg PO ₄	0	0.7	0.6	0.7
Emissions to air				
Ammonia, kg	0	0	12.2	10.5
Nitrous oxide, kg	4.7	6.5	6.7	4.8
Nitrogen dioxide, kg	0	1.7	0	0
Sulfur dioxide, kg	0	0.8	0	0

Fig. 4 - *Life Cycle Assessment*: inventari zionali per l'identificazione e la quantificazione di impiego di risorse, emissioni in acqua e in aria relativi alla coltivazione di fagioli di soia, olio di palma, colza e orzo primaverile

	Soybean mill	Palm oil mill	Palm kernel mill	Rapeseed mill
Location	Argentina	Malaysia	Malaysia	Denmark
Products	Soybean meal Soybean oil	Palm oil Palm kernels Pulp	Palm kernel oil Palm kernel meal	Rapeseed meal Rapeseed oil
Transport				
Transport to mill (28 t lorry)	500 km	0 km	150 km	150 km
Transport to mill (tractor)		22 MJ Diesel		
Resources				
Hexane	0.40 kg	0	1.99 kg	0
Diesel for machinery			32 MJ	
Electricity (natural gas)	12 kWh		68 kWh	50 kWh
Heat (oil)	145 MJ	-	335 MJ	340 MJ
Heat (gas)	282 MJ	-	-	
Emissions to air				
Methane		9,570 g		
Hexane	0.20 kg	-	1.99 kg	
Carbon monoxide	Energy related	50 g	Energy related	Energy related
Nitrogen oxides	Energy related	120 g	Energy related	Energy related
NM VOC, volatile organic compounds	Energy related	239 g	Energy related	Energy related
Sulfur dioxide	Energy related	435 g	Energy related	Energy related
Particles	Energy related	276 g	Energy related	Energy related
Emissions to water				
BOD5, Biological Oxygen Demand	17 mg			
COD, Chemical Oxygen Demand	61 mg			
Nitrate	4 mg	182 g		

Fig. 5 - *Life Cycle Assessment*: inventari zionali per l'identificazione e la quantificazione di trasporto, impiego di risorse, emissioni in aria e in acqua per l'ottenimento di farina e olio di soia, olio di palma e polpa di palmisto, olio e farina di palmisto, farina e olio di colza

processo o attività, effettuato tramite l'identificazione e la quantificazione di energia, materiali e rifiuti per valutarne l'impatto e verificare le opportunità di miglioramento [28].

Tale procedimento si articola in quattro passaggi fondamentali [29]:

- 1) definizione di obiettivi e scopi, che comprende l'identificazione dell'oggetto, del contesto e dei perimetri dell'analisi;
- 2) analisi degli inventari, seguendo specifiche tabelle o tramite specifici calcoli, ossia l'identificazione e la quantificazione di energia, acqua, materiali e rifiuti per ogni fase in analisi (Fig. 4 e 5) [30];
- 3) valutazione degli impatti, che consiste nel calcolo opportunamente parametrato degli effetti sull'uomo e sull'ambiente (Fig. 6) [30];
- 4) analisi di miglioramento, che si traduce nella valutazione delle opportunità di riduzione degli impatti come sopra identificati.

Come avviene per ogni analisi effettuata con criterio, il procedimento è infine sottoposto ad analisi di sensibilità, che contempla la verifica della coerenza della base di dati, l'attendibilità delle ipotesi e la rilevanza dell'incertezza, per valutare gli effetti sui risultati indotti da modifiche nei valori delle variabili in ingresso.

Tralasciando i dettagli dello sviluppo del *Life Cycle Assessment*, è importante evidenziare quali impatti sono da esso caratterizzati:

- a) energia primaria (trasformazione di combustibili in energia elettrica);
- b) emissioni in aria di sostanze che potrebbero essere responsabili dell'aumento dell'effetto serra (quantità in massa di specifiche sostanze rapportate al relativo specifico coefficiente di peso, CO_2);
- c) assottigliamento dello strato di ozono stratosferico (quantità in massa di specifiche sostanze rapportate al relativo specifico coefficiente di peso, CFC_3);
- d) acidificazione (emissione in aria di particolari sostanze acidificanti come gli ossidi di

	Unit	Soybean meal (PO)	Soybean meal (RSO)	Soybeans	Fresh fruit bunches	Rapeseeds	Spring barley
Delimitation		from Rotterdam		from farm gate			
Global warming	g CO_2 eq.	721	344	642	177	1,550	671
Ozone depletion	mg CFC11 eq.	0.27	0.20	0.08	0.02	0.23	0.12
Acidification	g SO_2 eq.	3.1	-1.2	0.8	1.6	11.8	5.8
Eutrophication	g NO_3 eq.	-2	-81	1	8	139	53
Photochemical smog	g ethane eq.	0.4	0.4	0.1	0.0	0.3	0.2

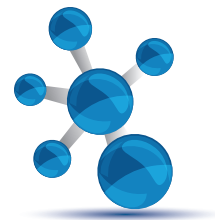
Fig. 6 - *Life Cycle Assessment* - Calcolo differenziato degli impatti per farina di soia, fagioli di soia, frutta fresca, colza e orzo primaverile

- e) eutrofizzazione (concentrazione delle sostanze nutritive in ambienti acquatici, come i composti dello zolfo, dell'azoto e del fosforo, SO_2 , NO_3 , PO_4);
- f) smog fotochimico (concentrazione delle sostanze organiche volatili che per reazione chimica catalizzata dalla luce portano alla formazione di ozono troposferico e altre sostanze tossiche, rapportate al relativo specifico coefficiente di peso, C_2H_4);
- g) rifiuti solidi (quantità prodotta o emessa in massa, in assenza di fattori di peso).

Va da sé che tutto ciò che si trova fuori dal perimetro dell'analisi in esame è a sua volta soggetto a un suo specifico LCA, tanto da realizzarsi un sistema di analisi concatenate che permettono alle attività confinanti la fruizione di dati certi, coerenti e attendibili (Fig. 7) [31].



Fig. 7 - *Life Cycle Assessment* di una T-shirt: esempio di perimetro di analisi



Affinare i processi

Nonostante l'accuratezza e la completezza di tale procedimento, si può presentare la necessità di un dettaglio ancora superiore. Un esempio che pare inquietante è dato dalle conseguenze della presenza in acqua di rifiuti inattesi da sostanze farmaceutiche, verificata con una vasta indagine condotta attraverso numerosi studi per oltre un decennio (oltre 170 referenze riferite ad oltre 180 composti, in oltre 20 Paesi). Nonostante i modernissimi sistemi di depurazione, è stata rinvenuta la presenza di micro-inquinanti, nell'ordine di parti per miliardo e ben lontani dai loro livelli di tossicità acuta, identificabili come le sostanze stesse, loro metaboliti o loro altri prodotti di trasformazione, nei bacini idrografici di riferimento, come anche nell'acqua potabile.

Un effetto riscontrato è stato il processo di femminilizzazione di pesci maschi, in particolare a carico della specie talvolta anadroma *Rutilus Rutilus*, con produzione di specie intersessuali e rinvenimento di estrogeni provenienti da contraccettivi [32].

È evidente che la questione non possa essere liquidata con la restrizione o l'eliminazione di talune sostanze farmaceutiche, sia per la necessità di trattamento soprattutto di pazienti portatori di patologie gravi, sia per motivi di rilevanza sociale come nel caso specifico in analisi.

Per molte sostanze chimiche (pesticidi, agrofarmaci, prodotti per la pulizia domestica e non) sono già attive linee guida per la loro identificazione, trattamento ed eliminazione, o almeno consistente riduzione, mentre per i farmaci veterinari è già in vigore la direttiva 2004/28/EC, che ne prevede la non autorizzazione quando il rischio ambientale sia ritenuto inaccettabile [33].

Rigore e affidabilità

Da tutto quanto sopra affrontato, emerge chiara la necessità di procedere con analisi e progetti strutturati e di spessore, rifiutando le forzature e le semplificazioni e operando secondo modelli e sistemi che oggi sono facilmente fruibili, consolidati e riconosciuti, quali i principi dell'ecologia industriale e il *Life Cycle Assessment*, e che offrono le più ampie garanzie di attendibilità essendo essi sviluppati sulle più recenti acquisizioni scientifiche.

Sviluppo sostenibile, progresso e scienza avanzano a braccetto, di pari passo. Ciascuno stimola gli altri verso soluzioni innovative, verso l'ottimizzazione delle risorse e del loro impiego, verso una sorta di quello che potrebbe diventare un moderno Eden. Il nostro pianeta presenta le condizioni per avere questo potenziale, come i suoi abitanti hanno il potenziale per sviluppare le competenze necessarie per realizzarlo.

Occorre tuttavia riconoscere e valorizzare il ruolo centrale della chimica e della fisica in questo processo, per comprendere a fondo quello che siamo, per arrivare a gestire in modo responsabile tutto quello che ci circonda, per ripianificare e attualizzare il nostro ruolo.

BIBLIOGRAFIA

- [1] a. http://letterainternazionale.it/wp-content/uploads/2015/02/daly_92.pdf;
b. <https://www.publicpolicy.umd.edu/faculty/herman-daly>
- [2] a. <https://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=edethicsinscience>; b. <https://www.ilpost.it/2014/12/03/disastro-bhopal/>
- [3] C. Jimenez-Gonzales, D. Constable, Green Chemistry and Engineering, J. Wiley & Sons, New York, 2011, pag. 19
- [4] <https://www.iso.org/news/2015/09/Ref1999.html>
- [5] <https://www.iso.org/news/2012/07/Ref1621.html>
- [6] <https://www.csqa.it/Sostenibilita/Focus/iso>
- [7] <https://www.federchimica.it/docs/default-source/dati-e-analisi/formula-della-crescita-navigabile-2016.pdf>, pag. 10, 12, 18.
- [8] https://federchimica.it/docs/default-source/responsible-care/rc_2018.pdf?sfvrsn=29317a93_23, pag. 22, 27.
- [9] a. <https://www.wri.org/publication/creating-sustainable-food-future>;
b. <https://www.wri.org/>
- [10] <http://www.odlt.org/dcd/ballast/tco2e.html>
- [11] <https://www.earthobservatory.nasa.gov/features/Tyndall>

- [12] a. <https://daltonsinima.wordpress.com/2009/03/18/quanta-parte-del-l%E2%80%99effetto-serra-e-di-origine-antropica/>; b. https://www.geocraft.com/WVFossils/greenhouse_data.html
- [13] a. J.B. West, *Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol.*, 2014, **306**, L1057; <https://doi.org/10.1152/ajplung.00020.2014>; b. <http://www.chem.gla.ac.uk/~alanc/dept/black.htm>
- [14] a. <http://maquinalectora.net/joseph-fourier/>; b. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Earth_Temperature_without_GHGs; c. <http://www.meteoweb.eu/2012/01/tutta-la-verita-sulleffetto-serra-cose-come-si-origina-e-cosa-comporta/110012/>
- [15] <https://americanpolicy.org/2002/03/29/the-heidelberg-appeal/>
- [16] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128060>
- [17] <http://www.petitionproject.org/>
- [18] I.B. Smith *et al.*, *Science*, 2016, **352**(6289), 1075; DOI [10.1126/science.aad6968](https://doi.org/10.1126/science.aad6968)
- [19] a. http://www.nationalgeographic.it/dal-giornale/2010/06/15/news/groenlandia-clima_vichingo-28988/?refresh_ce; b. N.E. Young *et al.*, *Science Advances*, 2015, **1**(11), e1500806; DOI: [10.1126/sciadv.1500806](https://doi.org/10.1126/sciadv.1500806); c. <http://www.notteconlestelle.it/terra/groenlandia-ghiacci-vichinghi-clima/>
- [20] a. D. Camuffo *et al.*, *Climatic Change*, 2010, **101**, 169; DOI [10.1007/s10584-010-9815-8](https://doi.org/10.1007/s10584-010-9815-8); b. D. Camuffo *et al.*, *Climatic Change*, 2017, **143**, **73**; DOI [10.1007/s10584-017-1991-3](https://doi.org/10.1007/s10584-017-1991-3); c. <https://www.meteogiornale.it/notizia/17128-1-gli-inverni-italiani-nel-minimo-di-maunder-durante-la-piccola-era-glaciale>
- [21] http://www.transport-research.info/sites/default/files/project/documents/20120404_170436_2388_Deliverable_3_FINAL_VERSION.pdf, pag. 103, 104.
- [22] <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- [23] a. C. Jimenez-Gonzales, D. Constable, *Green Chemistry and Engineering*, J. Wiley & Sons, New York, 2011, pag. 18, 20, 28-32; b. P.T. Anastas, J.B. Zimmerman, *Env. Sci. and Tech.*, 2003, **37**, 96A.
- [24] a. <https://www.labworld.it/aziende/irb-istituto-ricerche-biotecnologiche/>; b. <http://www.bio.unipd.it/agroecology/download/pdf/seminars-for-students/2004/Dal-Toso-IRB-Presentation-2004.pdf>
- [25] C. Villa *et al.*, *Kosmetica*, 2014, **1**, 36.
- [26] R.A. Sheldon, *J. Chem. Tech. Biotechnology*, 1997, **68**, 381.
- [27] <http://www.openlca.org/>
- [28] Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) <https://www.setac.org/>
- [29] <https://www.csqa.it/CSQA/Norme/Sostenibilita-Ambientale/ISO-14040-LCA>
- [30] R. Dalgaard *et al.*, *Int. J. LCA*, 2008, **13**, 244, 245, 247 <https://link.springer.com/article/10.1065%2Fica2007.06.342>
- [31] https://www.e-education.psu.edu/egee401/content/p10_p3.html
- [32] C. Richman, *The Pharmaceutical Journal*, 22 march 2008, <https://www.pharmaceutical-journal.com/opinion/comment/impact-of-waste-pharmaceuticals-an-environmental-hazard-or-greenwash/10006281.article>
- [33] <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/06193dl.htm>

Industrial Ecology: a Clear and Winning Direction towards Sustainable Development

The sustainable development is not only a largely claimed requirement but especially a moral obligation that can and must become a new means to conceive human activities. The approach must be science-based, both at design and at project reassessment phases, enlightened by the guiding light of the industrial ecology, whereas the Life Cycle Assessment provides for the opportunity of a complete and structured analysis of impacts.



ALBERTO ZANELLI

CNR - ISTITUTO PER LA SINTESI ORGANICA E LA FOTOREATTIVITÀ (ISOF)

BOLOGNA

ALBERTO.ZANELLI@ISOF.CNR.IT

UNA MINIERA DENTRO CASA

Lo stile di vita dei cittadini dell'Unione Europea si basa su una moltitudine di apparecchiature elettriche ed elettroniche che rapidamente diventano rifiuti ricchi di molte delle 27 materie prime strategiche per la nostra economia. Un loro sapiente riciclo potrebbe trasformare le nostre case in piccole miniere di metalli preziosi.

