

anno I - N° 4 - LUGLIO/AGOSTO 2017



La Chimica e l'Industria online

 Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana



ISSN 2283-544X

In questo numero si parla di:

start up/spin off, biotecnologie, catalisi, comunicazione scientifica, chimica nello sport

ECOMONDO

THE GREEN TECHNOLOGIES EXPO

hoopcommunication.it

GREEN & CIRCULAR ECONOMY

7-10
NOVEMBRE
2017
RIMINI ITALY

21^A FIERA INTERNAZIONALE
DEL RECUPERO DI MATERIA ED ENERGIA
E DELLO SVILUPPO SOSTENIBILE

www.ecomondo.com

IN CONTEMPORANEA CON

KEY ENERGY

www.keyenergy.it

ORGANIZZATO DA

ITALIAN EXHIBITION GROUP

A merger of
Rimini Fiera and Fiera di Vicenza





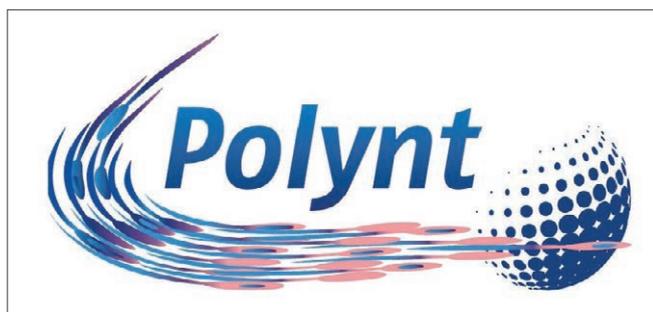
COME SI PASSA DALLA RICERCA ALL'INNOVAZIONE?

Il passaggio dalla ricerca accademica all'innovazione può avvenire con tre approcci differenti: collaborazione con ricercatori industriali con contratti di ricerca, creazione di spin-off a partire da ricerca effettuata in accademia e creazione di start-up a partire da accademici e non accademici. Porterò qui di seguito esempi emblematici di questi tre approcci che hanno avuto recentemente un notevole successo.

Il primo esempio viene dal recente congresso della SCI di Paestum, dove è stato conferito il premio Mario Giacomo Levi al prof. Fabrizio Cavani (Univ. BO) e all'ing. Mario Novelli della Polynt (industria italiana) grazie a una collaborazione università/industria che dura da 23 anni per la sintesi di anidride maleica a partire da *n*-butano, uno dei primi processi di chimica verde che ha sostituito il benzene come materia prima. L'obiettivo della collaborazione è stato di porre le basi scientifiche della tecnologia, servite poi all'industria per migliorare il processo. Tutto ciò ha fruttato 17 pubblicazioni, 12 presentazioni a congressi, 5 brevetti con nomi dell'Università e della Polynt e il finanziamento di 7 dottorati. Il risultato è stato l'aumento (relativo del 25%) nel corso degli anni della resa in anidride maleica, abbassando così i costi di

produzione, grazie alla modifica del catalizzatore e delle condizioni sperimentali. L'impianto, il primo in Europa, è andato in marcia a Ravenna nel 1994 ed è il più grande al mondo a letto fluido.

Il secondo esempio è la nascita della start-up Graphene-XT che ha sviluppato e sintetizzato su scala industriale il proprio grafene presso i suoi laboratori e stabilimenti di Bologna, producendo e distribuendo prodotti a base grafenica in tutto il mondo. Il dott. Simone Ligi (dottorato in Chimica industriale) è l'amministratore della start-up. Precedentemente aveva lavorato per una multinazionale di chimica che poi ha chiuso la parte italiana. Nel 2009 Ligi, in cassa integrazione, ha iniziato a studiare dei modi per sintetizzare il grafene ed è riuscito a trovare una tecnica e una formulazione ideale in fase liquida, che ha brevettato. Nel 2013 Ligi, grazie a dei fondi privati, ha iniziato la produzione insieme ad un gruppo di amici con la start-up GNext. Nel 2016, insieme ad un consorzio composto da università e industrie, la start-up ha vinto un progetto europeo parte di Horizon2020, con un finanziamento di 290 mila euro. Nel 2017 è stata fondata la Graphene-XT, passando così da start-up a Srl. Nello stesso anno l'azienda ha ottenuto fondi dalla campagna di crowdfunding ed è entrata a fare parte della Graphene Flagship, un'associazione che riunisce utilizzatori, produttori e ricercatori sul grafene, che ha ricevuto dall'Unione Europea un budget di un miliardo di euro. La forza di Graphene-XT rispetto ai suoi competitor sta nel produrre il proprio grafene in acqua senza passare per il grafene allo stato di polvere. I laboratori per la ricerca sono ospitati dalla facoltà di Ingegneria di Bologna (con l'Università ci sono anche diversi progetti di ricerca) e la produ-



zione avviene all'interno di aziende partner tra Bologna e Ferrara. La tecnologia sviluppata è una tecnica produttiva alternativa alla tradizionale esfoliazione utilizzata dalla maggior parte dei competitor, decisamente più costosa. Graphene-XT ha già stretto accordi commerciali con diverse multinazionali e con soggetti accademici per lo sviluppo di applicazioni che affiancano le linee di produzione già attive, come il grafene in massa (lavorato come additivo) e per film e inchiostri conduttivi. Graphene-XT sviluppa anche film e inchiostri conduttivi e additivi per compositi polimerici. Recentemente Graphene-XT ha ottenuto ulteriori fondi da una campagna di crowdfunding sul sito di Mamacrowd, una piattaforma online che mette in contatto le start-up con gli investitori. Le start-up mettono una percentuale della società in vendita e gli investitori possono decidere quale percentuale comprare. La campagna è stata chiusa 2 mesi prima accettando 530 mila euro da circa 160 investitori, che ora sono diventati a tutti gli effetti soci della società che parteciperanno agli utili.



Il terzo esempio è lo spin-off NanoSiliCal, diventato poi start-up e Srl, dell'Università della Calabria fondato nel 2014 dai proff. Luigi Pasqua e Antonella Leggio e dalla d.ssa Catia Morelli sulla base di risultati acquisiti nel decennio precedente nei Laboratori dell'Università della Calabria e successivamente oggetto di brevetto e pubblicazioni su riviste internazionali. La tecnologia NanoSiliCal si sviluppa a partire da un brevetto europeo nel quale si rivendicano nanosistemi a base di silice mesoporosa che consentono l'ingegnerizzazione delle terapie antitumorali che impiegano chemioterapici di uso comune. I sistemi, così strutturati, hanno la proprietà di somministrare il farmaco esclusivamente alle cellule tumorali in modo da evitare gli effetti collaterali, abbassare la tossicità e l'insorgenza di farmaco-resistenza, aumentando, allo stesso tempo, l'efficacia terapeutica. Lo spin-off vanta un portafoglio brevetti costituito da un brevetto euro-

peo già concesso che rivendica la tecnologia ed una domanda internazionale in fase di estensione relativa al prototipo in fase di sviluppo destinato al trattamento del mieloma multiplo. NanoSiliCal, ha l'obiettivo di reimpiantare i farmaci antitumorali tradizionali in formulazioni intelligenti meno tossiche e più efficaci e, se possibile, in futuro, di resuscitare farmaci mai nati che non hanno superato la sperimentazione clinica, in forma libera, diminuendone gli effetti collaterali e tossicità. I nanosistemi, sono provvisti di una duplice funzionalità: la prima, posizionata sulla superficie esterna della nanoparticella, la seconda è il farmaco antitumorale da impiegare legato all'interno del nanosistema. Le micro-nanoparticelle di silice mesoporosa sono le candidate ideali per lo sviluppo di sistemi per il direccionamento di farmaci, in quanto di facile sintesi, versatili, biocompatibili e sospendibili nei fluidi biologici. Le silici mesoporose sono, secondo NanoSiliCal, preferibili alle tecnologie attualmente in uso (materiali polimerici, liposomi, nanosomi), poiché le loro superfici esterna ed interna consentono un'agevole strutturazione della materia su scala nanometrica. L'orizzonte applicativo di NanoSiliCal è lo sviluppo di una serie di sistemi di *drug targeting* applicabile alla maggior parte dei tumori in cui il ligando posto sulla superficie del vettore è tipicamente la molecola di cui quel tipo di tumore possiede i recettori. L'utilizzo del chemioterapico d'elezione per quel tipo di tumore, porterebbe allo sviluppo di una sorta di chemioterapia intelligente e personalizzata. La NanoSiliCal ha attirato l'attenzione di un gruppo qatariota che ha una sua divisione dedicata alle biotecnologie, facente capo alla famiglia Al Emadi che gestisce, tra l'altro, la Qatar International Islamic Bank e la Qatar Islamic Insurance Company. Mohammed A. Al Emadi ha acquisito nella prima fase di una *joint-venture* avviata nell'aprile del 2017, il 10% di NanoSiliCal Devices Srl.



QUANDO FINISCE IL SUV,
COMINCIA STELVIO.