È probabilmente l'oggetto più accarezzato al mondo: lo psichiatra Vittorino Andreoli l'ha definito "una protesi della mente", anche se il neuroscienziato Manfred Spitzer [1] mette in guardia su un suo uso eccessivo che potrebbe dare fenomeni di dipendenza e di atrofia delle capacità intellettive: è lo *smartphone*. Per il chimico è un oggetto meraviglioso dove la maggior parte degli elementi sono raccolti in un volume di un centinaio di centimetri cubi e agiscono di concerto come in un'orchestra per produrre funzionalità sorprendenti (Fig. 1). H, O, C e N nelle plastiche; Fe e Al nelle parti strutturali; In e Sn nello schermo; grafite, Li e Co nella batteria, Cu e Au nei conduttori, Nd nei trasduttori acustici, Si purissimo nei microcircuiti e poi Ga, Pd, Ru, Rh, Ta, Pt, Ag e altri ancora. Gli *smartpho-*

ne erano oggetti praticamente inesistenti nel XX secolo ma già nel 2016 quasi il 30% della popolazione mondiale ne possedeva uno. Oggi nella sola Unione Europea (UE) vengono scartati o sostituiti 120 milioni di *smartphone* all'anno.

Ma lo *smartphone* è solo la punta di diamante di una classe di attrezzature che sono entrate nelle nostre case da meno di un secolo e che prima o poi ne escono sotto forma di rifiuto andando a formare quella categoria che oggi chiamiamo Rifiuti da Apparecchiature Elettriche ed Elettroniche (RAEE). Già nei primi anni 2000 l'Organizzazione delle Nazioni Unite aveva stimato una produzione mondiale di RAEE compresa tra i 20 e i 50 milioni di tonnellate per anno, una quota che si aggirava attorno al 5% di tutti i rifiuti prodotti (Fig. 2).

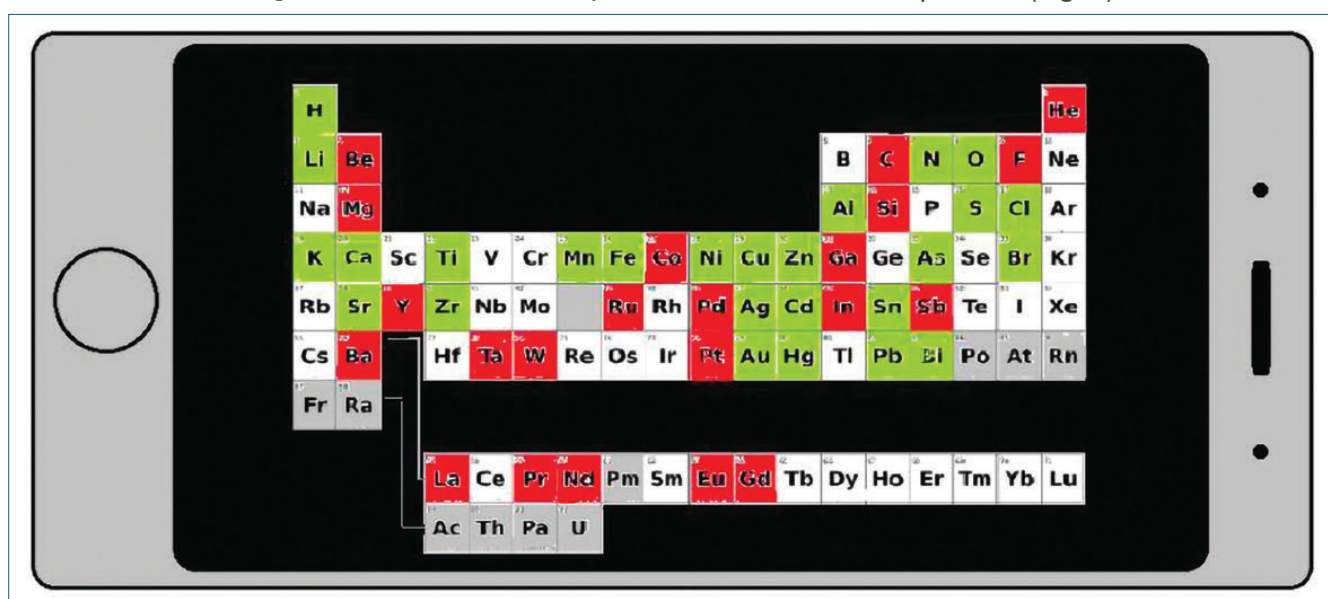


Fig. 1 - Gli elementi chimici presenti negli *smartphone* (in verde quelli comuni, in rosso quelli critici)



Fig. 2 - Smaltimento RAEE nell'Area della ricerca di Bologna

I RAEE sono rifiuti che contengono materiali di un certo pregio ma anche sostanze pericolose. Un vecchio frigorifero, ad esempio, contiene in media 28 kg di acciai, 6 kg di plastiche e oltre 3 kg tra Cu e Al; se tutto ciò viene rapportato alle circa 90.000 tonnellate di frigoriferi potenzialmente riciclabili, ci si rende conto di avere dentro le nostre case una vera e propria miniera [2]. Ma questa enorme massa di frigoriferi (a cui si dovrebbero aggiungere altre 7.000 tonnellate di condizionatori) contiene anche olio minerale nel compressore, Pb nelle brasature, Freon nel circuito di refrigerazione e altri gas intrappolati nelle schiume polimeriche isolanti. Essa rappresenta quindi anche una bomba ecologica che deve essere disinnescata con uno smantellamento effettuato in impianti idonei a captare i contaminanti eventualmente emessi.

Nel 2016 nel Mondo sono state prodotte 44,7 milioni di tonnellate di RAEE, dei quali 12,3 in Europa (24 volte il peso della *Dubai Tower*, il grattacielo più alto del mondo), pari a una media globale di 6,1 kg procapite che sale a 16,6 kg per il cittadino europeo [3]. Mediamente un italiano produce solo 4,9 kg di RAEE all'anno, circa l'1% dei propri Rifiuti Solidi Urbani che, a livello nazionale, si trasformano in una raccolta di quasi 300.000 tonnellate (nel 2008 erano solo 66.000). I benefici ambientali ottenibili ogni anno da una buona gestione di questi RAEE possono essere ragionevolmente stimati nel recupero del 97% dei materiali che a livello italiano si tradurrebbe in un risparmio energetico di

347 GWh ovvero in una riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera pari a 2,6 milioni di tonnellate (da confrontare ai 32 miliardi emessi a livello globale nel 2017 [4]). Ai RAEE recuperati ogni anno in Italia si dovrebbero poi aggiungere le circa 100.000 tonnellate che sfuggono al circuito virtuoso del riciclaggio.

La normativa italiana [5] suddivide i RAEE in cinque raggruppamenti: frigoriferi e condizionatori (R1) che rappresentano il 26,9% in peso del totale raccolto in Italia; lavabiancheria, asciugatrici, lavastoviglie, piani cottura e forni (R2) che rappresentano il 31,8%, televisori e monitor (R3) che rappresentano il 22,7%; computer, telefoni, giochi elettronici e piccoli elettrodomestici (R4) che rappresentano il 18%; e infine lampade e tubi fluorescenti (R5) che rappresentano solo lo 0,6% [6].

In generale, le materie prime secondarie recuperate dai RAEE in Italia sono principalmente leghe di Fe, Al, Cu, vetro e plastiche (queste ultime spesso inviate alla termovalorizzazione). La percentuale di riciclaggio di materiali fissata oggi

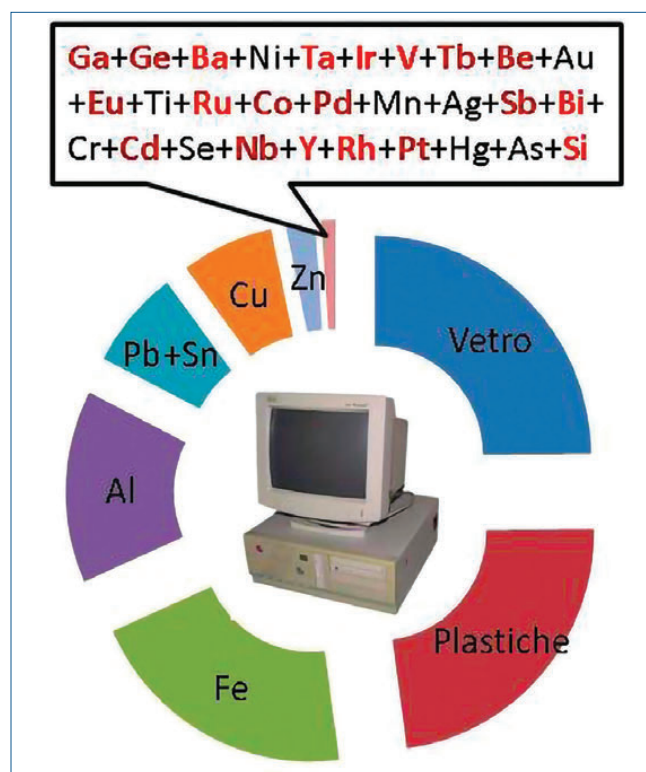


Fig. 3 - Composizione di un computer (in rosso gli elementi critici)



Materia prima	Produzione (t/anno)		Principali produttori ^a
	Mondo ^a	UE ^a	
Afnio	72	30	Francia 43%, USA 41%, Ucraina 8%, Russia 8%
Antimonio	42.833	0	Cina 87%, Vietnam 11%
Barite	9,2x10 ⁶	117.000	Cina 44%, India 18%, Marocco 10%
Berillio	320	0	USA 90%, Cina 8%
Bismuto	8.180	0,8	Cina 82%, Marocco 11%, Giappone 7%
Borati	1x10 ⁶	0	Turchia 38%, USA 23%, Argentina 12%
Cobalto	135.497	1.233	R.D. Congo 64%, Cina 5%, Canada 5%
Carbon coke	1,75x10 ⁹	70x10 ⁶	Cina 54%, Australia 15%, USA 7%, Russia 7%
Elio	2,74x10 ⁶	14.700	USA 73%, Qatar 12%, Argentina 10%
Fluoriti	6,62x10 ⁶	290.000	Cina (64%, Messico 16%, Mongolia 5%,
Fosforiti	218x10 ⁶	873.682	Cina 44%, Marocco 13%, USA 13%
Fosforo bianco	915.000	0	Cina 58%, Vietnam 19%, Kazakhstan 13%, USA 11%
Gallio	340	30	Cina 85%, Germania 7%, Kazakhstan 5%
Germanio	760	0	Cina 64%, Finlandia 11%, Canada 9%, USA 9%
Gomma naturale	12x10 ⁶	0	Thailandia 32%, Indonesia 26%, Vietnam 8%, India 8%
Grafite naturale	1,1x10 ⁶	562	Cina 69%, India 12%, Brasile 8%
Indio	689	47,8	Cina 57%, Corea Sud 15%, Giappone 10%
Magnesio	846.000	0	Cina 87%, USA 5%
Niobio	113.000	0	Brasile 90%, Canada 10%
Platino, elementi del gruppo del (Pd,Ru,Rh,Ir,Os)	452,3 ^b	2	Sud Africa 83% (Ir, Pt, Rh, Ru), Russia 46% (Pd)
Scandio (come Sc ₂ O ₃)	15	0	Cina 66%, Russia 26%, Ucraina 7%
Silicio metallurgico	2,29x10 ⁶	195.000	Cina 61%, Brasile 9%, Norvegia 7%, USA 6%, Francia 5%
Tantalio (come Ta ₂ O ₅)	1.800	0	Ruanda 31%, R. D. Congo 19%, Brasile 14%
Terre rare leggere (La,Ce,Pr,Nd,Sm,Y)	128.440 ^c	0	Cina 40%, USA 34%, Russia 25%
Terre rare pesanti (Dy, Er, Eu, Gd, Tb, Ho, Tm, Lu, Yt)	7.435 ^d	0	Cina 40%, USA 34%, Russia 25%
Tungsteno	82.000	2.175	Cina 84%, Russia 4%
Vanadio	71.026	1.650	Cina 53%, Sudafrica 25%, Russia 20%

^aMedia annuale nel periodo 2010-2014
^bProduzione mondiale complessiva dei sei elementi del gruppo in t/anno; per elemento: Pd 209; Pt 187; Rh 21,5; Ru 27,7; Ir 7,1. Solo Pd e Pt hanno una piccola produzione europea rispettivamente di 0,4 e 0,5 t/anno
^cProduzione mondiale annua delle sei terre rare leggere in t/anno: Ce 51.382; La 35.146; Nd 22.391; Pr 6.514; Sm 2.714; Y 10.313
^dProduzione mondiale annua delle nove terre rare pesanti in t/anno: Dy 1.357; Eu 407; Er 950; Gd 2.307; Tb 407; Ho, Lu, Tm e Yb 1.764

Tab. 1 - Materie prime critiche, loro produzione nel mondo e in UE

dalla legge [7] per i RAEE va dal 50% nel raggruppamento R4 (che diventa il 65% per *computer* e *smartphone* che contengono la maggior varietà di elementi chimici; Fig. 3), al 75% per i raggruppamenti R1, R2 ed R3 (R2 è il più vantaggioso per la semplicità della raccolta e della separazione dei

materiali) e dall'80% per il raggruppamento R5. Anche se lampade e tubi fluorescenti rappresentano una frazione minima dei RAEE (si parla di oggetti che pesano 50-200 g ciascuno), la loro raccolta differenziata è importante perché contengono mercurio (sono classificati "pericolosi" dal

Catalogo Europeo dei Rifiuti [8]). L'alta efficienza di recupero dei materiali riguarda anche in questo caso vetro, Al e leghe di Cu, ma ogni lampada fluorescente contiene anche alcuni grammi di ossidi, fosfati o alluminati di metalli rari come Ce, Y, Eu, La, Tb e Gd [9, 10] che non vengono estratti nel territorio della UE. Un po' tutti i RAEE contengono metalli rari o preziosi le cui miniere sono principalmente fuori UE; ad esempio il 17% del Pd e il 50% del Ru vengono utilizzati in elettronica [11]. Il recupero di questi elementi, anche se economicamente poco conveniente perché presenti nei RAEE con concentrazioni infinitesimali, sta assumendo un valore strategico, non solo per diminuire la pressione antropica dovuta all'impatto ambientale delle miniere, ma anche per mettere al sicuro l'industria elettronica europea da possibili crisi di approvvigionamento legate all'instabilità economica o politica dei Paesi fornitori.

La Commissione Europea ha stilato una lista di 27 materie prime ritenute critiche per l'economia della UE in base al valore economico e all'incertezza sull'approvvigionamento [12, 13]. Con oltre un miliardo di tonnellate per anno, il *carbon coke* è quella prodotta in maggiore quantità (Tab. 1). Il *carbon coke*, indispensabile per la riduzione dei minerali metalliferi, in realtà non supera di poco la soglia di rilevanza economica ma è mantenuto per sicurezza nell'elenco delle materie prime critiche poiché, essendo ottenuto per trattamento termico

del carbone, risente anche della concorrenza del mercato energetico (i tre quarti del carbone estratto nel mondo ancora vengono bruciati per produrre energia). Le fosforiti rappresentano la seconda materia prima strategica più estratta al mondo (un paio di centinaia di milioni di tonnellate per anno) e il loro destino riguarda invece la produzione di cibo poiché sono usate prevalentemente per produrre ammendanti agricoli. La gomma naturale, ancora molto utilizzata nel settore sanitario e nell'abbigliamento, è l'unica a non avere un'origine mineraria e la mancanza di una produzione europea è giustificata dalle condizioni climatiche necessarie per la crescita dell'albero della gomma (*Hevea brasiliensis*) originario dell'Amazzonia ma oggi ampiamente coltivato nel sud-est asiatico. Fra le materie prime critiche per la UE c'è anche il gas nobile He, insostituibile nel settore della criogenia, che, come è noto, ha un peso atomico troppo basso per essere trattenuto dalla gravità terrestre ma si trova in concentrazioni commercialmente accettabili in alcuni giacimenti di idrocarburi localizzati principalmente in USA. Ma torniamo alle materie prime critiche d'interesse per l'elettronica. Inaspettatamente, tra di esse compaiono materiali molto diffusi anche in UE, come ad esempio Si, il secondo elemento più abbondante che compone il 26% in peso della crosta terrestre, o Mg che ne compone il 2%. In questi casi i costi energetici e della manodopera nonché l'impatto ambientale delle miniere e degli impianti



Alberto Zanelli si è laureato in Chimica e si è specializzato in "Metodologie chimiche di controllo e di analisi" presso l'Università di Bologna. Tra il 1993 e il 1998 ha svolto ricerche nell'ambito del progetto "Accumulatori litio/polimeri per elettrotrazione" e, tra il 1998 e il 1999, nell'ambito del progetto "Supercapacitors of power and energy". Per due anni ha quindi lavorato come igienista industriale presso l'Inail e, dal 2002, è ricercatore presso l'Istituto per la Sintesi Organica e la Fotoreattività del CNR, dove si è occupato di materiali organici per l'elettronica, di sensori di etanolo nella benzina e di processi avanzati di ossidazione per la riqualificazione delle acque. In quest'ultimo ambito si è occupato di macchine lavabiancheria per il progetto "Studio, progettazione e sviluppo di una nuova gamma di elettrodomestici caratterizzata da tecnologie innovative mirate a una notevole riduzione dei consumi energetici e dell'impatto ambientale". Attualmente è consigliere nel Gruppo interdivisionale per la Divulgazione della cultura chimica della Società Chimica Italiana ed è coinvolto nei progetti di divulgazione scientifica "Il linguaggio della ricerca", "Raw Matters Ambassadors at Schools" "Green Innovation" e "E-minig@School". È autore di circa 70 articoli su riviste internazionali, una decina su riviste nazionali, di un capitolo in tre libri e di vari contributi a congressi.



di trasformazione dei minerali sono i fattori che rendono più conveniente la produzione extraeuropea. Non ci si meraviglia invece se sono considerati critici gli elementi del gruppo del Pt (Os, Rh e Ir sono presenti nella crosta terrestre in concentrazioni inferiori ad una parte per miliardo) o le terre rare (*no-men omen*) che poi tanto rare non sono visto che se ne estraggono 135.000 t/anno.

Al momento meno della metà di queste materie prime hanno una produzione anche se marginale sul territorio UE, mentre in alcuni casi anche il 90% della produzione mondiale è in mano ad un solo Paese (es. Be in USA e Nb in Brasile). In generale la maggior parte delle materie prime critiche come Mg, W, Sb, Ga, Ge e terre rare sono estratte in Cina mentre i metalli del gruppo del Pt provengono da Russia e Sudafrica [14].

Anche a livello globale, una parte delle materie prime critiche non ha neanche miniere proprie. Un esempio sono Ga, Ge e In che normalmente vengono isolati dalle scorie dell'estrazione dei minerali di Zn e Al. L'aumento del riciclaggio di questi due metalli, legato ad un lodevole miglioramento della coscienza ambientale, sta portando alla chiusura delle loro miniere e ad un conseguente squilibrio tra la disponibilità di Ga, Ge e In e la crescente richiesta di semiconduttori, fibre ottiche e vetri conduttori determinata dal progresso tecnologico e dal cambiamento degli stili di vita. Attorno alle materie prime ruota un complesso sistema di aspetti scientifici, tecnologici, ambientali, economici, politici e sociali che rende il recupero di materie prime secondarie dai RAEE una delle sfide strategiche per la UE della quale i chimici devono farsi portavoce e divulgatori competenti e disinteressati per aumentare il coinvolgimento della più ampia parte della Società nei comportamenti virtuosi che trasformino la UE nella prima economia sostenibile della Terra.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Spitzer, *Demenza digitale*, Corbaccio, Milano, 2013.
- [2] M. Gisotti, *L'era dei RAEE*, Geca Industrie Grafiche, San Giuliano Milanese (MI), 2018.
- [3] **C.P. Baldé, V. Forti et al.,** *The Global E-waste Monitor - 2017*,

United Nations University, International Telecommunication Union & International Solid Waste Association, Bonn.

- [4] **V. Balzani, *La Chimica e l'Industria online* 2018, 5, 8.**
- [5] **D. Lgs. n. 49 del 14/3/2014.**
- [6] **Centro di Coordinamento RAEE, Rapporto annuale 2017 sul ritiro e trattamento dei rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche.**
- [7] **D. Lgs. 151 del 25/7/2005.**
- [8] **Direttiva del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 9/4/2002.**
- [9] **N. Ippolito, *La Chimica e l'Industria online* 2018, 5, 64.**
- [10] **Y. Wu, X. Yin et al., *Resources, Conservation Recycling*, 2014, 88, 21.**
- [11] **F. Trifirò, *La Chimica e l'Industria online* 2018, 5, 3.**
- [12] Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni concernente l'elenco 2017 delle materie prime essenziali per l'UE **COM(2017)490**.
- [13] Deloitte Sustainability, British Geological Survey, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, **Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Criticality Assessments, 2017.**
- [14] Deloitte Sustainability, British Geological Survey, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, **Study on the review of the list of Critical Raw Materials. Critical Raw Materials Factsheets, 2017.**

A Mine at Home

The life-style of European citizen depends from many electric and electronics equipments that rapidly became wastes rich in the 27 raw materials strategic for our economy. Their wise recycling could commute our houses in small mines of precious metals.



NUTRACEUTICA: L'EQUILIBRIO DI NUTRIZIONE E FARMACEUTICA

Con il termine “nutraceutico” si intende un cibo o parte di esso con effetti benefici sulla salute o su una malattia, inclusa la prevenzione di patologie. Questo argomento è cresciuto esponenzialmente, non solo spinto dalla ricerca, ma soprattutto spinto dai consumatori in cerca di soluzioni diverse dal farmaco. Una breve descrizione dello stato dell'arte viene fornita, insieme alle vigenti regolamentazioni Europee sui claims nutrizionali e salutistici e le tendenze di mercato.



Introduzione

Nutraceutica (in lingua originale, *nutraceutical*) è una parola storicamente attribuita al medico Stephen DeFelice, che la coniò nel 1989. Lui stesso ricorda in un'intervista del 2011 di averlo fatto mentre era in Italia, a Roma camminando a Piazza Navona [1]. Nella definizione originale: “*nutraceutica è un alimento o parte di esso, così come un supplemento dietetico, che ha un beneficio sulla salute o su una condizione di malattia, includendo quindi sia la prevenzione che il trattamento di una patologia*”. Il concetto originale espresso dal dott. DeFelice con la parola nutraceutica era quello di evidenziare gli effetti benefici dati dalle sostanze che si trovano negli alimenti attraverso la conduzione di studi clinici, come fin da subito la sua associazione *Foundation for Innovation in Me-*

dicine mise in chiaro. Ciò avrebbe dovuto stimolare la ricerca clinica in nutraceutica sostenuta dalle aziende intenzionate ad immettere sul mercato un prodotto nutraceutico. Secondo quanto pensato da DeFelice, la ricerca avrebbe potuto avvalersi di una regolamentazione simile a quella dei “farmaci orfani”; ovvero, l'azienda che conduceva ricerca sul nutraceutico, dimostrandone con lo studio clinico l'attività in un campo, diventava proprietaria esclusiva di quel *claim salutistico*. Difatti scoprire l'attività sulla salute di una sostanza contenuta nell'alimento può interessare anche malattie rare o orfane. Un esempio di questa idea è dato dalla carnitina, che è sia una sostanza nutraceutica che un prodotto farmaceutico, portata dall'azienda Sigma Tau all'approvazione da parte di FDA (Food and Drug Administration) negli USA per la malattia infantile rara di deficienza fatale di carnitina (fatal carnitine deficiency). Un'altra considerazione, derivante proprio dal legame della parola nutraceutica con l'alimento o parte di esso, è quello che si è constatato negli studi clinici di sostanze ad attività nutraceutica, come ad esempio la vitamina E per il settore cardiovascolare. Se i dati sono risultati positivi per il consumo di alimenti ricchi di vitamina E, ciò non si è verificato in studi clinici randomizzati per la vitamina E data come molecola isolata. In al-

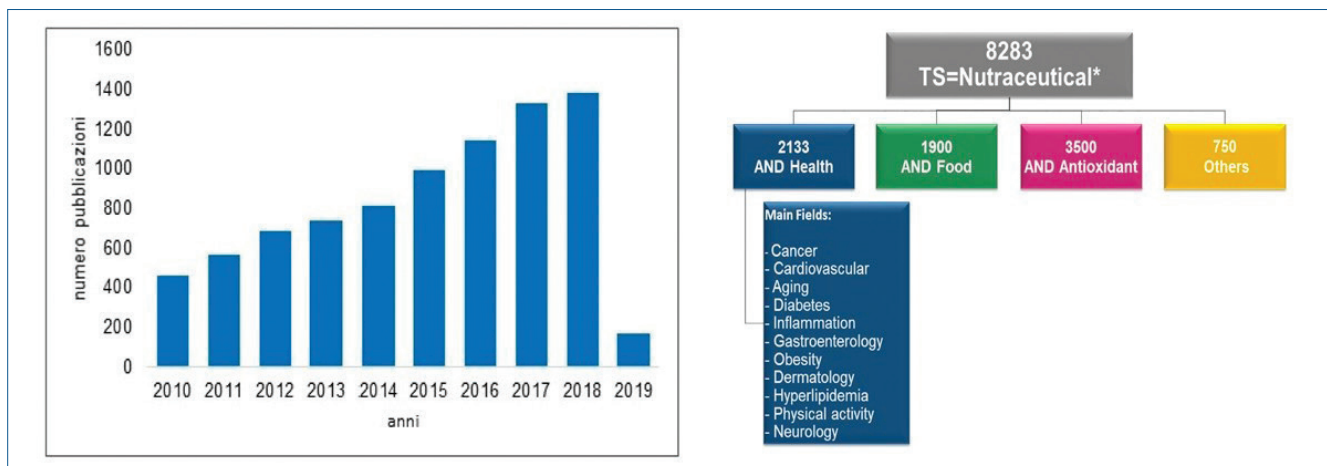
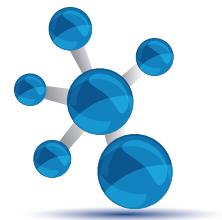


Fig. 1 - Ricerca dei lavori che riportano la parola chiave “nutraceutical*” nel *Web of Science* dal 2010, e suddivisione principale degli argomenti trattati nei lavori

cune valutazioni più recenti, viene avanzata anche la ragionevole ipotesi che il nutraceutico non possa “fare bene a tutti”, ma debba essere somministrato proprio come si fa con il farmaco, ovvero dopo aver constatato l’adeguatezza per tipo di paziente e per dosaggio [2]. Inoltre, spesso la capacità di una molecola nel dare beneficio alla salute viene proprio sostenuta dalla combinazione con altre sostanze contenute nell’alimento stesso, quindi l’utilizzo del solo componente attivo - come avviene per il nutraceutico - deve essere fatto provando che ne restino intatte le attività. I cibi cosiddetti “fortificati” o “funzionali” si riferiscono all’approccio che lascia i componenti attivi all’interno del cibo. Come detto prima, tutto ciò deve essere valutato sia per l’efficacia che per l’adeguatezza della supplementazione riferita alle condizioni dei soggetti.

La correlazione tra nutrizione e salute è stata vista in tempi molto lontani, come risultato dell’osservazione degli effetti del “cibo come medicina” (Ippocrate, 460-377 a.C.), ma con il termine nutraceutica sono state unite in un neologismo le parole nutrizione e farmaceutica, intendendo, nei tempi moderni, qualcosa di più: ovvero, provare con studi clinici gli effetti della nutraceutica in modo analogo a quanto fatto in campo farmaceutico. Si darà un breve sommario sulle principali attività biologiche e farmacologiche emerse proprio dagli studi effettuati dai ricercatori. La nutraceutica è un argomento in crescita continua, come si mostra con

la Fig. 1, cercando su *Web of Science* a partire dal 2000 le pubblicazioni con la parola chiave “nutraceutical*”. Degli oltre 8.000 articoli di questo periodo, si vede che il claim più gettonato è quello di antiossidante (3.500 lavori), oltre 2.000 riguardano la salute nei vari campi, come dettaglieremo in seguito, e 1.900 si riferiscono all’aspetto nutrizionale. Nella realtà del mercato, ciò che è accaduto dagli anni Novanta in poi è stato ben lontano da quanto atteso dal dott. DeFelice e dai ricercatori che operano in questo campo. Le industrie nel settore della salute hanno individuato fin da subito un richiamo estremamente allettante per i consumatori, stanchi di patire gli effetti collaterali, se non gli insuccessi, delle cure farmacologiche: offrire al consumatore il rimedio nutraceutico, facendo leva sulla “fonte naturale”, quindi percepita come senza tossicità. L’incremento di mercato che il settore nutraceutico ha compiuto, rafforzandosi proprio agli inizi del 2000 è avvenuto in coincidenza alla crisi economica di cui iniziava a soffrire il comparto farmaceutico.

Un accenno al mercato globale è d’obbligo, anche per comprendere che la nutraceutica offre un’opportunità realistica di crescita. Il vero progresso per la nutraceutica, al fine di progredire veramente come opportunità, avverrà quando si elimineranno gli enormi problemi creati dalla confusione attualmente presente sui mercati e tra gli operatori sanitari. Questi ultimi si dividono grossolanamente

in due categorie: quelli che escludono che la nutraceutica possa dare risultati, e quelli che credono nelle sostanze di natura alimentare, anche perché sanno come combinare la sinergia con terapie farmacologiche. Considerando i risultati riportati in letteratura sugli effetti di nutraceutici, il primo gruppo di “scettici” sta man mano diminuendo, ma è indubbio che un grande sforzo deve essere fatto per portare sempre più evidenze scientifiche.

In Europa ed anche fuori dell'Europa, i Paesi stanno affrontando in modi diversi la necessità di regole nel campo nutraceutico. Occupandoci dell'Europa in particolare, si darà un panorama su cosa ha fatto e prevede di fare l'autorità in carica delle regole e dei controlli, che è la European Food Safety Agency (EFSA).