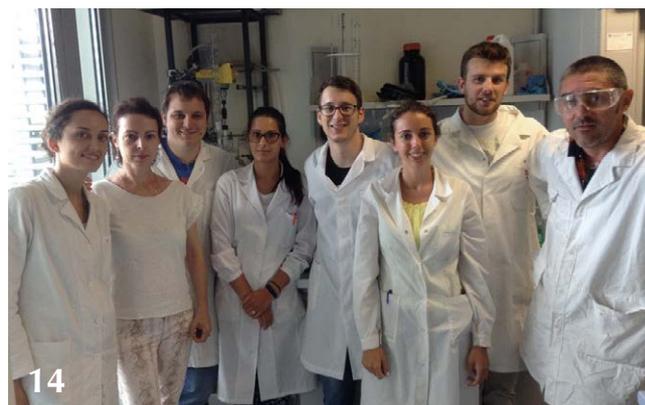
ALFA ROMEO STELVIO

Val. Max. consumi ciclo combinato (l/100 km) 7. Emissioni CO₂ (g/km) 161.

La meccanica delle emozioni

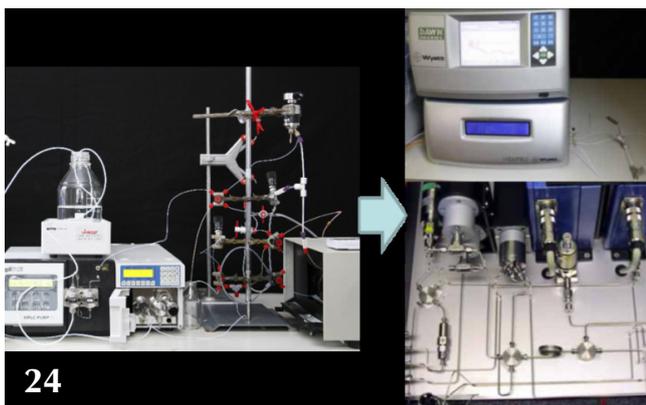


Copertina: per gentile concessione MICOPERI BLUE GROWTH Srl, Ortona (CH)



- EDITORIALE**
- 3** COME SI PASSA DALLA RICERCA ALL'INNOVAZIONE?
Ferruccio Trifirò
- CHIMICA & START UP/SPIN OFF**
- 9** MICOPERI BLUE GROWTH E LE MICROALGHE: RICERCATORI DELL'ELDORADO DELLA NATURA PER UN FUTURO SOSTENIBILE
Tonia Principe
- 14** CROSSING, UNA START UP CHIMICA
Valentina Beghetto, Riccardo Samiolo
- 20** GIOTTO BIOTECH
RITRATTO DI UNO *SPIN-OFF*
Matteo Gentili
- 24** FARE IMPRESA DALLA RICERCA: DALLA DIVULGAZIONE... ALL'ASCOLTO
Valentina Marassi, Barbara Roda, Andrea Zattoni, Pierluigi Reschiglian
- 32** **CHIMICA & BIOTECNOLOGIE**
ESTREMOZIMI E BIOTECNOLOGIE DEL FUTURO
Alessia Gioiello, Ilaria Finore, Annarita Poli, Barbara Nicolaus

- 40** **CHIMICA & COMUNICAZIONE SCIENTIFICA**
LA COMUNICAZIONE SCIENTIFICA IN AZIENDA
Chiara Franzini Cappelletti
- CHIMICA & CATALISI**
- 46** INTENSIFIED FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS BY A MONOLITHIC REACTOR
Giuliano Pagani
- CHIMICA & SPORT**
- 56** LA CHIMICA NELLO SPORT - PARTE 2: NUOVI MATERIALI E ATTREZZATURA SPORTIVE
Franco Alhaique, Rosario Nicoletti, Luigi Campanella, Romualdo Caputo, Domenico Misiti, Gianfranco Scorrano
- DALLA LETTERATURA**
- 64** a cura di Silvia Cauteruccio e Monica Civera
- LA CHIMICA ALLO SPECCHIO**
- 66** LE DUE STRATEGIE ANTI-GW
Claudio Della Volpe



la Chimica e l'Industria online
 Organo Ufficiale della Società Chimica Italiana

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, Nicola Cardellicchio, Martino Di Serio,
 Daniele Donati, Matteo Guidotti, Oreste Piccolo, Anna Simonini,
 Marco Taddia, Ferruccio Trifirò, Fiorenza Viani, Paolo Zanirato

COMITATO SCIENTIFICO
 Angela Agostiano, Alberto Albinati, Vincenzo Barone,
 Luigi Campanella, Sergio Carrà, Donatella Caruso,
 Silvia Colombo, Gabriele Costantino, Gianluca Farinola,
 Carla Isernia, Aldo Laganà, Francesco Paolucci, Italo Pasquon,
 Francesco Luigi Pignataro, Raffaele Riccio, Adriana Saccone,
 Elena Selli, Lucia Toniolo, Giovanni Villani

Chimica e l'Industria online

Con te anche su tablet e cellulare
 Scarica la app per iOS e Android

HANNO COLLABORATO
 Silvia Cauteruccio, Monica Civera,
 Claudio Della Volpe, Pierfausto Seneci

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

TRIBUNALE DI TREVISO

Avviso di vendita mediante procedura competitiva di ramo aziendale



N. REG. FALL. N. 108/2015 Tribunale di Treviso

Il giorno 16 novembre 2017 alle ore 15:00 presso Studio Notarile Baravelli - Bianconi - Talice in Treviso, Via S. Pellico n. 1, si procederà alla vendita tramite procedura competitiva in UNICO LOTTO del ramo aziendale appreso al fallimento suddetto, sito in Comune di San Giorgio di Nogaro (UD), Via Torricelli n. 1 costituito da:

a) piena proprietà per l'intero di un capannone industriale e di fabbricati tecnici per complessivi c.a. 4000 mq e di terreni industriali pertinentziali per circa 35 mila mq;

b) contratto di locazione finanziaria strumentale (leasing) relativo all'impianto fotovoltaico e conseguente subentro nelle seguenti due convenzioni sottoscritte con GSE S.P.A. e nell'atto di pegno su crediti:

c) impianto per la produzione di glicerina e dei relativi serbatoi per lo stoccaggio del prodotto;

d) beni mobili, costituiti da attrezzatura e ricambi di magazzino e di laboratorio, attrezzatura da

ufficio, arredamenti, autoveicoli, rimanenze prodotti chimici, ecc..

Per la descrizione dei beni si rinvia alla perizia di stima depositata in Tribunale e pubblicata con i relativi allegati sul portale www.fallimentitreviso.com e sui siti www.tribunale.treviso.it, www.asteannunci.it, www.asteavvisi.it, www.rivistaastegiudiziarie.it, www.canaleaste.it, www.asteonline.it, www.ivgtreviso.it.

Il prezzo base d'asta per il ramo aziendale è di Euro 1.763.077,44 (un milionesettecentosessantatremilasettantasettevirgolaquarantaquattro) e i rilanci minimi in caso di gara tra più offerenti sarà di Euro 50.000,00 (cinquantamila).

Per le modalità di partecipazione all'asta e di vendita si rinvia all'avviso di vendita integrale pubblicato sui siti internet sopra indicati. Maggiori informazioni presso Curatore Dr. Massimo Vendramin, tel. 0422.490083 ed e-mail studio@massimovendramin.191.it.



TONIA PRINCIPE
MICOPERI BLUE GROWTH SRL
LOCALITÀ TAMARETE-ORTONA (CH)
T.PRINCIPE@MICOPERIBG.COM

MICOPERI BLUE GROWTH E LE MICROALGHE: RICERCATORI DELL'ELDORADO DELLA NATURA PER UN FUTURO SOSTENIBILE

Le microalghe sono organismi unicellulari che producono composti organici di alto valore attraverso la fotosintesi. A causa dell'incremento del fabbisogno energetico sono spesso indicate come fonte di energie rinnovabili. In realtà le microalghe sono molto di più. Micoperi Blue Growth ha sviluppato sistemi di produzione specifici per garantire biomasse microalgali in filiera controllata e certificata destinate al settore nutraceutico, farmaceutico ed agricolo che contribuiscono al contempo a ridurre la CO₂ atmosferica.

MICOPERI BLUE GROWTH

L'energia è il motore che muove il mondo, la curiosità ciò che lo spinge a non fermarsi. Ma se la prima potrebbe esaurirsi, la seconda s'ingegna per non arrestare l'andamento della vita globale. Il fabbisogno energetico ha subito un drastico incremento negli ultimi anni e si stima che la sua domanda aumenterà dell'85% dal 2040 [1]. Si sente spesso parlare di microalghe come promettente risorsa alternativa in senso energeticamente "stretto" ovvero come biomassa per biocombustibili di terza generazione. In realtà le microalghe sono molto di più: sono l'Eldorado della natura per una nuova frontiera di futuro sostenibile, un tesoro per ricercatori e "non addetti ai lavori". Questi organismi unicellulari fotosintetici sono tra le forme di vita più antiche presenti sulla Terra ed i produttori originali dell'atmosfera ossigenica. Convertono l'energia luminosa in energia chimica utilizzando anidride carbonica ed acqua, producendo come risultato composti organici ed ossigeno [2]. Le microalghe popolano diversi ambienti e sono

in grado di sopravvivere in condizioni estreme, pertanto la loro valenza ecologica è determinante per il buon funzionamento dell'intero ecosistema [3]. Seppur utilizzate per migliaia di anni dalle popolazioni indigene come fonte di sostentamento, è solo con il recente approccio alle biotecnologie algali che si è compreso il loro reale potenziale [4]. Una delle principali preoccupazioni per la sostenibilità contemporanea è la competizione tra cibo ed energia, considerato anche l'incremento demografico mondiale. La coltivazione di suoli destinata alla produzione di biocarburanti entra infatti in competizione con la coltivazione di varietà destinate all'alimentazione [5].