Infine, vogliamo sottolineare due punti:

1) basandoci sul significato della parola nutraceutica, essa include anche componenti di piante o vegetali denotati come fitonutrienti. Tuttavia, la fitoterapia, ovvero l'uso di estratti o tinture di parti di pianta non edibili, che deve anche prevedere l'esatta titolazione del/i principio/principi attivo/i, deve essere considerato un ambito separato dalla nutraceutica [3]; mantenere gli ambiti di competenza servirà anche a distinguere gli esperti nel settore di riferimento, poiché già si nota una forte confusione nel riconoscere l'autorevolezza di un parere in questi campi. Nel sito della European Medical Agency (EMA) vi è proprio il settore dedicato a *Herbal medicinal products* [4] che fornisce informazioni dettagliate e aggiornamenti sulle regolamentazioni seguite in questo ambito;

2) il nutraceutico si differenzia dall'integratore alimentare, poiché quest'ultimo provvede a mantenere i livelli adeguati di alcune molecole essenziali (amminoacidi, vitamine, minerali, acidi grassi essenziali), senza le quali l'organismo umano non può funzionare bene. L'assegnazione e i dosaggi come dose adeguata giornaliera (RDA o RDV, recommended daily amount/value) vengono scelti dopo aver valutato se il soggetto è a rischio di carenza, oppure ne è stata stabilita la necessità mediante analisi biochimico-cliniche. Il nutraceutico si allontana dal dosaggio di

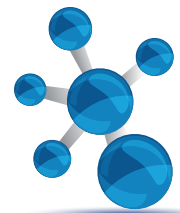
mantenimento giornaliero, viene assegnato secondo necessità evidenziata con analisi appropriate e la sua dose si valuta secondo le condizioni del soggetto, portando ad un effetto clinico verificabile.

Da quanto detto non si può dire che non esiste una definizione condivisa di nutraceutico, mentre è vero che esiste una grande confusione generata da chi parla di nutraceutica senza l'adeguata preparazione, allontanandosi dal significato intrinseco del neologismo nutra-ceutico, che è chiaramente distinguibile da supplemento/integratore alimentare, fitoderivato, cibo funzionale e cibo fortificato [5].

Il mercato nutraceutico

Una forte spinta per l'incremento della nutraceutica è venuta dal desiderio dei consumatori di fare ricorso a sostanze naturali, associabili quindi ad una minore tossicità, per disturbi di salute oppure per la prevenzione. Il farmaco, avvertito da molti come tossico e, comunque, non risolutivo, è assegnato dal medico, mentre per la nutraceutica un più ampio numero di prescrittori può essere individuato: il farmacista, il nutrizionista, il biologo fino ad arrivare anche al “fai da te”, oggi anche più conveniente economicamente se fatto su internet. In una statistica reperibile su sito di IRI (www.iriworldwide.com) che presenta dati del European Shopper Survey 2017, il 63% dei consumatori in Italia e il 70% di quelli europei sono interessati a prodotti del benessere come cibi salutari, per avere un buon apporto alla qualità della vita (60%), per non trovare additivi (27%), per perdere peso (21%), per proteggere l'ambiente (17%) e per problematiche di salute (19%). In Italia i prodotti si comprano per il 67% presso iper- o super-mercati, per il 32% nei negozi “bio”, in farmacia per il 15%, nei mercatini rionali per il 7% e su internet per l'11%.

Il trend del mercato nutraceutico, sia in Italia che nell'Europa e nel mondo, vede una crescita continua con un CAGR (compound annual growth rate) di +7% dal 2015 al 2017 (fonte: QuintilesIMS, presentata al Cosmofarma del 2017; reperibile su web: <http://www.cosmofarma.com/wp-content/uploads/2017/05/www.cosmofarma.com/CENCIARELLI.pdf>). Anche nel 2018 si è registrato un



incremento di vendite. In Italia si superano i 3 miliardi di euro e per questa categoria di prodotti le farmacie rappresentano ancora la più ampia fetta di mercato (80%). I fatturati di anno in anno sono in crescita dal 6-8% e le tipologie più diffuse sono multivitaminici e multiminerali, digestione/intestino inclusi probiotici, regolatori colesterolo e apparato circolatorio, sistema urinario maschile. L'Italia detiene il più importante mercato nutraceutico in Europa con una spesa pro-capite di 43 euro a fronte di una media europea di 27 euro.

Con queste prospettive si può ben immaginare l'interesse delle aziende che potrebbe, se non adeguatamente controllato, portare a non individuare le necessità del consumatore come prima motivazione, ma a confidare maggiormente sul potere delle pubblicità per mantenere i livelli di vendita. Il compito dei ricercatori è quello di supportare gli studi con metodologie e protocolli ben delineati ed efficaci ad individuare senza ambiguità l'attività del nutraceutico. Il compito dei professionisti della salute è quello di studiare l'aspetto innovativo della nutraceutica ed assegnarla/consigliarla esattamente come si fa per un farmaco, individuando la necessità in modo personalizzato, per tipologia e per dosaggio.

Legislazione attuale in Europa e linee guida per i claim nutrizionali e salutistici

La necessità di regole nel campo nutraceutico viene affrontata da vari Paesi ma non in modo unitario. L'organismo europeo EFSA è deputato alla valutazione dell'ambito nutraceutico tramite panel di esperti aventi specifiche competenze scientifiche, dando pareri, non vincolanti, alle istituzioni quali Commissione Europea, Parlamento Europeo e Stati membri dell'Unione Europea (UE). Non è un organo esecutivo, ma consultivo e può mettere a punto le linee guida, che poi sono emanate come nuove Regole dall'UE. Il primo impegno affrontato da EFSA è stato sulle indicazioni nutrizionali e di salute presenti sui prodotti alimentari, partito con l'art. 31 del Regolamento (EC) n 178/2002, che richiedeva a EFSA di dare un'opinione sulle linee guida tecnico-scientifiche per presentare un claim salutistico. Tutto si è concretizzato con il Regolamento n.

1924/2006 (disponibile sul sito: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1924&from=it>) dove sono presenti le linee guida per apporre all'esterno dei cibi alcune diciture: a ridotto tenore di..., ad alto contenuto di..., fonte di..., ad alto contenuto di fibre, etc. I claim di questo tipo sono detti nutrizionali e la Tab. 1 mostra un elenco di claim consentito dal sistema. In base a questo Regolamento, è stata redatta la Guida Tecnico-Scientifica per la presentazione di una richiesta di claim salutistico ([6], disponibile sul sito: <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2007.530>) che deve contenere: (a) informazioni sulle caratteristiche del cibo/costituente per cui si richiede il claim, con informazioni - laddove pertinenti al claim - quali la composizione, le caratteristiche fisico-chimiche, il processo industriale, la stabilità, la biodisponibilità; (b) una proposta di frase riferita al claim salutistico, includendo - se appropriato - la condizione specifica di utilizzo. Nel rationale si deve anche specificare: la popolazione a cui il claim è rivolto, una frase indirizzata alle persone che non devono utilizzare quel prodotto, la quantità del cibo/costituente richiesto per ottenere l'effetto e se questa quantità è parte di una dieta bilanciata, un'avvertenza per un

PERMITTED NUTRITION CLAIMS	
• LOW ENERGY	• SOURCE OF PROTEIN
• ENERGY-REDUCED	• HIGH PROTEIN
• ENERGY-FREE	• SOURCE OF [NAME OF VITAMIN/S] AND/OR [NAME OF MINERAL/S]
• LOW FAT	• HIGH [NAME OF VITAMIN/S] AND/OR [NAME OF MINERAL/S]
• FAT-FREE	• CONTAINS [NAME OF THE NUTRIENT OR OTHER SUBSTANCE]
• LOW SATURATED FAT	• INCREASED [NAME OF THE NUTRIENT]
• SATURATED FAT-FREE	• REDUCED [NAME OF THE NUTRIENT]
• LOW SUGARS	• LIGHT/LITE
• SUGARS-FREE	• NATURALLY/NATURAL
• WITH NO ADDED SUGARS	• SOURCE OF OMEGA-3 FATTY ACIDS
• LOW SODIUM/SALT	• HIGH OMEGA-3 FATTY ACIDS
• VERY LOW SODIUM/SALT	• HIGH MONOUNSATURATED FAT
• SODIUM-FREE or SALT-FREE	• HIGH POLYUNSATURATED FAT
• NO ADDED SODIUM/SALT	• HIGH UNSATURATED FAT
• SOURCE OF FIBRE	• HIGH FIBRE

Tab. 1 - Claim nutrizionali permessi secondo il Regolamento 1924/2006

uso eccessivo del cibo/costituente, qualsiasi altra restrizione, le indicazioni su come si prepara o utilizza; (c) tutti i dati di pertinenza scientifica (pubblicati e non pubblicati, a favore o contrari al claim presentato), ovviamente con importanza ai dati che dimostrano il claim; importante notare che, i dati non su soggetti umani non sono considerati pertinenti, ma da presentare eventualmente come materiale supplementare, per esempio a supporto di un meccanismo. Nei dati scientifici possono essere presentate anche review di dati su studi umani pertinenti al claim proposto.

Ma quali sono le evidenze richieste? Sempre nelle regole espresse dalla guida [6], si spiega chiaramente che:

- l'effetto salutistico del cibo/costituente deve essere rilevante per la salute umana;
- una relazione causa-effetto deve essere stabilita tra consumo del cibo/componente e effetto sulla salute (per es, la specificità, la forza e consistenza dell'effetto, la dipendenza dose-effetto, il meccanismo biologico che spiega l'andamento);
- la quantità del cibo/costituente e la modalità di consumo per avere l'effetto, tenendo conto che la quantità deve rientrare come parte di una dieta bilanciata;
- specificità rispetto al gruppo umano su cui l'effetto si mostra.

EFSA ha anche fatto ordine sulle tipologie di claim salutistici presenti sul mercato e sostenuti da evidenze scientifiche. In questa operazione vi sono stati veri e propri sollevamenti e battaglie da parte di aziende che si erano viste negare il claim su prodotti già in commercio. Uno dei casi più eclatanti, ed ancora aperto, è quello dei probiotici ma ribadiamo che essi sono intesi come complementi alimentari, e non sono quindi da ritenersi nutraceutici poiché non sono cibi né sostanze presenti nei cibi.

Nella Fig. 2 si mostra che dal Regolamento del 2006 ci sono voluti 6 anni, ovvero con il Regolamento 432/2012 per avere una lista di 2337 claims, esistenti sul mercato e valutati come "autorizzati" e "non autorizzati". Il numero dei claim salutistici autorizzati è 261, riferiti a sostanze che si possono trovare nei cibi, quindi che possiamo definire nutraceutiche. Sono autorizzati in base alle tipologie di claim,

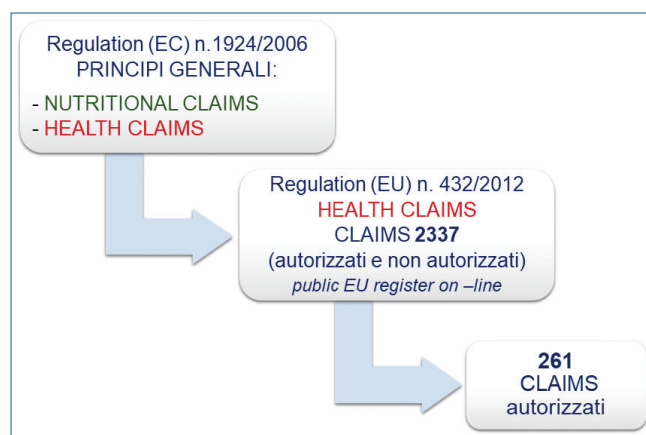
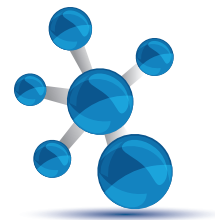


Fig. 2 - Principali regolamenti europei riguardanti i claim salutistici per i prodotti nutraceutici

previste dagli Articoli 13 e 14 del Regolamento. Il nostro gruppo CNR è da anni rivolto al settore nutraceutico, soprattutto in riferimento alle componenti lipidiche dell'alimento, in particolare gli acidi grassi come nutraceutici che, contenuti nel cibo o utilizzati da fonti naturali come nutraceutici, possono svolgere un beneficio per la salute. Come si studia nei libri di biochimica, la cellula umana ha necessità di assumere acidi grassi polinsaturi (PUFA) che sono detti essenziali, perché non ci sono vie enzimatiche per la biosintesi ma le funzioni metaboliche non possono avvenire in assenza dei PUFA. Ciò rende importantissimi gli acidi grassi nell'ambito della nutrizione, per cui la carenza di questi elementi dalla dieta può causare problematiche di salute in tutti i tessuti. I claim autorizzati sugli acidi grassi partono proprio dalla loro essenzialità. Per esempio, consultando il Registro UE dei claim nutrizionali e di salute (disponibile on line sul sito http://ec.europa.eu/food/safety/labelling_nutrition/claims/register/public/?event=register.home) si trova l'acido docosaesaenoico (DHA) che è un omega-3 PUFA molto importante per la crescita corretta delle cellule umane. Per il DHA i claims "contribuisce alla normale funzione cerebrale" e "alla normale visione" sono attribuiti al cibo che contiene almeno 40 mg di DHA per 100 g (e per 100 kcal). Però al consumatore si deve anche precisare che questi benefici si ottengono per un'assunzione giornaliera di 250 mg DHA. Cosa avviene in pratica? In pratica, il consumatore



non si avvede se la sua assunzione giornaliera sia sufficiente attraverso i cibi (per es., il pesce contiene quantità variabili di DHA ed, oltre al pesce, non vi sono tanti altri cibi che lo contengono). Senza però sapere se ne abbia veramente necessità, decide di assumere omega-3 con un integratore, spesso senza neanche indagare bene su quanta componente omega-3, per esempio DHA, esso contenga. Il consumatore dovrebbe sapere che, come materia prima utilizzata negli integratori a base omega-3, si utilizza olio di pesce con un basso contenuto di DHA rispetto all'altro omega-3 acido eicosapentaenoico (EPA), che è di solito molto più abbondante. Inoltre, insieme all'assunzione, che dovrebbe avvenire secondo necessità del soggetto, un altro punto importante è la capacità di assorbimento dopo ingestione. Il nostro lavoro di ricerca ha verificato che, dopo l'assorbimento, il sito attivo che gli acidi grassi devono raggiungere per essere attivi è la membrana cellulare. Pertanto, la membrana cellulare diviene un importante bersaglio, che può anche essere controllato prima e dopo la somministrazione degli acidi grassi, per verificarne l'avvenuta incorporazione [7]. È stato anche visto che, nello studio dei profili lipidomici di membrana utilizzando l'eritrocita maturo come cellula reporter dello stato generale dell'organismo, condizioni carenziali di acidi grassi possono convenientemente essere evidenziate. Un esempio è dato dal caso del DHA, trovato carente in bambini affetti da disturbi dello spettro autistico, che quindi chiarisce anche la necessità della supplementazione e della dose adeguata da utilizzare per riparare questa grave carenza, verificata facendo un'analisi prima e dopo la supplementazione [8].

Cenno sui campi di applicazione dei nutraceutici per la salute umana

I campi di applicazione vengono stabiliti dopo aver raccolto dati da studi clinici sui nutraceutici. Le direttive da seguire sono il sopra citato Regolamento UE 432/2012, nonché la Direttiva 2001/20/EC del Parlamento Europeo e del Consiglio Europeo del 4 aprile 2001 per le sperimentazioni cliniche. In ambito nutraceutico vari studi clinici di intervento pre-

sentano un disegno sperimentale di buona qualità, con uno schema in doppio cieco, randomizzato e contro placebo. Si deve tenere conto altresì che nel nutraceutico può non trattarsi di un solo componente, ma di miscele naturali di varie sostanze, per cui la dimostrazione dell'effetto può risultare complicato. Meglio è partire da aspetti di meccanismo molecolare ben chiariti magari da studi preliminari su modelli. Questa variabilità viene anche meglio indirizzata con l'ottimale scelta del gruppo di pazienti, in termini di uniformità di stato di salute, condizioni ambientali, etc.

Come abbiamo detto precedentemente, la letteratura scientifica sui nutraceutici è crescente ed i campi sono assai diversificati, anche se il maggiore gruppo è riferito all'effetto antiossidante (vedi Fig. 1). Ciò deriva dal fatto che l'applicazione dei nutraceutici per una popolazione che sta sempre più invecchiando è *in primis* dedicata a fermare i processi degradativi cellulari, favoriti da un ambiente ossidante e da perdita di sostanze protettive. Riguardo l'efficacia dell'attività antiossidante per la salute umana, vi sono contrastanti risultati riportati in letteratura, pertanto il dibattito è sempre attivo, e non si è giunti a risultati univoci e conclusivi. Si deve anche tenere in considerazione che, quando si parla di vitamine, si tratta sempre di molecole di cui l'organismo ha bisogno e, se vi è uno stato carenziale, si possono creare problematiche di salute. In un lavoro di meta-analisi condotta su 19 studi randomizzati e condotti contro placebo comprendenti 135.967 soggetti per stabilire la connessione tra vitamina E e grado di mortalità, è stato verificato che le dosi variavano da 16,5 UI a 2.000 UI. Un'interessante conclusione si evidenziava per la dose, per cui non superando le 400 UI l'impatto benefico mostrato sullo stato di salute era più evidente [9]. L'effetto degli antiossidanti viene molto più apprezzato quando una sinergia di antiossidanti viene utilizzata, per esempio una combinazione di vitamina E con vitamina C (Fig. 3), per bilanciare effetti pro-ossidanti e anti-ossidanti più simili anche all'alimentazione.

Una supplementazione a lungo termine (12-36 mesi) delle due vitamine, incrementava la resistenza delle lipoproteine all'ossidazione [10]. D'altra

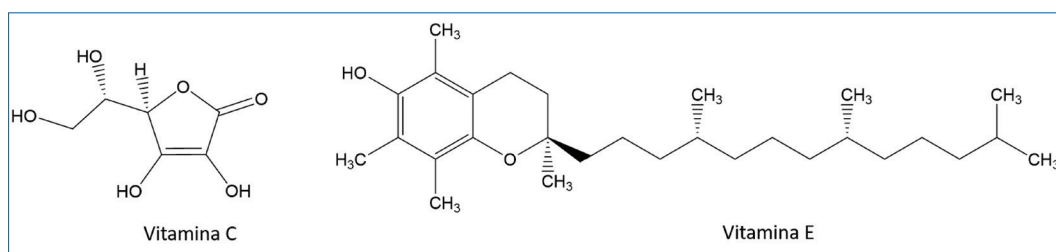


Fig. 3 - Le strutture di vitamina C e vitamina E

strandando di fornire aumento della capacità antiossidante enzimatica e ridurre lo stato di stress ossidativo [15].

Nell'ambito cardiovascolare è stata proprio l'evidenza

parte in uno studio randomizzato su 14.641 uomini sul ruolo delle vitamine C ed E, sia indipendenti che somministrate insieme, per un periodo di 8 anni, non si sono riscontrati effetti di protezione cardiovascolare, comparando anche con il placebo [11]. Un altro aspetto trattato da moltissimi studi è l'utilità di una supplementazione di PUFA, come ad esempio nel settore cardiovascolare [12]. Non sarebbe possibile indirizzare a pieno questo vasto argomento che è ampiamente dibattuto. Citiamo per tutti la posizione recentemente emanata dalla EMA (<https://www.ema.europa.eu/en/medicines/human/referrals/omega-3-fatty-acid-medicines>) che non riconosce nessuna capacità preventiva di rischio cardiovascolare alla supplementazione di omega-3 alla dose di 1 g/giorno.

Essendo interessate numerose aziende che preparano capsule di omega-3 per la prescrizione da parte degli specialisti, si sono levati scudi contro questa posizione, e successive mosse sono in corso, per cui la questione non può considerarsi chiusa. Tra le varie attività degli acidi grassi omega-3 EPA e DHA (Fig. 4), componenti dei trigliceridi presenti nell'olio di pesce, c'è la riduzione dei livelli plasmatici di trigliceridi, con indicazione dei vari studi clinici che hanno verificato l'effetto ipotrigliceridemizzante, nonché vengono definite la sicurezza di tali composti e le eventuali possibili interazioni con altri farmaci [13]. Il claim può essere utilizzato per un cibo che fornisca 2 grammi di EPA e DHA, e si deve anche avvertire il consumatore di non superare i 5 grammi giornalieri totali dei due componenti.

Nella condizione di protezione antiossidante ricade tutta la serie di affezioni del mondo geriatrico [14] e qui l'attività del Coenzima Q10 è stata oggetto di studio in pazienti con malattie cardiovascolari, mo-

dei benefici di alimenti come frutta, verdura, pesce, olio di oliva, cereali integrali [16] a suscitare l'interesse di applicare l'intervento nutraceutico, soprattutto per superare anche problemi di sicurezza e tollerabilità associati ai farmaci. Infine l'aspetto nutraceutico ha interessato il campo della dermatologia, dalla prevenzione anti-aging alla prevenzione dell'effetto degradativo della luce solare, per il ruolo di naturale protezione e di azione funzionale svolta da componenti quali amminoacidi, carotenoidi, acidi grassi polinsaturi, minerali, polifenoli, vitamine, con meccanismi che sono stati spesso studiati e che possono quindi essere utilizzati per preparazioni nutraceutiche [17]. Certamente l'aumento delle conoscenze e delle funzioni dei vari componenti per la nutraceutica, insieme alla conduzione di adeguati studi clinici, forniranno maggiori certezze per il futuro di questo campo in forte sviluppo.

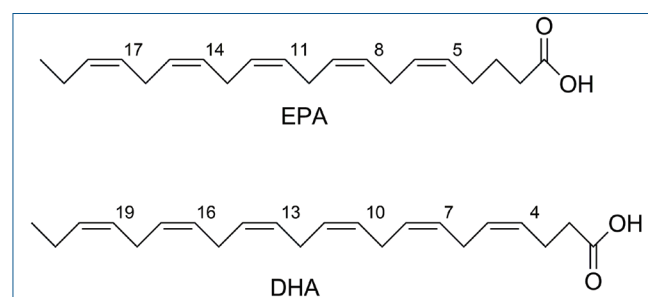


Fig. 4 - Le strutture di due acidi grassi omega-3: acido eicosapentaenoico (EPA) e acido docosaesaenoico (DHA)

BIBLIOGRAFIA

- [1] https://www.nutraceuticalsworld.com/contents/view_health-e-insights/2011-10-28/an-interview-with-dr-stephen-defelice
- [2] M. Vardi, N.S. Levy, A.P. Levy, *J. Lipid Res.* 2013, **54**, 2307.



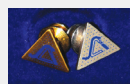
- [3] J. Zhao, *Recent Pat. Biotechnol.* 2007, **1**, 75.
- [4] <https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/herbal-medicinal-products>
- [5] A. Santini, S.M. Cammarata *et al.*, *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2018, **84**, 659.
- [6] *The EFSA Journal* 2007, **530**, 1.
- [7] C. Ferreri, C. Chatgillaloglu, *Membrane Lipidomics for Personalized Health*, J. Wiley & Sons, Chichester, 2015.
- [8] G. Giacometti, C. Ferreri *et al.*, *Sci. Rep.*, 2017, **7**, 9854.
- [9] E.R. Miller, R. Pastor-Barriuso *et al.*, *Ann. Intern. Med.*, 2005, **142**, 37.
- [10] E. Porkkala-Saratao, J.T. Salonen *et al.*, *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.*, 2000, **20**, 2087.
- [11] H.D. Sesso, J.E. Buring *et al.*, *J. Am. Med. Assoc.*, 2008, **300**, 2123.
- [12] J.W.E. Moss, J.O. Williams, D.P. Ramji, *BBA. Mol. Basis Dis.*, 2018, **1864**, 1562.
- [13] A.L. Catapano, I. Graham *et al.*, *Eur Heart J.*, 2016, **39**, 2999.
- [14] C. Gupta, D. Prakash, *J. Tradit. Compl. Med.*, 2015, **5**, 5.
- [15] B.J. Lee, Y.C. Huang *et al.*, *Nutrition*, 2012, **28**, 250.
- [16] A. Ravera, V. Caribelli *et al.*, *Nutrients*, 2016, **8**, 363.
- [17] A.A. Souyoul, K.P. Saussy, M.P. Lupo, *Dermatol. Ther. (Heidel)*, 2018, **8**, 5.

Nutraceutical: the Balance Between Nutrition and Pharmaceuticals

Nutraceuticals have been individuated as food or part of a food which has a beneficial role for health or a disease, including the prevention of pathologies. This subject has grown exponentially, not only driven by research, but mainly driven by consumers in search of a solution different from pharmaceuticals. A brief overview of the state-of-art in science is given together with the European regulations on health and nutritional claims and the market trends.

VETRINA SCI

Polo SCI - Polo a manica corta, a tre bottoni, bianca ad effetto perlato, colletto da un lato in tinta, dall'altro lato a contrasto con colori bandiera (visibili solo se alzato), bordo manica dx con fine inserto colore bandiera in contrasto, bordo manica a costine, spacchetti laterali con colore bandiera, cuciture del collo coperte con nastro in jersey colori bandiera, nastro di rinforzo laterale. Logo SCI sul petto. Composizione: piquet 100% cotone; peso: 210 g/mq; misure: S-M-L-XL-XXL; modello: uomo/donna. Costo 25 € comprese spese di spedizione.



Distintivo SCI - Le spille in oro ed in argento con il logo della SCI sono ben note a tutti e sono spesso indossate in occasioni ufficiali ma sono molti i Soci che abitualmente portano con orgoglio questo distintivo.

La spilla in oro è disponibile, tramite il nostro distributore autorizzato, a € 40,00.

La spilla in argento, riservata esclusivamente ai Soci, è disponibile con un contributo spese di € 10.00.



Francobollo IYC 2011 - In occasione dell'Anno Internazionale della Chimica 2011 la SCI ha promosso l'emissione di un francobollo celebrativo emesso il giorno 11 settembre 2011 in occasione dell'apertura dei lavori del XXIV Congresso Nazionale della SCI di Lecce. Il Bollettino Informativo di Poste Italiane relativo a questa emissione è visibile al sito: www.soc.chim.it/sites/default/files/users/gadmin/vetrina/bollettino_illustrativo.pdf

Un kit completo, comprendente il francobollo, il bollettino informativo, una busta affrancata con annullo del primo giorno d'emissione, una cartolina dell'Anno Internazionale della Chimica affrancata con annullo speciale ed altro materiale filatelico ancora, è disponibile, esclusivamente per i Soci, con un contributo spese di 20 euro.



Foulard e Cravatta - Solo per i Soci SCI sono stati creati dal setificio Mantero di Como (www.mantero.com) due oggetti esclusivi in seta di grande qualità ed eleganza: un foulard (87x87cm) ed una cravatta. In oltre 100 anni di attività, Mantero seta ha scalato le vette dell'alta moda, producendo foulard e cravatte di altissima qualità, tanto che molte grandi case di moda italiana e straniera affidano a Mantero le proprie realizzazioni in seta. Sia sulla cravatta che sul foulard è presente un'etichetta che riporta "Mantero Seta per Società Chimica Italiana" a conferma dell'originalità ed esclusività dell'articolo. Foulard e cravatta sono disponibili al prezzo di 50 euro e 30 euro, rispettivamente, tramite il nostro distributore autorizzato.

Per informazioni e ordini telefonare in sede, 06 8549691/8553968, o inviare un messaggio a simone.fanfoni@soc.chim.it



LA CURVA DELL'ANATRA E IL NOSTRO FUTURO ENERGETICO

Sta sorgendo l'era della produzione energetica distribuita, dal basso impatto ambientale e da un consumo "cordless", soprattutto legato alla (ahinoi!) più volte rimandata, rivoluzione elettrica dell'automobile. Il cuore pulsante di tale stravolgimento è la batteria ricaricabile agli ioni di litio. Sempre più performante, capace di sostenere migliaia di cicli di carica e scarica, le batterie al litio, ubiquitarie in futuro, dovranno necessariamente fare i conti con la disponibilità delle materie prime. In aiuto alla sostenibilità della futura pervasione di batterie ricaricabili nei settori produttivi, potrebbe giungere un altro metallo alcalino: il sodio.



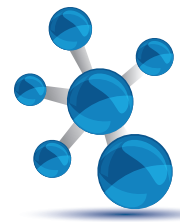
Eni Awards 2018: Gianluca Longoni riceve il premio dal Presidente della Repubblica Sergio Mattarella

Una corsa contro il tempo

La United Nation Climate Change Conference [1], tenutasi a Parigi nel dicembre del 2015, ha disposto stringenti direttive agli Stati membri, in materia di contenimento delle emissioni inquinanti e dello sviluppo sostenibile della tecnologia. In particolare le cinquanta nazioni responsabili dell'emissione di più del 50% dei gas ad effetto serra, salvo recenti ritrattamenti da parte di illustri i contributori (gli

USA, al secondo posto nella classifica dei maggiore emettitori di CO₂), si impegneranno a contenere e progressivamente a ridurre l'emissione e l'accumulo in atmosfera di CO₂ e ossidi di azoto (NO_x), principali responsabili dell'effetto serra. Tale ambiziosa roadmap, che è in corso interiorizzazione da parte delle singole nazioni firmatarie, si pone come obiettivo ultimo di mantenere il riscaldamento globale al di sotto dei 2 °C, considerati dagli scienziati il punto di non ritorno per quanto riguarda catastrofiche conseguenze sui cicli biologici e climatici del nostro pianeta [2]. Se l'umanità non farà registrare entro il 2020 il raggiungimento del picco massimo di emissione di CO₂, valutato dal periodo pre-industriale, l'impetosa sfida contro il tempo sarà da considerarsi persa. Si tratta di una sfida ambiziosa che deve necessariamente essere raccolta dal settore produttivo manifatturiero, alimentare, da quello energetico, dei trasporti e persino da quello della finanza. Gli ambiti produttivi che tuttavia stanno recentemente ottenendo attenzione mediatica crescente sono primariamente quello della mobilità e della produzione ed approvvigionamento energetico su piccola e

Gianluca Longoni, dottorando del XXIX ciclo del Corso di Dottorato in Scienze Chimiche, Geologiche e Ambientali presso l'Università di Milano-Bicocca, ha vinto il premio Eni Awards 2018 come Giovane Ricercatore dell'anno. Il prestigioso riconoscimento, che premia ricercatori Under 30, è arrivato grazie ad una tesi sullo sviluppo di elettrodi innovativi per le batterie "del futuro". Il lavoro, svolto presso Dipartimento di Scienza dei Materiali dell'Università di Milano-Bicocca sotto la supervisione del prof. Riccardo Ruffo, ha portato alla creazione di batterie "salva pianeta" composte da elettrodi basati su ioni di sodio e che potrebbero sostituire in un immediato futuro le attuali batterie al litio dando inizio ad una vera e propria rivoluzione in campo smartphone e tablet.



media scala. In quest'ultimo settore la tecnologia fotovoltaica la fa ormai da padrona e vanta un mercato ormai consolidatosi ed in costante crescita, con un aumento netto di 96 GW di potenza installata a livello globale nel 2017, equivalente ad una crescita rispetto al 2016 del 29%. Il fotovoltaico basato su silicio, segna il settore trainante all'interno del parco fotovoltaico per le grandi potenze industriali, tra le quali primeggiano Cina, Giappone ed USA [3]. Potrebbe risultare alquanto avvilente registrare il fatto che tali sforzi coincidono con una produzione energetica globale netta, sempre relativa al 2017, limitata al 2,14% rispetto alla produzione energetica mondiale. Tuttavia, la rapida diffusione della produzione rinnovabile in nazioni in via di sviluppo, come l'India (terzo mercato del fotovoltaico a livello globale) e le nazioni del sud est asiatico, fa ben sperare in un futuro sempre più ricco di pannelli fotovoltaici.