Se ci si focalizza sull'idea che le microalghe, oltre ad essere feedstock per biocarburanti [6], possono essere cibo e fonte di molecole dalle naturali potenzialità, ecco allora che l'antitesi diventa sintonia. Micoperi Blue Growth (www.micoperibg.com) nasce proprio con l'intenzione di trasformare questa competizione in una cooperazione in cui le microalghe sono protagoniste indiscusse insieme a ricerca ed industrializzazione.

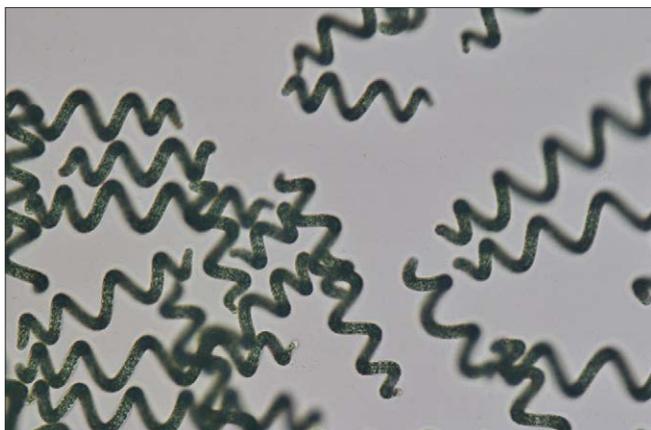
La giovane start up nasce nel 2014, per volontà del gruppo Micoperi dall'incontro di un giovane e poliedrico team di ricercatori specializzati in diverse discipline. La costituzione di una banca microalgale di proprietà, che racchiude diverse delle 100 mila specie ad oggi identificate [7], ha gettato le fondamenta per l'inizio di questa avventura. Come moderni conquistadores delle biotecnologie algali, la squadra MBG ha sviluppato innovative tecnologie di produzione specie-specifiche. Grazie a moduli produttivi replicabili (serre e sistemi di fotobioreattori indoor) dislocati tra la Romagna e l'Abruzzo, le biomasse microalgali selezionate vengono coltivate interamente in Italia in filiera certificata e controllata. La tracciabilità del prodotto dal "campo" alla "tavola" si erige a vera innovazione per il settore delle microalghe. *Arthrospira platensis*, alias Spirulina, è la specie bandiera di questa nuova realtà tutta made in Italy. La sua coltivazione si è tradotta in un disciplinare di produzione brevettato che ha dato vita al marchio Spi.c.c (Spirulina certificata e controllata). La biomassa viene coltivata in serre modulari impiegando energia green proveniente da fonti rinnovabili. Il condizionamento delle serre attraverso questa strategia garantisce una produzione continua annuale che non sarebbe altrimenti possibile alle latitudini italiane, essendo la Spirulina una specie di origine subtropicale. Le proprietà nutritive di questa microalga, nominata nel 1974 dalla Conferenza Mondiale dell'Alimentazione dell'Onu come alimento del futuro, sono note da anni [8]. Ciò che per gli antichi Aztechi era una fonte di cibo tradizionale diventa ad oggi innovazione in un mercato dove il consumatore è sempre più attento al raggiungimento del suo benessere attraverso il controllo della dieta. Infatti l'elevato contenuto di proteine (65% del peso secco), sali minerali, vitamine, ferro ed acidi grassi polinsaturi (PUFAs) conferiscono alla Spirulina l'appellativo di Superfood [9]. Il connubio tra l'elevato potere nutrizionale ed il ciclo produttivo appena



descritto lanciano MBG verso il settore dell'innovation food. Grazie alla modalità produttiva in filiera agroalimentare controllata e certificata la biomassa può essere consumata tal quale come prodotto fresco oppure trasformata in formula liofilizzata direttamente consumabile o addizionata ad altri alimenti. Dall'atavico principio ippocratico "fa' che il cibo sia la tua medicina e che la medicina sia il tuo cibo", il concetto di innovation food per MBG si evolve in Innovation Food Therapy™: le microalghe come alimento del futuro e cura attraverso le quali passa il benessere psico-fisico di ciascun individuo.

Oltre ad essere cibo, le microalghe sono piccoli scrigni di preziose biomolecole che trovano applicazione dal settore farmaceutico a quello agricolo. A tal riguardo la ricerca MBG non si pone limiti ma esplora nuovi orizzonti cavalcando l'interesse crescente della comunità scientifica verso questi composti.

La composizione biochimica cellulare, così come la crescita microalgale varia da specie a specie [10] ed è influenzata da fattori abiotici, quali ad esempio temperatura, salinità, luce, pH e concentrazione di nutrienti [11]. Tra i principali metaboliti derivati da microalghe si annoverano lipidi, proteine, carboidrati e fitopigmenti. In determinate condizioni di stress generate dai fattori sopracitati si assiste ad una riorganizzazione dei principali pool molecolari come strategia di sopravvivenza. In alcune specie microalgali, il contenuto lipidico aumenta per una riallocazione del carbonio in condizioni di depauperamento dei nutrienti (azoto, fosforo, zolfo), così come in altre specie (e.g. *Phaeodactylum tricornutum* e *Scenedesmus sp.* [12]) l'aumento della temperatura oltre l'optimum provoca un decremento della sintesi proteica con conseguente abbattimento dei tassi di crescita. I casi scientifici riportati in letteratura sono



molteplici, a testimonianza che per l'approccio alla massimizzazione e all'estrazione di queste molecole bioattive è necessario conoscere dettagliatamente la fisiologia cellulare delle microalghe.

La coltivazione in filiera controllata ideata da MBG, che garantisce provenienza e replicabilità, si affaccia al settore medico con il progetto di ricerca Microalghe per la Vita™. Attraverso tale piattaforma di ricerca è stata instaurata una collaborazione con l'Università di Bologna, al fine di testare i principi attivi estratti dalle microalghe coltivate presso le unità operative dell'azienda. Tra le linee produttive di punta trova spazio la produzione di astaxantina naturale di alta qualità. Questo fitopigmento, identificato come chetocarotenoide astaxantina (3,3'-diidrossi- β , β -carotene-4, 4'-dione), viene prodotto dalla microalga *Haematococcus pluvialis* ed è considerato uno dei composti a più alto valore derivante dalle microalghe poiché trova applicazioni in diversi settori per via delle sue molteplici proprietà. Grazie alla struttura molecolare è in grado di neutralizzare i radicali liberi e le specie reattive dell'ossigeno (ROS), manifestando un'attività antiossidante dieci volte più potente rispetto ad altri carotenoidi (β -carotene, zeaxantina e luteina) [13].

L'astaxantina è presente in prodotti farmaceutici già immessi sul mercato grazie anche alla sua attività antitumorale, antinfiammatoria e fotoprotettiva [14]. In acquacoltura viene impiegata per pigmentare di rosso le carni di alcuni pesci e crostacei. Tuttavia, la quantità di astaxantina di origine naturale presente sul mercato globale è ad oggi inferiore all'1%, in quanto l'alternativa sintetica è economicamente più competitiva per i minori costi di produzione [15]. Quest'ultima può tuttavia essere utilizzata solo come additivo mangimistico in acquacoltura, mentre non

è approvata per il consumo umano diretto in alimenti o integratori [16]. La migrazione della società contemporanea verso "soluzioni verdi" e prodotti sempre più naturali potrà conferire all'astaxantina derivata dalle microalghe primaria importanza nel prossimo futuro [17]. Un limite della produzione di astaxantina su larga scala è legato al ciclo di vita di *Haematococcus pluvialis*, che si compie in due fasi: una prima fase, detta verde o vegetativa, in cui le cellule si moltiplicano in condizioni di crescita favorevoli, ed una seconda fase, detta rossa, nella quale le cellule, a causa di condizioni avverse, quali ad esempio carenza di nutrienti o intensità luminosa elevata, si incistano producendo ed accumulando astaxantina. Su scala industriale, è necessario separare le fasi in due differenti processi (coltivazione bifasica) che vanno ottimizzati al meglio, analogamente all'estrazione del pigmento dalla biomassa. MBG a tal riguardo ha sviluppato internamente prototipi per la coltivazione e sta testando nuove tecniche per migliorare la resa di estrazione dell'astaxantina. Il progetto Microalghe per la Vita™ accoglie anche la coltivazione di *Porphyridium cruentum* per l'estrazione di polisaccaridi solfati che stimolano la risposta immunitaria nell'uomo [18].