La curva dell'anatra

La penetrazione capillare della produzione fotovoltaica è imprescindibile da una diffusione altrettanto fitta di metodi efficaci per gestire l'intermittenza energetica intrinsecamente connessa con la fonte solare. Tipicamente quello che stiamo sperimentando, man mano che le potenze fotovoltaiche installate aumentano, è una sempre maggiore fluttuazione durante la giornata solare, della disponibilità energetica. Tale problema trova eloquente espressione in quella che la comunità scientifica ed economica ha iniziato a conoscere con il nome di "duck curve", così come è stata battezzata dagli ingegneri in forza all'operatore energetico californiano (CAISO), che per primi, ed in seguito all'imbeccata del National Renewable Energy Laboratory (NREL, Colorado, Stati Uniti), ne notarono la curiosa forma rassomigliante il profilo di un'anatra, (Fig. 1). Si tratta della rappresentazione grafica della domanda energetica oraria giornaliera al netto della produzione rinnovabile non programmabile (solare ed eolico). Man mano che la penetrazione rinnovabile aumenterà di importanza, come è auspicabile, il dislivello massimo tra la pancia dell'anatra, curva relativa alle ore centrali della

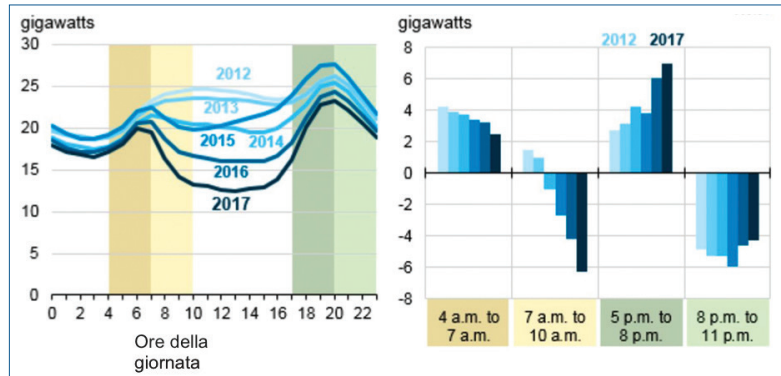


Fig. 1 - Domanda energetica, al netto della produzione fotovoltaica nazionale (grafico di sinistra), in gigawatt (GW) di potenza elettrica erogata, misurata e mediata dall'operatore energetico dello Stato della California (CAISO) per sei anni consecutivi a partire dal 2012. È evidente come la penetrazione crescente della fonte energetica rinnovabile all'interno del mix energetico, abbia contribuito ad abbassare la "pancia" dell'anatra ed a innalzarne la "testa". Dal grafico di destra è invece possibile quantificare l'enorme discrepanza tra la domanda di potenza tra fasce orarie contigue che ha caratterizzato l'anno 2017 (fonte: EIA, Energy Information Administration)

giornata, e il suo capo, le ore serali, sarà inesorabilmente destinato ad aumentare. Con esso, alle reti sarà richiesto di erogare in brevissimo tempo, ore o anche solo decine di minuti, potenze significative. Per far ciò i gestori, dovranno immancabilmente fare affidamento su impianti alimentati da fonti energetiche tradizionali (fossili) in grado, grazie ai veloci tempi di startup, di sopperire alla richiesta energetica. Sarà così demandato ad impianti termoelettrici tradizionali di funzionare ad intermittenza e ad alti regimi, generando un impatto negativo sugli sforzi manutentivi richiesti e sulle efficienze energetiche. Alla luce di ciò appare ovvio come l'efficientamento energetico dovrà necessariamente passare attraverso una strategica gestione dell'energia prodotta per via rinnovabile. La frammentazione della produzione, l'accumulo energetico in periodi "off-peak" e lo "smart metering", ovvero erogazione e scambio sul posto di energia prodotta ma non immediatamente utilizzata, sono solo alcune delle strategie da mettere necessariamente in atto. Anche il parco automobilistico elettrico, che sta in questi anni espandendo i suoi volumi, potrà avere un ruolo di primaria importanza. La tecnologia "vehicle to grid" infatti, in fase sperimentale in alcune parti del mondo, si prefigge lo scopo di utilizzare la batteria di veicoli elettrici connessi alla rete, come serbatoio dal quale prelevare piccole quantità di energie utili

alla stabilizzazione degli scompensi energetici locali. Il parco automobilistico elettrico diverrà così una sorta di centrale elettrica virtuale sempre disponibile [4]. L'accumulo di energia elettrica su piccola e media scala, i veicoli elettrici, la garanzia di continuità energetica per aree remote o isolate, avranno come cuore pulsante celle elettrochimiche, batterie ricaricabili, alle quali saranno richieste caratteristiche sempre più performanti, in termini di stabilità, durata e riciclabilità.

Sostenibilità della *Lithium Economy*

Le batterie ricaricabili al litio, dalla loro prima commercializzazione da parte di Sony, agli inizi degli anni Novanta del secolo scorso, hanno conosciuto una diffusione planetaria e trasversale a più ambiti industriali. Ad oggi, le batterie *Li-ion*, fruttano un mercato di 25 miliardi di dollari, che ci si aspetta raggiungerà i 47 miliardi di dollari nel 2023. Nel 2018 sono state prodotte tante batterie al litio tali da poter stoccare 148 GWh e, considerando che ogni 100 Watt-ora sono necessari 8 grammi di litio equivalente, sorge spontanea una domanda: come ci si aspetta che verrà soddisfatta la sete di litio in crescita esponenziale? Attualmente il litio che finisce nelle batterie dei nostri smartphone, droni ed auto elettriche, viene estratto, per la maggior parte, dalle sterminate distese salate sugli altipiani del Sudamerica (Cile, Argentina e Bolivia), un tempo enormi laghi salati ad elevate altitudini (Fig. 2). L'estrazione di litio da questi laghi prosciugati impone l'impiego di elevati quantitativi di acqua, pompata dal sottosuolo, stimati in quasi 2 miliardi di litri per tonnellata di litio carbonato equivalente (LiCO_3) [5]. I processi impiegati per la raffinazione di litio carbonato e la sua progressiva separazione, da sali di magnesio e calcio, prevedono l'impiego di giganteschi bacini evaporativi. La movimentazione di ciclopici quantitativi di acqua dalle riserve situate nel sottosuolo dei laghi salati di Cile e Argentina, sta creando pesanti squilibri nei fragili ecosistemi e sta generando disagio crescente alle popolazioni autoctone forzatamente dipendenti dalle riserve d'acqua per il loro sostentamento, la coltivazione e l'allevamento. Il mercato automobilistico, *in primis*, sta attingendo a piene mani dai bacini salati del Sudamerica: a partire dal 2015 la richiesta di litio è aumentata esponen-

zialmente ed il prezzo del bene grezzo è triplicato in poco più di dieci mesi [6]. Il successo planetario dell'elemento litio nel campo dello stoccaggio energetico affonda le sue radici negli anni Settanta del secolo scorso, quando gli studi seminali del fisico e chimico John B. Goodenough, presso l'Università di Oxford, sulle chimiche di inserimento reversibile (o meglio di intercalazione) dei metalli alcalini ed alcalino-terrosi in strutture cristalline, rivoluzionarono il campo dello stoccaggio energetico per via chimica.

Sodio per la differenziazione del mercato delle batterie ricaricabili

La civiltà, nelle condizioni attuali, non può più permettersi di sviluppare dipendenze da risorse naturali, pur abbondanti che esse siano, così come sta avvenendo per l'approvvigionamento di litio. Alla comparsa di una tecnologia strategica imperniata su di una risorsa naturale, le economie di scala, l'automazione, l'avanzamento industriale odierni, porterebbero in brevissimo tempo (decadi o forse meno) la risorsa naturale stessa a divenire bene strategico in potenziale esaurimento. La domanda di litio è attesa triplicare nei prossimi 10 anni, un trend che, nel caso petrolio per utilizzo energetico, si è verificata in una finestra temporale di 30 anni, nel corso della seconda metà del secolo scorso. Per questo motivo nel campo dell'elettrificazione del parco automobilistico e dello stoccaggio energetico occorre necessariamente affiancare alla tecnologia al litio un'altra, altrettanto performante ma basata su elementi costitutivi differenti, auspicabilmente più abbondanti

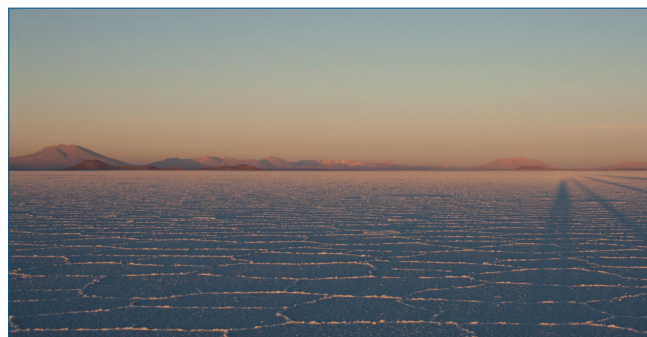


Fig. 2 - Le immense distese dei laghi salati degli altipiani boliviani: i *salar*. Qui il Salar de Uyuni, nella Bolivia meridionale. Si stima che un terzo delle riserve mondiali di litio si trovi all'interno degli strati di sale compatto che si estendono per decine di metri nel sottosuolo, in un'area che copre più di 10.000 km² (foto di Francesco Feliziani)



in natura. La possibilità di sviluppare batterie ricaricabili sodio-ione, anziché litio-ione, sta da qualche anno suscitando un crescente interesse all'interno della comunità scientifica, grazie alle caratteristiche di maggiore sostenibilità ambientale delle materie prime [7]. Il passaggio ad una tecnologia basata su sodio porta con sé vantaggi e svantaggi. Il vantaggio più lampante consiste nel poter fare affidamento su un elemento, il sodio appunto, ubiquitario. Facilmente isolabile come sale clorurato, dall'acqua marina per esempio, in cui costituisce il 30% in peso delle sostanze disciolte (contro circa lo 0,4% di litio), il sodio rappresenta una risorsa facilmente fruibile. Bisogna fare tuttavia i conti con i limiti imposti dalla termodinamica, secondo i quali una batteria al sodio in tutto e per tutto uguale ad una al litio, sprigionerebbe sempre il 10% di energia in meno. È un dazio da pagare legato alle caratteristiche elettroniche dell'atomo di sodio stesso. Il funzionamento di una batteria ricaricabile sodio-ione è tuttavia completamente paragonabile a quello delle "cugine" al litio. La specie ionica Na^+ , sospinta dalla spontaneità termodinamica durante la scarica e da una differenza di potenziale impressa dall'esterno durante la ricarica, si muove internamente alla batteria tra anodo e catodo. Questi ultimi devono obbligatoriamente essere costituiti da composti solidi capaci di immagazzinare reversibilmente lo ione sodio. La peculiarità delle batterie "ioniche", o "rocking chair batteries", come quelle a litio e sodio, sta proprio nel fatto che le specie elettrochimicamente attive, ovvero quelle che vanno incontro ai meccanismi di ossidoriduzione proprie della cella elettrochimica, sono immobilizzate agli elettrodi e lo ione che si muove all'interno della soluzione elettrolitica svolge unicamente il ruolo di bilanciatore di carica. Tale ruolo è, per esempio, svolto dal sodio e dal litio anche all'interno di strutture cristalline quali quelle di ossidi e fosfati di metalli di transizione: si tratta dei materiali ad intercalazione o inserzione, rigide "scaffalature" in cui le specie ioniche dotate di dimensione e carica opportune possono facilmente trovare accomodamento (Fig. 3).

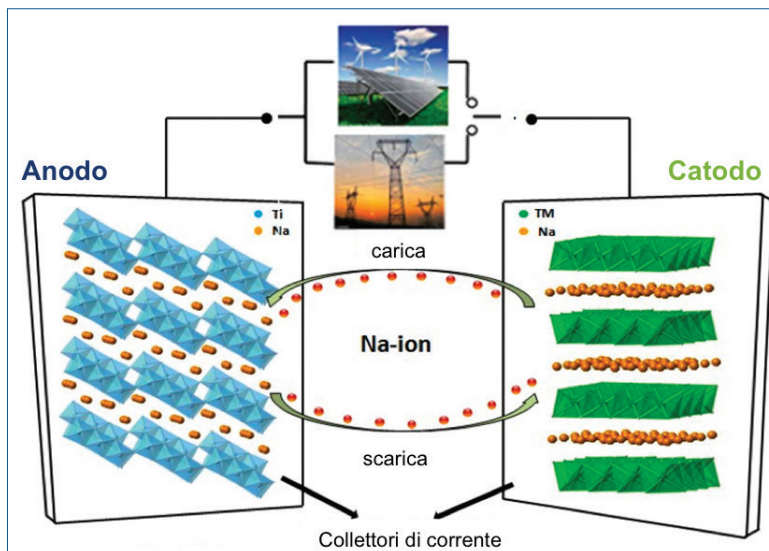


Fig. 3 - Schematizzazione del principio di funzionamento di una batteria ricaricabile agli ioni sodio (Na-ion battery). A titolo esemplificativo sono rappresentati un anodo basato su biossido di titanio (anatasio) ed un catodo dalla struttura cristallina lamellare (tipicamente posseduta da alcuni polimorfi di ossidi di metalli di transizione, quali ferro e manganese) in grado di intercalare ioni sodio. In tali tipi di strutture, il metallo di transizione andrà incontro alla reazione di riduzione elettrochimica durante la scarica, richiamando sodio dalla soluzione elettrolitica, mentre si ossiderà durante la carica. In quest'ultima fase, per repulsione elettrostatica, il sodio migrerà all'esterno della struttura cristallina

Le differenze chimiche e fisiche tra gli elementi litio e sodio rendono impraticabile la traslazione diretta dei composti impiegati nelle batterie al litio in composti del sodio altrettanto efficienti. Si è così delineata la necessità di completamente ridisegnare i materiali elettrodici. Ciò implica sforzi provenienti da discipline quali la scienza dei materiali, la chimica fisica, l'elettrochimica e la chimica computazionale. Nel corso degli ultimi dieci anni la produzione scientifica ha fatto registrare sull'argomento una crescita costante di pubblicazioni e le soluzioni proposte spaziano dai materiali catodici ed anodici a base inorganica [8] (materiali a base carboniosa nano-strutturati, ossidi, fosfati, silicati di metalli di transizione) a quelli a base organica [9] (Fig. 4). Gli ultimi, in particolare, presentano ancora numerose sfide connesse all'elevata solubilità delle molecole organiche nei solventi aprotici impiegati all'interno delle celle e alla loro stabilità chimica. La maggior parte degli studi riguarda invece composti inorganici, strutture stabili in grado di immagazzinare reversibilmente sodio. Sicuramente, tra le sfide più entusiasmanti, rimane quella di sintetizzare composti inorganici a basso impatto ambien-

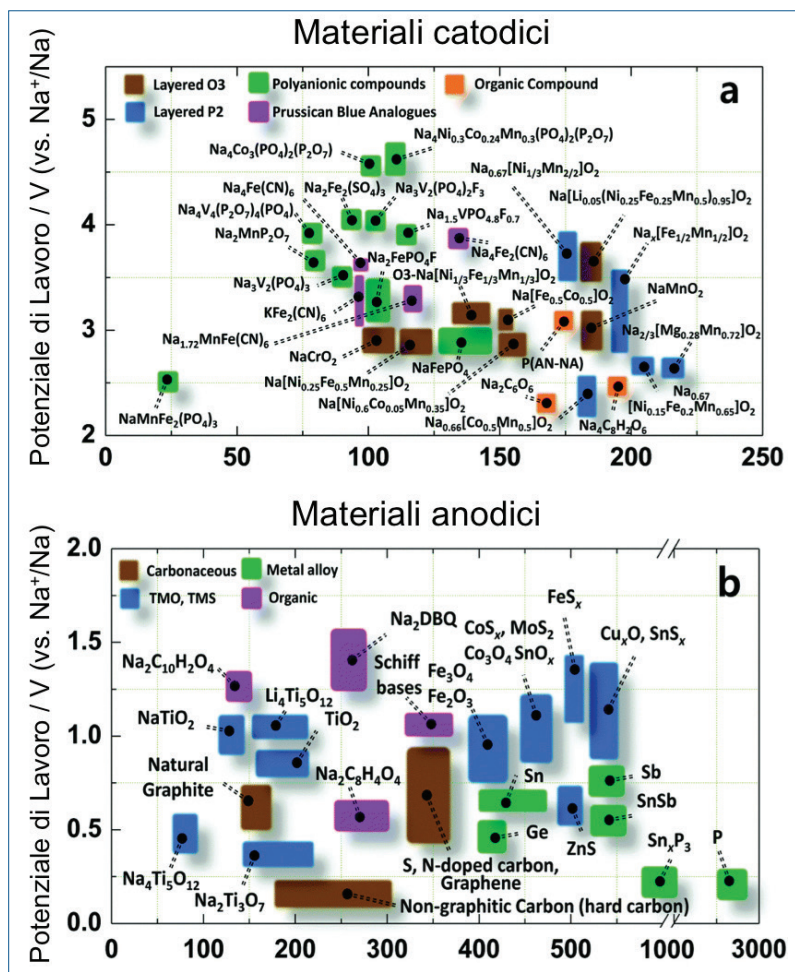


Fig. 4 - Nei grafici sono riassunti i composti maggiormente indagati in letteratura come catodi (a) e anodi (b) per batterie ricaricabili sodio-ione. Le classi di appartenenza dei primi spaziano da ossidi e fosfati lamellari dei metalli di transizione, ai framework organometallici (equivalenti del blu di prussia), ossia esacianoferrati di ferro e manganese. Dal lato anodico, invece, sono stati studiati composti carboniosi non grafittici, leghe metalliche e composti organici

tale, altamente riciclabili e privi di elementi dannosi per l'ambiente e la salute. In particolare il cercare di svincolarsi da cobalto e nichel, ampiamente utilizzati nella produzione delle odierne batterie litio-ione, rimane prioritario nella ricerca. Ne sono valido esempio gli anodi per batterie ricaricabili sodio-ione a base di biossido di titanio nano-strutturato [10] e i catodi a base di pirofosfati di ferro [11]. Quello dell'anodo che sia in grado di immagazzinare reversibilmente ioni sodio è un ambito che continua a tormentare la ricerca. La grafite, che costituisce lo standard anodico per le batterie litio-ione, risulta inutilizzabile in presenza di sodio a causa di severi fenomeni di

esfoliazione ai quali va incontro durante l'inserzione di sodio, e che ne determinano la rapida degenerazione e perdita di capacità. Non è quindi ancora possibile parlare di uno standard anodico per quanto riguarda il sodio e le scelte provvisorie stanno ricadendo su materiali carboniosi non grafittici, tipicamente carboni amorfi, ad elevata superficie, i cui meccanismi di interazione con lo ione sodio sono per la maggior parte di superficie (adsorbimento o fisisorbimento) e non sono assimilabili a fenomeni di intercalazione bulk.

È stato recentemente dimostrato come la nano-strutturazione di solidi cristallini dalla struttura aperta, crei condizioni favorevoli all'inserzione di sodio a bassi potenziali, prerequisito fondamentale per poter definire un materiale intercalante sodio come materiale anodico all'interno di una batteria sodio-ione prototipo. È questo il caso del biossido di titanio (TiO_2) nel suo polimorfo anatasio. Tuttavia non tutte le interfacce cristallografiche del cristallo di anatasio sarebbero in grado di dare origine ad una interazione favorevole con sodio, ecco che quindi, nella fase di sintesi del materiale, l'espressione e la crescita di alcune facce cristallografiche rispetto ad altre, acquisisce notevole importanza. Accanto agli studi sperimentali che mirano ad identificare e a migliorare, tramite innovative strategie di sintesi, materiali stabili e dal-

la bassa impronta ecologica, va annoverato il fondamentale contributo teorico fornito dalla chimica computazionale. Proprio in relazione a quest'ultimo aspetto è nato da uno dei gruppi di ricerca più prolifici al mondo nel campo della scienza dei materiali, *Materials Project* [12], portale *open-source* che si pone l'intento di fornire una vasta banca dati e solide basi predittive alla chimica sperimentale, sfruttando la sorprendente capacità di calcolo dei supercomputer dei *Berkley National Laboratory* (California, USA), in modo da poter predire aspetti energetici, di interazione e stabilità dei composti, ben prima di metter piede in laboratorio.



BIBLIOGRAFIA

- [1] UNFCCC, Paris Agreement, Paris, 2015.
- [2] IPCC, Special Report, Global Warming of 1.5 °C, 2018.
- [3] IEA, Snapshot of global photovoltaic markets report, 2018, 1-16.
- [4] D. Steward, Critical Elements of Vehicle-to-Grid (V2G) Economics, 2017.
- [5] gtm, U.S . Energy Storage Monitor: 2016 Year in Review and Q1 2017 Full Report, 2017.
- [6] J. Turner, Are sodium-ion batteries worth their salt?, *Power Technology*, 2018;
<https://www.power-technology.com/features/sodium-ion-batteries-worth-salt/>
- [7] L. Chen, M. Fiore *et al.*, *Adv. Sust. Syst.*, 2018, **2**, 1700153.
- [8] W. Ren, Z. Zhu *et al.*, *Small*, 2017, **13**, 1604181.
- [9] Y. Xu, M. Zhou, Y. Lei, *Mater. Today*, 2018, **21**(1), 60; doi: [10.1016/j.mattod.2017.07.005](https://doi.org/10.1016/j.mattod.2017.07.005).
- [10] G. Longoni, R.L. Pena Cabrera *et al.*, *Nano Lett.*, 2017, **17**, 992.
- [11] G. Longoni, J.E. Wang *et al.*, *Power Sources*, 2016, **302**, 61.
- [12] <https://materialsproject.org>

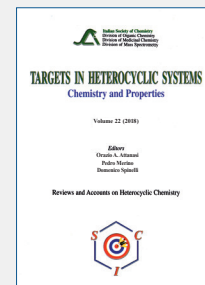
The “Duck Curve” and the Future Energy Scenario

In the prospect of a capillary diffusion of rechargeable batteries at service of different market areas, differentiation of battery core technology will be a key element to avoid developing a strong dependence from few natural sources. Particularly, lithium-ion batteries, are often the technology of choice for stabilization of intermittent energy production coming from photovoltaic which is spreading at a ramping pace. Lithium-ion manufacturing is requiring enormous amount of unevenly distributed elements such as lithium, cobalt and nickel. In the attempt of developing more sustainable rechargeable batteries, sodium is being investigated as a valid alternative to lithium. This shift bares with himself radical changes in how anode and cathode materials are being conceived.

LIBRI E RIVISTE SCI

Targets in Heterocyclic Systems Vol. 22

È disponibile il
22° volume della serie
“Targets in Heterocyclic Systems”,
a cura di Orazio A. Attanasi,
Pedro Merino e Domenico Spinelli
http://www.soc.chim.it/it/libri_collane/th/s/vol_22_2018



Sono disponibili anche i volumi 1-21 della serie.

I seguenti volumi sono a disposizione dei Soci gratuitamente, è richiesto soltanto un contributo spese di € 10:

- G. Scorrano “La Storia della SCI”, Edises, Napoli, 2009 (pp. 195)
- G. Scorrano “Chimica un racconto dai manifesti”, Canova Edizioni, Treviso, 2009 (pp. 180)
- AA.VV. CnS “La Storia della Chimica” numero speciale, Edizioni SCI, Roma 2007 (pp. 151)
- AA.VV. “Innovazione chimica per l’applicazione del REACH” Edizioni SCI, Milano, 2009 (pp. 64)

Oltre “La Chimica e l’Industria”, organo ufficiale della Società Chimica Italiana, e “CnS - La Chimica nella Scuola”, organo ufficiale della Divisione di Didattica della SCI (www.soc.chim.it/riviste/cns/catalogo), rilevante è la pubblicazione, congiuntamente ad altre Società Chimiche Europee, di riviste scientifiche di alto livello internazionale:

- ChemPubSoc Europe Journal
- Chemistry A European Journal
- EURJOC
- EURJIC
- ChemBioChem
- ChemMedChem
- ChemSusChem
- Chemistry Open

- ChemPubSoc Europe Sister Journals
- Chemistry An Asian Journal
- Asian Journal of Organic Chemistry
- Angewandte Chemie
- Analytical & Bioanalytical Chemistry
- PCCP, Physical Chemistry Chemical Physics

**Per informazioni e ordini telefonare in sede,
06 8549691/8553968, o inviare un messaggio
a manuela.mostacci@soc.chim.it**

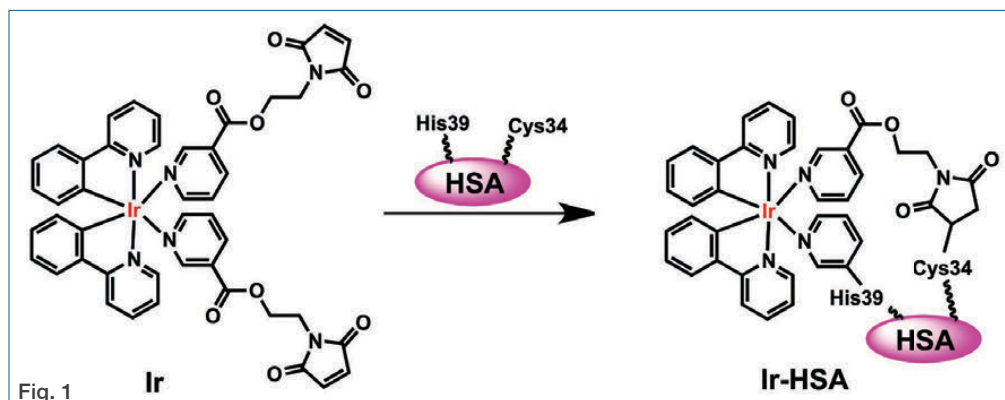


A CURA DI SILVIA CAUTERUCCIO E MONICA CIVERA
 DIPARTIMENTO DI CHIMICA
 UNIVERSITÀ DI MILANO
 SILVIA.CAUTERUCCIO@UNIMI.IT
 MONICA.CIVERA@UNIMI.IT

Nuovi fotosensibilizzatori in terapia fotodinamica

La terapia fotodinamica (*Photodynamic Therapy, PDT*) è utilizzata ormai da diversi anni nel trattamento di numerose patologie, tra cui malattie virali locali, infezioni locali batteriche o fungine, nonché come terapia non invasiva per la cura di diversi tipi di tumori. La PDT sembra infatti combinare in sé i vantaggi della chemioterapia e della radioterapia, mostrando una bassa tossicità sistemica e minori effetti collaterali. Essa è un tipo di fototerapia che prevede l'impiego di tre componenti chiave: una sostanza chimica fotosensibile (fotosensibilizzatore), una sorgente di luce e l'ossigeno presente nei tessuti. L'assorbimento della luce di opportuna lunghezza d'onda da parte del fotosensibilizzatore genera degli stati eccitati che a loro volta provocano la trasformazione dell'ossigeno tripletto ($^3\text{O}_2$, generalmente presente nelle cellule) in ossigeno singoletto ($^1\text{O}_2$), che è una specie ossidante molto reattiva ed altamente tossica. Quest'ultima è in grado di innescare reazioni a catena che danneggiano irreversibilmente la membrana cellulare portando alla morte della cellula stessa [H. Abrahamse, *J. Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 2009, **96**, 1]. Un buon fotosensibilizzatore dovrà possedere quindi le seguenti proprietà: intenso assorbimento nella regione del vicino infrarosso (600-850 nm dove è generalmente massimo l'assorbimento per i tessuti viventi), bassa tossicità al buio ma elevata citotossicità in presenza di luce, buona stabilità in condizioni fisiologiche, fotostabile e non ossidabile da parte dell'ossigeno singoletto ($^1\text{O}_2$), e, molto importante, deve accumularsi selettivamente nei tessuti malati e deve essere

facilmente eliminato da quelli sani. Ad oggi sono stati sviluppati molteplici fotosensibilizzatori, costituiti da cromofori di natura organica (ematoporfirine naturali e porfirine sintetiche), complessi a base di metalli di transizione, semiconduttori e sistemi fotosensibilizzanti coniugati a biomolecole o a nanostrutture. Lo studio di questi ultimi sta suscitando notevole interesse, come riportato in un lavoro di Sadler [P.J. Sadler, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, **58**, 2350], dove è stato sintetizzato un sistema luminescente formato da un complesso di Ir(III) coordinato alla siero albumina umana (HSA), che è tra le proteine più abbondanti nel plasma sanguigno, ed è ampiamente utilizzata nel *delivery* di farmaci antitumorali. La coniugazione del complesso Ir (Fig. 1) a HSA attraverso i residui His39 e Cys34 incrementa notevolmente la fosforescenza del coniugato **Ir-HSA** rispetto al complesso Ir. Inoltre, **Ir-HSA** possiede elevata fotostabilità e ottima capacità di generare $^1\text{O}_2$ (resa quantica $\Phi(^1\text{O}_2)=0,83$), risulta fotocitotossico nei confronti di numerose linee di cellule tumorali (*light IC*₅₀:0,8-5 μM ; indice di fotocitotossicità $PI=40-60$, con $PI=\text{dark IC}_{50}/\text{light IC}_{50}$), e non mostra una significativa tossicità nelle cellule sane anche in seguito a fotoirradiazione. Tutte queste caratteristiche lo rendono un fotosensibilizzatore molto promettente per potenziali applicazioni cliniche in PDT.