Per ciò che concerne invece la Spirulina, parte della produzione viene differenziata per l'estrazione di ficocianina. Questo pigmento idrosolubile associato a delle proteine in complessi chiamati ficobiliproteine oltre ad essere impiegato come colorante naturale nell'industria cosmetica ed in quella alimentare [19] ha azione epatoprotettiva ed antinfiammatoria [20]. Essendo un composto fluorescente è altresì utilizzato in metodiche immunologiche [21]. Le applicazioni della ficocianina ed i suoi costi dipendono dal grado di purezza, pertanto estrazione e purificazione sono step nevralgici per una produzione su larga scala che, grazie alla ricerca interna condotta dal team, è stata già avviata.

Il "potere chimico" delle microalghe si fa spazio anche in agricoltura al punto da essere definite come strumento di sostenibilità per questo settore. Da secoli alcune macroalghe (*Fucus sp.*, *Sargassum sp.*, *Ascophyllum sp.*) sono state impiegate lungo le zone costiere europee sia come fertilizzanti che come apporto diretto di nutrimento alle piante. L'esperienza e la ricerca hanno evidenziato che le macroalghe oltre ad avere un effetto stimolante sulla crescita della pianta hanno anche la capacità di regolare il meta-

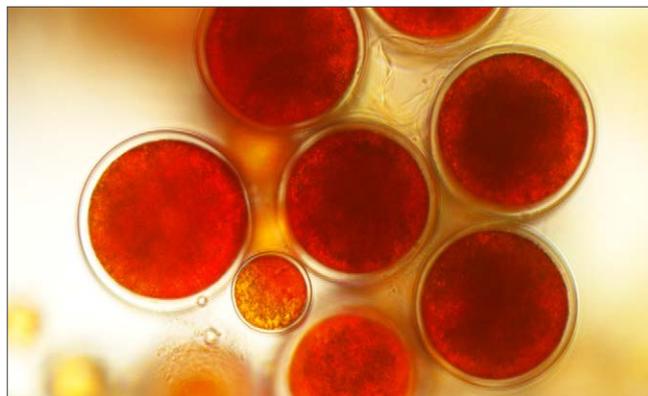
bolismo della stessa [22]. Si parla così di macroalghe come di sostanze biostimolanti e, nello specifico, come di induttori di resistenza. L'induzione di resistenza è un processo in grado di generare una risposta fisiologica nella pianta, che la rende più resistente a successivi stress di natura biotica o abiotica. Alcuni induttori di resistenza simulano la presenza di un patogeno o sono analoghi di molecole mediatrici di segnali cellulari che attivano la resistenza. La natura chimica delle sostanze che inducono resistenza è quanto mai varia, trattandosi in genere di oligosaccaridi, lipidi o proteine. Attualmente sul mercato è presente solo una ristretta gamma di prodotti a base di macroalghe la cui composizione e la modalità di azione differiscono in funzione della specie impiegata e del processo di lavorazione. Si trovano in differenti formulazioni e per la loro molteplicità trovano applicazione in diversi settori dell'agricoltura. Ma se le macroalghe sono ormai "collaudate" per questo compito, potrebbero le microalghe, poiché imparentate con le prime per composizione chimica, avere lo stesso effetto? Spinta da questa allettante curiosità MBG ha già saggiato in campo in collaborazione con l'Università di Bologna ed il centro Hort (Università Cattolica di Piacenza) alcuni prototipi di prodotti formulati derivanti da ceppi microalgali selezionati per i quali è stato già depositato un brevetto. Le microalghe come induttori di resistenza rappresentano degli ottimi candidati alla sostituzione dell'uso dell'agrofarmaco per la protezione delle piante e, mirando principalmente alla prevenzione delle malattie, si adattano perfettamente ai precetti dell'agricoltura biologica alla quale MBG è particolarmente sensibile.

Il concetto di filiera sviluppato da Micoperi Blue Growth per le microalghe si tinge di sostenibilità anche nell'approccio alla spinosa questione dell'abbattimento della CO₂ ambientale. È noto che grazie alla fotosintesi le microalghe convertono la CO₂ da problema a risorsa per l'uomo. Sono promettenti microrganismi per la biomitigazione in quanto naturali "mangiatori" di CO₂ anche più efficienti delle piante terrestri [23]. La rimozione biologica della CO₂ ad oggi è sempre più considerata "amica dell'ambiente" e sostenibile rispetto a quella chimica/fisica [24]. Attraverso la coltivazione massiva per ogni kg di biomassa microalgale prodotta vengono consumati 1,83 kg di CO₂. I tassi di biofissazione e quindi la percentuale di rimozione sono specie-specifici e

correlati sia alla produttività della biomassa che alla composizione elementale di ciascuna specie [25]. Il carbonio sequestrato dall'atmosfera viene allocato in composti ad alto valore introdotti in vari settori del commercio mondiale. La produzione massiva e continua portata avanti da MBG con i suoi sistemi di coltivazione seppur non competitivamente efficiente in termini di tonnellate di CO₂ rimosse rispetto alle tradizionali metodologie CCS (Carbon Capture and Storage) rappresenta ad oggi una via per un futuro sostenibile.

Armata del suo know-how MBG si fa pioniera inoltre di una sfida chiamata GoBiom. Insieme ad altre imprese, anch'esse affiliate alla rete alta tecnologia dell'Emilia Romagna, affianca cinque centri di ricerca incorporando la coltivazione algale su scala industriale nel concetto di bioraffineria e green economy. Scopo del progetto è ottimizzare tecnologicamente la filiera regionale/nazionale del biometano attraverso la valorizzazione della CO₂. Nello specifico la CO₂ in uscita dal digestore anaerobico viene somministrata come fonte di sostentamento per la crescita algale allo scopo di produrre biomassa di elevata qualità destinata al settore della nutraceutica e dell'agricoltura. Etica e tecnologia coesistono in MBG poiché è meglio essere piccoli contribuenti alla salvaguardia dell'equilibrio ambientale piuttosto che debitori.

Da quanto descritto si evince che la diversità nell'uso delle microalghe è sinonimo di ricchezza e rinnovabilità. Infatti grazie ad adeguati sistemi di coltivazione e con l'avanzamento delle biotecnologie possono risultare disponibili per l'utilizzo da parte dell'uomo pressoché indefinitamente. Possono altresì fregiarsi di sostenibilità poiché assicurano il soddisfacimento dei bisogni del mondo di oggi in vari settori senza compromettere quelli del domani.





È proprio il caso di dirlo: chi trova una microalga trova un tesoro di benessere e sostenibilità! Micoperi Blue Growth offre la possibilità ad ognuno di noi di attingere e trarre beneficio da questa immensa ricchezza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Parsaeimehr *et al.*, *Biotechnology for Biofuel*, 2015, **8**, 11.
- [2] R. Buick, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2008, **363**, 2731.
- [3] I.P. Maity *et al.*, *Energy*, 2014, **78**, 1.
- [4] S.I. Blackburn, J.K. Volkman, *Food and industrial bioproducts and bioprocessing*, Wiley, Oxford, 2012, 221.
- [5] G. Carrosio, *Agriregionieuropa*, 2013, **32**, 25.
- [6] L. Brennan, P. Owende, *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 2010, **14**, 557.
- [7] M.D. Guiry, *Journal of Phycology*, 2012, **48**, 1057.
- [8] FAO, *World Food and Agriculture situation*, 1974.
- [9] H. Doshi *et al.*, *Geomicrobiology*, CRC Press, 2010, 209.
- [10] J. Marchetti *et al.*, *Journal of Applied Phycology*, 2013, **25**, 109.
- [11] V.T. Duong *et al.*, *Front Plant Science*, 2015, **6**, 359.
- [12] K.K. Sharma *et al.*, *Energies*, 2012, **5**, 1532.
- [13] W. Miki, *Pure and Applied Chemistry*, 1991, **63**, 141.
- [14] R.R. Sastre, *Microalgal Biotechnology: Integration and Economy*, C. Posten, Berlin, 2012, 13.
- [15] G. Panis, J. Rosales Carreon, *Algal Research*, 2016, **18**, 175.
- [16] J. Li *et al.*, *Biotechnology Advances*, 2011, **29**, 568.
- [17] K. Nguyen, *Chemical and Biomolecular Engineering Publications and Other Works*, 2013, **1**, 11.
- [18] O. Pulz, W. Gross, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2004, **65**, 635.
- [19] R.J. Elias *et al.*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2008, **48**, 430.
- [20] B. Ge *et al.*, *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, 2006, **84**, 175.
- [21] M.N. Kronick, *Journal of Immunological Methods*, 1986, **92**, 1.
- [22] D. Battacharyya, *Scientia Horticulturae*, 2015, **196**, 39.
- [23] N.M. Langley, *Biochemical Engineering Journal*, 2012, **68**, 70.
- [24] X. Zhang, IEA Clean Coal Center, London, 2015, 1.
- [25] W.Y. Cheah *et al.*, *Bioresource Technology*, 2015, **184**, 190.