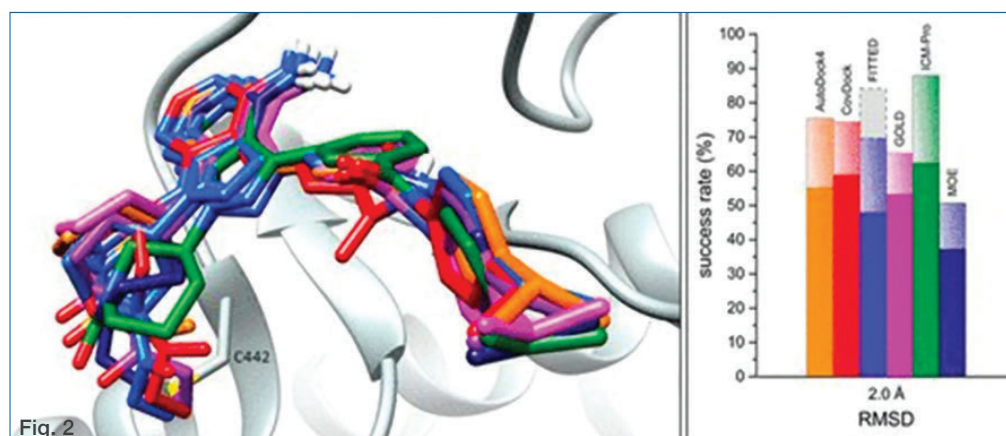


Ligandi covalenti: il ritorno

Circa il 30% dei farmaci venduti come inibitori enzimatici funziona legandosi covalentemente al recettore. Di questa classe di composti fanno parte i principali antibiotici β -lattamici, alcuni farmaci antitumorali, quelli utilizzati per il trattamento di disturbi gastrointestinali, malattie cardiocircolatorie ed infine anche per colpire il sistema nervoso [H.M. Kumalo, *Molecules*, 2015, **20**, 1984].

Formando un legame covalente con il recettore, i *targeted covalent inhibitors* (TCIs), sono ligandi molto potenti, infatti, oltre ad avere elevata affinità per il recettore, hanno un'azione biologica più duratura nel tempo, ma, a causa degli effetti di *off-targeting*, spesso elevate tossicità. Per queste ragioni richiedono una maggiore selettività, raggiunta grazie all'ottimizzazione delle interazioni non covalenti. Il legame covalente si forma solitamente tra un gruppo elettrofilo del ligando (*warhead*) ed un residuo nucleofilo della proteina, spesso una cisteina. Il legame che si forma può essere reversibile o irreversibile in funzione della natura del gruppo elettrofilo [A. Scarpino, *J. Chem. Inf. Model.*, 2018, **58**, 1441]. Diversi software di docking sono stati recentemente aggiornati ed integrati con nuovi *tools* (Fig. 2) in grado di fare docking covalente, ancora per ora limitato allo studio di pochi composti alla volta (difficile fare screening di librerie visto che la formazione del legame covalente richiede calcoli quanto meccanici molto *time-consuming*, soprattutto se si utilizzano ligandi con diversi *warhead*). I calcoli di *virtual screening* sono limitati allo studio di *warhead* si-

mili tra loro in modo da poter approssimare per tutti i ligandi una simile energia di formazione del legame. In aggiunta a valutazione e ottimizzazione delle interazioni di non legame, in un calcolo di docking covalente la 'posa' del ligando nel sito deve essere ottimizzata per favorire la formazione del legame covalente. Nel lavoro di Scarpino, vari software di *covalent docking* vengono valutati e confrontati in base alla capacità di riprodurre le pose cristallografiche di circa 207 complessi ligando-proteina. Gli errori più frequenti riguardano sia la valutazione della posa cristallografica in termini di *score* (stima dell'energia di legame) che il campionamento conformazionale del ligando, in particolare del cambio conformazione che avviene per il gruppo elettrofilo quando si forma il legame covalente. Anche la dimensione del ligando ha un effetto sul risultato del docking, e, aumentando, il numero di legami ruotabili aumenta l'errore. Inoltre, c'è una dipendenza dal tipo di *warhead*: tutto i *tools* esaminati riproducono meglio ligando che si lega tramite un'addizione di Michael o elettrofila, una sostituzione nucleofila piuttosto che una reazione di apertura di un anello e la formazione di un ponte disolfuro. Anche l'accessibilità di cisteine nel sito di legame e la tipologia di proteina possono influenzare il risultato.





CLAUDIO DELLA VOLPE
UNITN, SCI, ASPO-ITALIA
CLAUDIO.DELLAVOLPE@UNITN.IT

IL CASO DICLOFENAC

Il diclofenac (Fig. 1, noto, per esempio, con il nome commerciale Voltaren), è uno dei più comuni e potenti antiinfiammatori non steroidei; agisce sul dolore e l'infiammazione attraverso il comune effetto di inibizione della catena infiammatoria, bloccando due degli enzimi che sintetizzano le prostaglandine, che sono i mediatori dell'infiammazione, le cicloossigenasi COX-1 e COX-2.

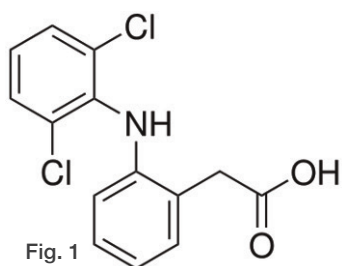


Fig. 1

Come per molti altri farmaci il diclofenac è stato permesso anche per uso veterinario (nome commerciale Reuflogin). È stato brevettato dalla Ciba-Geigy nel 1965 ed è in uso da molti anni. Ovviamente soffre di effetti collaterali. Il punto è proprio questo: dato che è usato come farmaco veterinario gli effetti collaterali si manifestano anche in alcuni degli animali che vengono in contatto con questa molecola.

Un contatto del tutto inatteso, ma prevedibile è quello con specie di animali selvatici che sono particolarmente sensibili alla sua tossicità renale. Ma come fanno i selvatici ad assorbire il diclofenac?

Stiamo parlando di alcuni tipi di uccelli rapaci, come l'avvoltoio e l'aquila della steppa: nei Paesi dove questi uccelli sono comuni (India, Pakistan, Nepal) la loro popolazione è stata completamente decimata a causa dell'effetto di tossicità renale della molecola (diminuzione della popolazione stimata del 95% fino al 2003 e 99,9% nel 2008). Proprio per questo motivo il diclofenac è stato

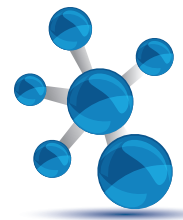
proibito per uso veterinario nei medesimi Paesi. Qualcuno potrà pensare che dopo tutto si tratta di uccelli che sono poco numerosi od importanti; beh, le cose non stanno così. Infatti prima di tutto stiamo parlando della morte stimata nel subcontinente indiano di qualcosa come decine di milioni di avvoltoi ed aquile, con gli effetti che da ciò discendono.

In parecchi luoghi le popolazioni di cani selvatici sono aumentate bruscamente a causa della scomparsa degli avvoltoi come principali cacciatori di carcasse di ungulati selvatici e domestici. E con l'aumentare dei cani selvatici aumenta il rischio di casi rabbia; ma non solo. Il fatto che i cani selvatici ed i ratti abbiano sostituito gli avvoltoi nella distruzione delle carcasse di animali selvatici e non fa aumentare significativamente il rischio di epidemie, in quanto il sistema digestivo degli avvoltoi funziona da filtro contro parecchi tipi di batteri e virus pericolosi, distruggendoli.

Da questo punto di vista i nuovi spazzini sono peggiori dei precedenti perché invece di distruggere i patogeni li distribuiscono in giro, diventando dei veri e propri diffusori di infezioni. Inoltre la popolazione indiana di cani selvatici, che assomma a circa 18 milioni, attira i leopardi che li predano e questo porta a conflitti con le persone e rischio per gli abitanti.

Mettendo insieme questi fattori alcuni hanno stimato un danno all'India per la scomparsa degli avvoltoi dell'ordine di miliardi di dollari.

Insomma, si tratta di un servizio che veniva fornito dagli avvoltoi a condizioni favorevoli e a prezzo praticamente nullo, un po' come quello degli insetti impollinatori dalle nostre parti e che, con la nostra prestigiosa capacità di diffondere sostanze inadatte nell'ambiente, abbiamo distrutto; chi prenderà il posto degli impollinatori non lo sappiamo; chi ha preso quello degli avvoltoi ve l'ho raccontato.



Gli avvoltoi sono una specie longeva e che si riproduce lentamente; dunque questo evento avrà effetti di lunghissimo periodo nel subcontinente indiano.

Inoltre c'è un effetto culturale piccolo ma significativo, in quanto la religione Zoroastriana (che ha una presenza sia pur ridotta in India) si è storicamente servita degli avvoltoi per la eliminazione dei cadaveri nelle cosiddette Torri del Silenzio; adesso, in mancanza di avvoltoi, i Zoroastriani stanno cercando metodi alternativi come le normali tumulazioni, che però sono in totale contrasto con le loro credenze (come pure la cremazione, poiché il fuoco è puro e, dunque, non si può inquinare con i cadaveri, che diventano ricettacolo di spiriti impuri). Concludo dicendo che il problema degli avvoltoi

non è limitato al subcontinente indiano ma che grazie alla scelta poco opportuna della UE si è esteso anche al sud Europa: Spagna, Italia, Portogallo e Grecia. Come vedete in Fig. 2 la cosa è stata denunciata sulle pagine di prestigiosi giornali scientifici, inclusi *Science* e *Nature*.

Il diclofenac è un farmaco commercializzato anche in Italia con il nome Reuflogin, è autorizzato in veterinaria come antiinfiammatorio ed antidolorifico nei bovini e nei suini. Nonostante si ritenga che l'uso del diclofenac in Italia sia limitato e, per ridurre il rischio, sia sufficiente fornire precise indicazioni sul suo uso in caso di animali morti da utilizzare per l'alimentazione animale, basterebbe un singolo evento con un'alta esposizione al farmaco, per causare la morte di un gran numero di avvoltoi. È stata fatta negli anni passati una raccolta da firme contro questa scelta ma senza risultato (<https://www.lookingaround.it/italiano/attivita-realizza-te-nel-2015/>).

Secondo me questo è un ottimo esempio di come per motivi di profitto privato si mettano a rischio gli ambienti naturali; esistono altri farmaci sostitutivi del diclofenac che non hanno questo problema e le case produttrici e gli esperti europei lo sanno. Perché si fanno scelte a rischio? Voi che ne dite?

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.ebnitalia.it/easyNews/NewsLeggi.asp?NewsID=173>
- [2] <https://www.anmvioggi.it/rubriche/europa/65311-nuove-iniziative-per-vietare-il-diclofenac-anche-in-italia.html>

Journal of Applied Ecology



Journal of Applied Ecology 2016, 53, 993–1003

doi: 10.1111/1365-2664.12663

Potential threat to Eurasian griffon vultures in Spain from veterinary use of the drug diclofenac

Rhys E. Green^{1,2†}, José A. Donázar³, José A. Sánchez-Zapata⁴ and Antoni Margalida^{5,6*†}

Fig. 2



Società Chimica Italiana

La *Società Chimica Italiana*, fondata nel 1909 ed eretta in Ente Morale con R.D. n. 480/1926, è un'associazione scientifica che annovera quasi quattromila iscritti. I Soci svolgono la loro attività nelle università e negli enti di ricerca, nelle scuole, nelle industrie, nei laboratori pubblici e privati di ricerca e controllo, nella libera professione. Essi sono uniti, oltre che dall'interesse per la scienza chimica, dalla volontà di contribuire alla crescita culturale ed economica della comunità nazionale, al miglioramento della qualità della vita dell'uomo e alla tutela dell'ambiente.

La *Società Chimica Italiana* ha lo scopo di promuovere lo studio ed il progresso della Chimica e delle sue applicazioni. Per raggiungere questi scopi, e con esclusione del fine di lucro, la *Società Chimica Italiana* promuove, anche mediante i suoi Organi Periferici (Sezioni, Divisioni, Gruppi Interdivisionali), pubblicazioni, studi, indagini, manifestazioni. Le Sezioni perseguono a livello regionale gli scopi della Società. Le Divisioni riuniscono Soci che seguono un comune indirizzo scientifico e di ricerca. I Gruppi Interdivisionali raggruppano i Soci interessati a specifiche tematiche interdisciplinari.

La Società organizza numerosi convegni, corsi, scuole e seminari sia a livello nazionale che internazionale. Per divulgare i principi della scienza chimica nella scuola secondaria superiore organizza annualmente i *Giochi della Chimica*, una competizione che consente ai giovani di mettere alla prova le proprie conoscenze in questo campo e che seleziona la squadra nazionale per le *Olimpiadi Internazionali della Chimica*.

Rilevante è l'attività editoriale con la pubblicazione, congiuntamente ad altre Società Chimiche Europee, di riviste scientifiche di alto livello internazionale. Organo ufficiale della Società è la rivista *La Chimica e l'Industria*.

Nuova iscrizione

Per la prima iscrizione il Candidato Socio deve essere presentato, come da Regolamento, da due Soci che a loro volta devono essere in regola con l'iscrizione. I Soci Junior (nati nel 1987 o successivi) laureati con 110/110 e lode (Laurea magistrale e Magistrale a ciclo unico) hanno diritto all'iscrizione gratuita e possono aderire - senza quota addizionale - a due Gruppi Interdivisionali.

Contatti

Sede Centrale

Viale Liegi 48c - 00198 Roma (Italia)

Tel +39 06 8549691/8553968

Fax +39 06 8548734

Ufficio Soci Sig.ra Maria Carla Ricci

E-mail: ufficiosoci@soc.chim.it

Segreteria Generale Dott.ssa Barbara Spadoni

E-mail: segreteria@soc.chim.it

Amministrazione Rag. Simone Fanfoni

E-mail: simone.fanfoni@soc.chim.it

Congressi Sig.ra Manuela Mostacci

E-mail: ufficiocongressi@soc.chim.it

Supporto Utenti

Tutte le segnalazioni relative a malfunzionamenti del sito vanno indirizzate a webmaster@soc.chim.it

Se entro 24 ore la segnalazione non riceve risposta dal webmaster si prega di reindirizzare la segnalazione al coordinatore WEB giorgio.cevasco@unige.it

Redazione "La Chimica e l'Industria"

Organo ufficiale della Società Chimica Italiana

Anna Simonini

P.le R. Morandi, 2 - 20121 Milano

Tel. +39 345 0478088

E-mail: anna.simonini@soc.chim.it