Micoperi Blue Growth and microalgae: Researchers of Nature's Eldorado for a Sustainable Future

Microalgae are unicellular microorganisms. They produce high-value organic compounds using solar energy. The worldwide increasing energy usage lead to labelling microalgae as renewable source of biofuels. Actually microalgae are much more. Micoperi Blue Growth has developed technologies to produce high quality microalgal biomass for nutraceutical, pharmaceutical and agriculture markets and contribute with them to reduce atmospheric CO₂. The real innovation of the company is the traceability of end-products.

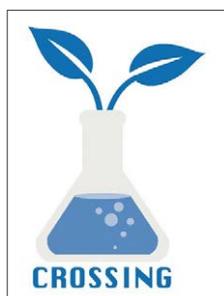
VALENTINA BEGHETTO^{A,B}, RICCARDO SAMIOLO^A^ACROSSING SRL, TREVISO^BDIPARTIMENTO DI SCIENZE MOLECOLARI E NANOSISTEMI

UNIVERSITÀ CA' FOSCARI VENEZIA

BEGHETTO@UNIVE.IT

CROSSING, UNA START UP CHIMICA

Cosa vuol dire fare start up oggi? Quali sono le difficoltà ma anche le attrattive di questo tipo di scelta? Crossing Srl è una start up chimica, con un'attività che solitamente compete alle multinazionali. Tuttavia, con un'idea forte e un modello di business intelligente si arriva lontano!



Qualche tempo fa mi è stato chiesto di scrivere della mia start up su *La Chimica e l'Industria*, una richiesta gradita e accolta con piacere che però ha suscitato in me una domanda diversa: cosa vuol dire fare start up? Quali sono le ragioni per cui un docente universitario dovrebbe lanciarsi in un'impresa del genere? E così mi sono ritrovata a ripensare a come fossi veramente arrivata a questo traguardo. Così ho deciso di raccontarvi da dove nasce e come si è realizzata la mia idea.

Mi chiamo Valentina Beghetto, nel 1989 mi sono iscritta a Chimica Industriale per amore della natura e dell'ambiente, perché pensavo (ma lo credo ancora) che la tutela dell'ambiente nasce dalla conoscenza della chimica e dei processi industriali. All'epoca era ancora forte l'interazione tra il polo chimico di Marghera e l'Università di Venezia; il corso di laurea in Chimica Industriale era nato proprio per creare le competenze e i chimici che un domani sarebbero andati a lavorare anche presso il polo di Marghera. Pochi mesi dopo la fine del dottorato sono stata assunta come ricercatore a tempo indeterminato presso l'Università Ca' Foscari dove ancora lavoro. Negli anni ho affrontato tematiche di ricerca nel settore della chimica orga-

nica industriale e più in particolare della chimica fine, ma solo recentemente sono riuscita a indirizzare i miei studi verso ciò che mi ero proposta sin dai primi anni: studiare i processi industriali per migliorarli a salvaguardia dell'ambiente.

Tutto è nato un po' per caso. Stavo cercando materiale per un nuovo insegnamento e decisi di scegliere una tematica che fosse inerente ai comparti economici trainanti in Veneto per proporre un corso che avesse un legame con il tessuto industriale locale: così è nato il corso di Chimica Conciaria. Dopo poco tempo mi sono trovata a collaborare con diverse industrie manifatturiere che lamentavano grossi problemi legati allo smaltimento dei rifiuti e all'impatto ambientale del processo industriale

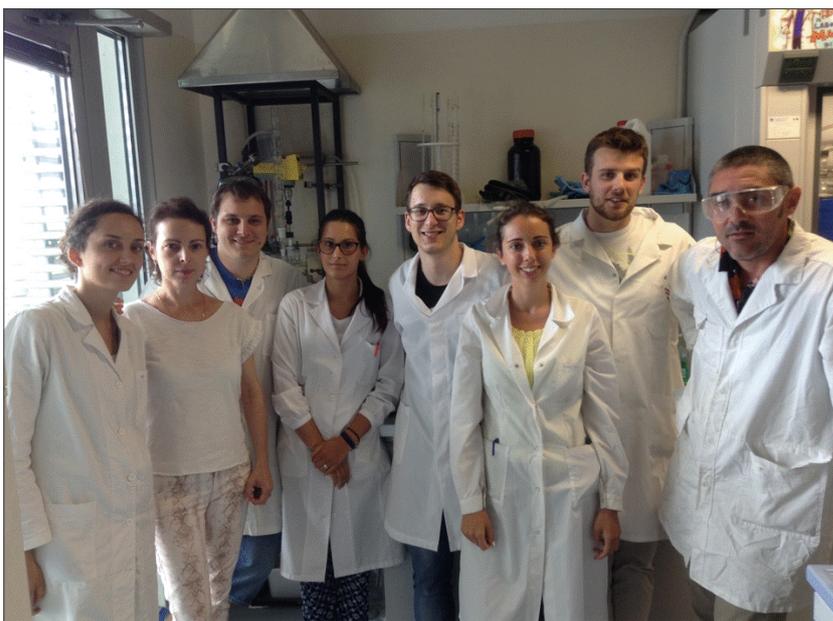


Fig. 1 - Il team di ricerca Crossing



impiegato. Da qui è nata l'idea di impiegare una innovativa classe di Agenti di reticolazione o di "Cross-Linking (ACL) come sostituti del cromo per la concia delle pelli.

All'epoca avevo in mano una bella idea che mi rendevo conto avesse una potenzialità importante per il mercato, ma la difficoltà era nel passare da un'idea scientifica ad una business idea, ad una partita Iva in grado di generare reddito. Per questo motivo ho voluto partecipare alla Start Cup Veneto per trovare le competenze di business di cui avevo bisogno. Per mezzo della Start Cup ho formato la squadra: alcuni ricercatori per la parte di R&D (Fig. 1), un Chief Financial Officer (CFO) per sviluppare il modello di business e un business developer per trovare i partner e i clienti.

Il punto di partenza di Crossing (<http://crossing-srl.com/>) è il patrimonio di conoscenze ed abilità maturati in vent'anni di professione chimica e di business, entrambi partiti dalla stessa Università: Ca' Foscari di Venezia.

Dall'innovazione scientifica si è iniziato a progettare il modello di business, la formula imprenditoriale, che è partita da una ricerca McKinsey del 2009 dove si riportava che il time-to-market di una impresa chimica innovativa era dai 9 ai 14 anni e il denaro necessario prima del primo euro di guadagno era tra i due e i sette milioni di euro [1].

Questi due dati ci hanno obbligato a pensare in maniera diversa il percorso per passare da una idea innovativa in laboratorio ad una confezione di materiale con un codice a barre pronta per essere venduta. Infatti non c'erano le risorse per affrontare in solitaria l'investimento né la voglia di affrontare un tempo così lungo.

Abbiamo quindi cercato di analizzare più nel dettaglio a cosa servono gli ACL, chi li potesse usare e perché, avendo bene in mente che nessuno avrebbe adottato una modifica nel proprio processo produttivo solo per rispetto dell'ambiente.

Trovate le applicazioni, si sono delineati i diversi

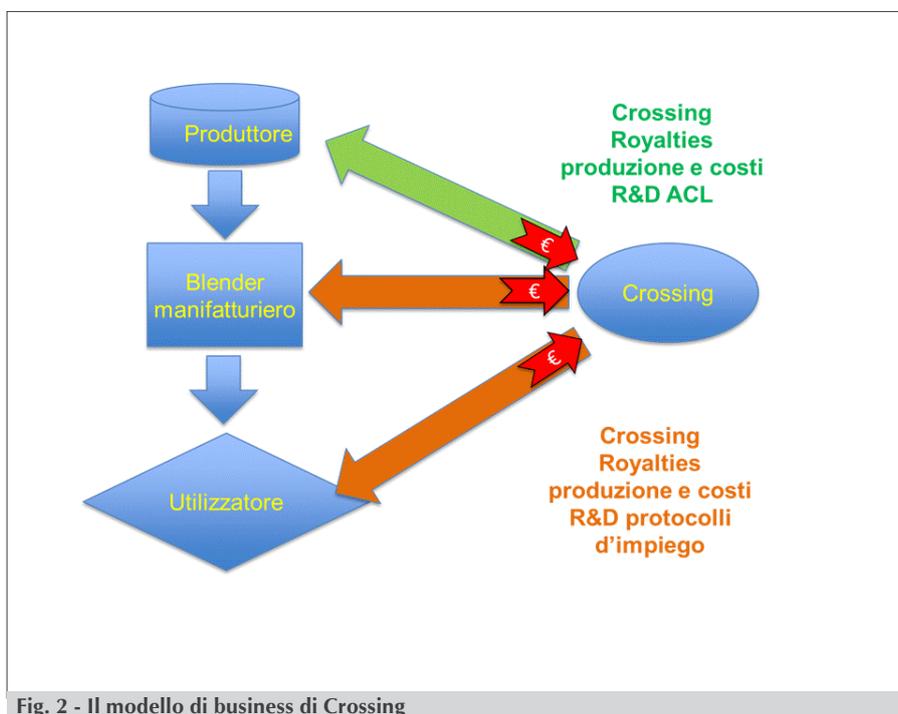


Fig. 2 - Il modello di business di Crossing

modelli di business per i vari settori e si è identificato un modello che andava bene per tutti. Tutto ciò è stato delineato e definito nella redazione del business plan necessario alla prima Start Cup. Tale modello è ancora alla base di Crossing.

Fare questi due passi ha richiesto competenze, conoscenza ed abilità specifiche e vaste, non limitate al mercato nazionale e moltissima energia. L'energia che serve per animare e mantenere la squadra motivata all'obiettivo finale: fare un'impresa che guadagna basata sulle competenze scientifiche. Guidare queste persone dagli alti profili richiede un imprenditore nuovo, in grado di animare la squadra senza deprimerne la creatività e la spinta: quindi una leadership motivante ed emozionale, rispettosa dei diversi membri della squadra e che guida da davanti. Risultati con i sorrisi dei partecipanti è poi lo stile che ci caratterizza. Crossing offre la possibilità di trasferire competenze sviluppate in ambito universitario nel mondo dell'impresa, garantendo l'opportunità a studenti e ricercatori universitari di scegliere una via alternativa e stimolante alla carriera accademica continuando a sviluppare gli interessi di ricerca.

Torniamo al modello di business per esaminarlo in concreto: abbiamo valutato i settori industriali che potevano diventare potenziali clienti di Crossing,

identificando alcuni attori chiave nella filiera dei produttori ed utilizzatori di prodotti chimici. Crossing interagisce con tutti questi attori (Fig. 2), presso il Produttore attua il trasferimento tecnologico per lo scale up della sintesi e l'industrializzazione del prodotto. Qui i fattori chiave sono la qualità del materiale, la costanza dei diversi lotti e il costo di produzione. Il Produttore sintetizza il composto base, garantisce la qualità, la rispondenza alle normative, assicura distribuzione e disponibilità, nonché la capacità di realizzare formulazioni di base ad hoc.

L'interazione tra Crossing e il Blender è cruciale per la business idea: in questa relazione si incontrano la ricerca e la capacità di capire come applicarla ad un processo produttivo. Ciò significa industrializzazione. I Blender sono dei formulatori che acquistano dal "Produttore" il nostro composto, lo mischiano con altri e lo confezionano dotandolo di un protocollo di impiego per lo specifico settore. Rendono, quindi, i prodotti pronti per essere impiegati dall'Utilizzatore: fanno parte di questa classe le industrie produttrici di composti chimici per l'industria conciaria, i fornitori di materie plastiche in pellet, i formulatori di vernici, ecc. I Blender sono coinvolti nello sviluppo industriale dell'applicazione alla specifica filiera: prende i nostri prodotti, li miscela con altri prodotti se serve, li rende pronti per l'uso per i propri Clienti e studia con ciascuno di essi il protocollo ottimale d'impiego.

L'Utilizzatore o produttore prende la confezione di materiale venduta del Blender e lo usa secondo quanto stabilito nel protocollo.

La relazione di business è stata molto semplice: condivisione dei costi durante la fase di industrializzazione e condivisione dei risultati a mezzo del noto meccanismo delle royalties durante la fase di commercializzazione. Insieme si sviluppa il prodotto e il protocollo e insieme si godono i risultati. Crossing mette il know-how, il Blender mette strutture distributive e tecnico-commerciali, conoscenza del mercato, impianti produttivi, know-how applicativo. L'alleanza con i Blender ha permesso a Crossing di trovare le risorse per pagare lo sviluppo delle varie applicazioni e tutti i propri costi di funzionamento. Questo modello di business è possibile solo se si progetta usando una concezione di impresa che oltrepassa i confini legali: un'impresa a rete.

In concreto abbiamo contattato tutti i potenziali

Partner spiegando l'innovazione. Non vale la pena raccontare le porte chiuse, ma è bello ricordare le facce dei tecnici industriali che, increduli, ci dicevano "funziona, non ci credeva, ma funziona" e tornando a casa i ricercatori che a loro volta increduli osservavano "ma perché non ci credevano?".

Queste due diverse espressioni testimoniano la distanza tra università ed impresa che ha rappresentato la fonte delle due nostre più grandi difficoltà: riuscire a superare la diffidenza delle imprese italiane nel capire che dall'Università possono arrivare innovazione, idee, formazione e riuscire a valorizzarle. Non abbiamo avuto queste difficoltà con le imprese straniere, sia francesi del distretto chimico-farmaceutico di Lione sia con i Gruppi chimici tedeschi, avvezzi tutti a trattare con centri di ricerca e Università. D'altra parte le Università straniere sono organizzate da più tempo per creare un ponte con le imprese: formazione continua, stage, contratti di ricerca, spin off.

Inoltre, le imprese più grandi hanno capito che i propri centri di ricerca generano innovazione incrementale rispetto alla comfort zone del proprio know-how. Raramente ci sono innovazioni con salti tecnologici o scientifici; di solito si migliorano i principi attivi esistenti o si trovano nuove applicazioni. Le pochissime innovazioni epocali generate dai centri di ricerca che si rivelano "disruptive" sono il risultato di molti filoni di ricerca durati anni e di questi costosi filoni solo uno approda al successo. Ecco perché alcune imprese utilizzano degli spin off o delle start up dove far sviluppare con velocità superiori e nessun legame con il patrimonio organizzativo e di know-how esistente. E proprio questo permette alte velocità di sviluppo e percorsi disruptive. E costa molto meno.

Riuscire a tagliare i tempi del time-to-market della ricerca McKinsey è stato possibile sia grazie alle capacità del team di ricerca sia grazie all'inserimento e cooptazione delle capacità dei Clienti, quindi la business idea ha generato sia le risorse sia una sinergia innovativa importante.

La ragione è che le aziende clienti non sono solo clienti, ma anche partner nello sfruttamento industriale, totalmente dedicate a far funzionare l'innovazione e la sua industrializzazione.

I risultati sono:

- team di ricerca con nove ricercatori, tutti pagati;
- 15 clienti di cui sempre attivi tra i 5 e i 10;

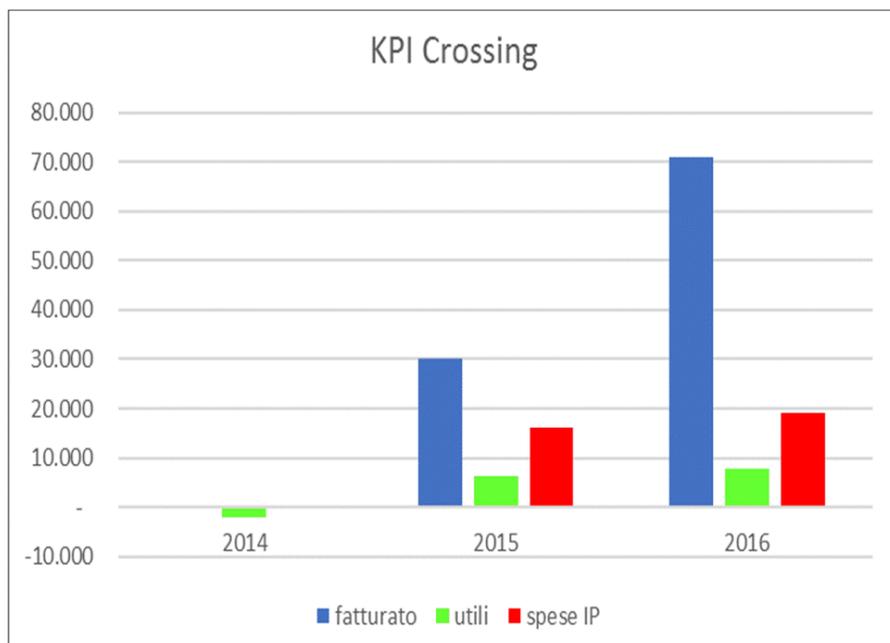


Fig. 3 - "Key Performance Indicators" (KPI) di Crossing dalla sua fondazione

- 5 brevetti depositati che hanno superato positivamente la fase di valutazione;
- un'applicazione pronta per il mercato;
- 5 applicazioni in industrializzazione con un time-to-market di 12 mesi;
- break-even point dopo 10 mesi dalla fondazione;
- due anni in utile (Fig. 3).

È il tipico caso di un'impresa ad alto tasso di crescita, completamente basata sui principi di impresa a rete e che condivide con i partner di rete i risultati. Il fatturato crescerà enormemente con le royalties appena i prodotti inizieranno ad essere commercializzati.

Inoltre Crossing ha già avuto vari riconoscimenti, tra cui: vincitore alla Start Cup Veneto 2014, selezionato tra le migliori Start up dell'anno alla Start Cup Nazionale (2014), classificato dalla Global Social Venture Competition (2015), partecipazione ad Expo Milano (Italiacamp 2015), vincitore miglior idea Green (Planet Green Chemistry, 2015), Premio Itwiin Miglior Imprenditore Inventore (2015), Vincitore di Start Up Europe Award in Veneto (2016).

Ma come funzionano veramente gli ACL di Crossing? Questi attivatori sono composti organici che facendo reagire tra loro un acido carbossilico e un'ammina o un'alcool portano alla formazione di un'ammide o un'estere in condizioni blande (pH neutro, temperatura ambiente, tempi brevi, solvente acquoso) [2, 3]. Le potenzialità di questo

approccio sono pressoché infinite. Gli ACL possono condurre alla reticolazione di una matrice "con se stessa" nei casi in cui i gruppi acidi, amminici o alcolici siano presenti contemporaneamente. Per questo motivo gli ACL possono essere impiegati come concianti (reticolanti) della pelle senza lasciare traccia. In modo analogo la carbossimetilcellulosa (CMC) viene reticolata permettendo di ottenere una cellulosa biodegradabile che non si scioglie in acqua.

Alternativamente gli ACL permettono di agganciare, "grafare", in modo irreversibile ad una struttura polimerica agenti antibatterici, antimuffa, conservanti, ecc. im-

plementandone le caratteristiche.

In pratica partendo da composti di nota attività antibatterica, antimuffa, ecc. e da un polimero (naturale o sintetico) avente funzionalità acide, amminiche o alcoliche (poliacrilati, poliesteri modificati, cellulose, polisaccaridi, ecc.), con l'ausilio degli ACL si ottiene un prodotto (imballaggio, vernice, gelcoat, aggrappante, tessuto, cellulosa, ecc.) che non rilascia il principio attivo nel tempo. Il trattamento può essere effettuato in fase di preparazione del materiale o successivamente.

Un aspetto particolarmente importante è che questi attivatori agiscono senza "lasciare traccia", formando legami stabili. Lo scopo primario è quello di ottenere processi e prodotti altamente efficienti che non rilascino prodotti tossici nell'ambiente o nei prodotti con cui viene a contatto. In molti settori questo approccio è di grande importanza e totalmente "disruptive", come ad esempio nel settore conciario. Attualmente oltre l'85% delle pelli lavorate al mondo sono conciate con sali di cromo(III), grazie al loro basso costo, facilità e versatilità d'impiego, disponibilità sul mercato, ecc. Tuttavia, è ormai noto che l'utilizzo del cromo per la concia crea una mole elevata di scarti da depurare e da portare in discarica contenenti metalli pesanti: solo in Europa si producono ogni anno 400.000 ton di fanghi contenenti cromo. Le principali alternative impiegate a livello industriale (tannini sintetici, na-



Fig. 4 - Confronto di pelle finita con processo ACL e conciata al cromo

turali o aldeidi) impartiscono al cuoio conciato caratteristiche fisiche e meccaniche inferiori rispetto al cromo, senza peraltro risolvere il problema della salute per il consumatore e l'ambiente poiché da queste pelli si può liberare formaldeide (cancerogena) e fenolo (citotossico).

I risultati ottenuti con l'impiego degli ACL, dimostrano che questi reagenti permettono di aumentare la stabilità termica (Tg) con valori in tutti i casi superiori agli 80 °C. La pelle ottenuta al termine dei vari trattamenti di riconcia, tintura, ingrasso, ecc. è di buona/ottima qualità per molteplici impieghi, con risultati paragonabili al cromo. Inoltre, gli ACL messi a punto possono essere modulati rispetto allo specifico impiego e quindi al prodotto finito desiderato (automotive, calzatura, arredamento, ecc.) (Fig. 4).

Il protocollo messo a punto permette di abbattere drasticamente l'impatto ambientale dell'industria conciaria poiché gli ACL non richiedono né pickel, né basifica, riducendo l'impiego di reagenti chimici, acqua, energia, ecc. necessari per il trattamento delle pelli. Inoltre, la fase di concia viene condotta in 4-6 h, anche in pieno spessore, senza alterare in alcun modo il protocollo di concia e quindi aumentando significativamente la produttività d'impianto. Attualmente Crossing dispone del know-how per l'impiego degli ACL nel settore della concia per la produzione di pelle atossica e "metal free" e sta svi-

luppando le applicazioni del proprio protocollo su una vasta gamma di matrici di partenza quali cellulosa, tessuti sintetici, filati, polimeri, ecc. per la produzione di materiali antibatterici, imballaggi autoconservanti, antivegetativi di nuova generazione, ecc. (Fig. 5)

Esistono molti studi e brevetti riguardanti l'impiego di attivatori di reticolazione o "cross-linkanti" per la produzione di farmaci, polimeri, biomateriali, ma oggi si può comprare un unico ACL in quantità limitate e a costi (400-1200 euro per kg) insostenibili per le applicazioni industriali. Crossing è in grado di produrre un'ampia gamma di ACL, innovativa ed economicamente

conveniente, impiegabile in diversi settori industriali per creare prodotti e processi più economici, più smart ed ecosostenibili.

I protocolli vengono selezionati con particolare attenzione alla sostenibilità ambientale del processo di produzione in armonia con i principi della chimica verde e dell'economia circolare sia per quanto riguarda la prevenzione/sostituzione nell'impiego di sostanze chimiche tossico/nocive, che nel recupero e riciclo degli ACL stessi a fine processo. Attualmente Crossing collabora in modo stabile con svariate aziende sia Nazionali che Internazionali oltre che con gruppi di ricerca di altri Atenei.

Il vantaggio competitivo di Crossing risiede nella possibilità di disporre di una vasta gamma di ACL, realizzati con un processo innovativo certificato e trasparente, a costi competitivi. In questo modo è possibile intervenire in più settori industriali. Crossing fornirà sia il prodotto, sia il protocollo di impiego, sia la progettazione degli impianti di produzione in licenza.

I rischi relativi a tale produzione sono quelli tipici delle produzioni con proprietà intellettuale importante, quindi rischi di divulgazione e furto, nonché intoppi legati alla implementazione dei prodotti ACL negli impianti attuali. Lo scopo primario è quello di ottenere un prodotto altamente efficiente che non rilasci prodotti tossici nell'ambiente o nei prodotti con cui viene a contatto.

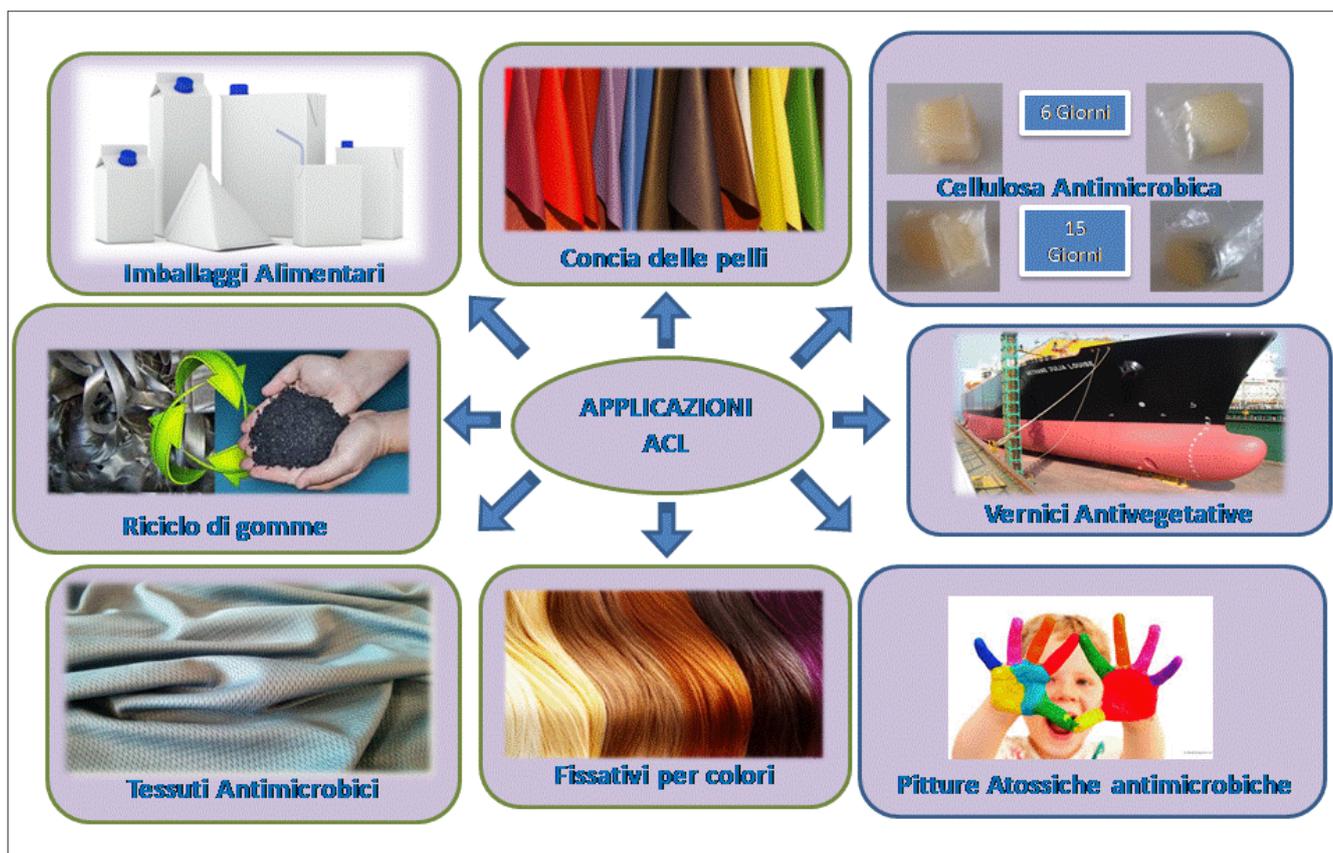


Fig. 5 - Alcuni esempi di applicazioni degli ACL di Crossing

In conclusione perché fare una start up? Per noi è stato un grande arricchimento in termini di professionalità e di esperienza umana, perché uno degli scopi dei ricercatori è vedere, seguire la realizzazione concreta della ricerca, come nel caso del trasferimento tecnologico. Ci ha toccato il cuore riuscire a dare lavoro qualificato a dei validissimi talenti in modo che possano realizzare le loro aspettative e impiegare in modo proficuo le conoscenze acquisite dopo tanti anni di studio. Fare start up è il modo più veloce per sviluppare innovazione anche e soprattutto per le grandi aziende, che bypassano così sia la ridotta velocità di cambiamento tipica delle grandi organizzazioni sia l'incapacità di rivoluzionare il proprio know-how per la paura di cambiare i propri rapporti di potere interni.

Riteniamo sia un dovere di tutti imprenditori, dirigenti, università e collaboratori restituire al territorio, alla Società, cooperando con forme nuove, liquide, più consone alla liberazione delle energie positive delle organizzazioni.

BIBLIOGRAFIA

- [1] [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:b_7IIWkGrZk:www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/chemicals/pdfs/chemical_innovation_an_investment_for_the_ages.ashx+&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=it&client=firefox-b\)](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:b_7IIWkGrZk:www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/chemicals/pdfs/chemical_innovation_an_investment_for_the_ages.ashx+&cd=1&hl=it&ct=clnk&gl=it&client=firefox-b)
- [2] A. El-Faham, F. Albericio, *Chem. Rev.*, 2011, **111**, 6557.
- [3] V. Beghetto *et al.*, *Sustainable Design and Manufacturing*, G. Campane *et al.* (Eds.), Springer, 2017, 445.

Crossing, a Chemistry Start Up

Why should one put up a Start Up today? Which are the difficulties but also the attractions of this choice? Crossing Srl is a start up specialized in chemistry, leading activities that commonly compete to multinationals. However, with a strong idea and a smart business model you can go far!



MATTEO GENTILI
GIOTTO BIOTECH SRL
SESTO FIORENTINO (FI)
INFO@GIOTTOBIOTECH.COM

GIOTTO BIOTECH RITRATTO DI UNO *SPIN-OFF*

Giotto Biotech è uno spin-off dell'Università di Firenze attualmente incubato presso il Polo Scientifico dell'università. Dal 2011, Giotto Biotech fornisce prodotti e servizi per la ricerca, in particolare nell'ambito della Risonanza Magnetica Nucleare. Un forte comparto R&S e la partecipazione a progetti nazionali ed europei hanno permesso a Giotto Biotech di crescere e consolidarsi nel mercato.

GIOTTOBIOTECH

Giotto Biotech Srl (www.giottobiotech.com) è una PMI operante nel settore delle biotecnologie, della chimica organica e della risonanza magnetica (NMR) situata presso il Polo Scientifico e Tecnologico dell'Università di Firenze. La società è stata costituita nel 2011 come *spin-off* universitario da tre principali soci fondatori: il prof. Ivano Bertini, la prof.ssa Lucia Banci e il prof. Claudio Luchinat, riconosciuti esperti di biologia strutturale via NMR e tecniche associate alla risonanza magnetica. La restante compa-

gine sociale è costituita da un consorzio interuniversitario, una fondazione senza scopo di lucro e una piccola-media impresa già *spin-off* dell'Università di Firenze. A completamento del comitato scientifico dell'azienda ci sono la prof.ssa. Cristina Nativi, esperta di chimica organica, e il prof. Mario Tredici, esperto di produzione e valorizzazione di biomasse algali.

Giotto Biotech nasce quindi come uno *spin-off* basato sulle competenze di alto livello maturate da questi scienziati nella loro esperienza decennale e dal desiderio di trasferire il loro know how su un piano applicativo e più indirizzato verso il mercato dei servizi per la ricerca, sia per l'ambito accademico che privato.

La nostra impresa è attualmente ospitata all'interno del Centro di Risonanze Magnetiche (CERM), uno dei centri di eccellenza dell'Università di Firenze. Uno dei punti di forza che hanno sostenuto la nascita dell'azienda è stato proprio l'accesso, come *spin-off* universitario, alle strumentazioni all'avanguardia presenti nel centro, indispensabili per creare i prodotti e fornire i servizi che Giotto Biotech si prefissava. Grazie a questo accesso è stato possibile fondare l'azienda con un modesto capitale sociale, mentre buona parte dei fondi iniziali sono arrivati da progetti di finanziamento dedica-

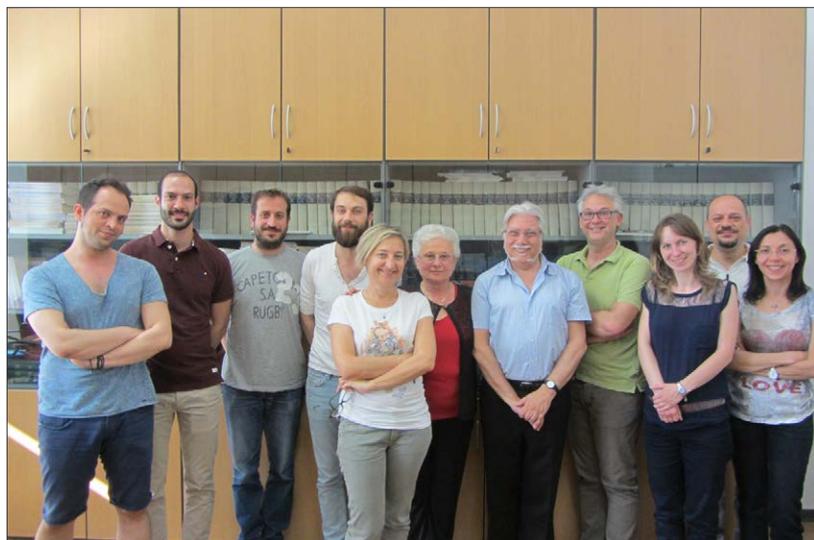
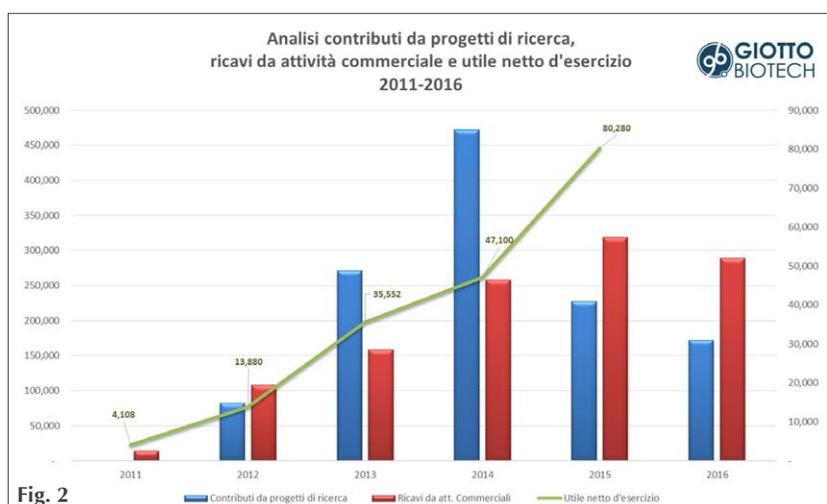


Fig. 1 - Il team di Giotto Biotech



ti alle startup e vinti da Giotto Biotech presentando dei progetti di ricerca originali. In questo modo è stato possibile raggiungere il punto di pareggio già nel primo anno dalla fondazione dello spin-off, dopo di che abbiamo avuto un sempre crescente aumento di fatturato, con una percentuale variabile tra il 20 e il 50% annuo.

Giotto Biotech è da sempre molto attiva sul piano del reperimento di fondi per sviluppare il comparto R&S; infatti dal 2011 ad oggi abbiamo partecipato con costanza ad una ventina di bandi per progetti di ricerca a vari livelli, bandi europei, ministeriali e regionali, vincendone 8. L'assegnazione di finanziamenti ci ha permesso di portare avanti varie linee di ricerca in accordo con le competenze scientifiche dell'azienda. In un'ottica di R&S aziendale partecipiamo attivamente anche a bandi per la formazione di giovani ricercatori, come gli ITN Marie Curie, e, a tal proposito, stiamo ospitando per 3 anni uno studente di dottorato francese. Oltre a questo, partecipiamo a progetti che finanziano la ricerca nelle sue fasi più a valle, puntando a sviluppare nuovi prodotti da introdurre subito sul mercato o prototipi prossimi all'industrializzazione. Un caso specifico è quello di DICCAP, progetto finanziato dalla Regione Toscana attualmente in fase di svolgimento. Da questo progetto ci si aspetta la realizzazione di un sistema per la rilevazione in tempo reale dell'acido peracetico aerodisperso. Questo rappresenta un aspetto nuovo, importante e poco monitorato in tutte quelle aziende che lavorano con questo disinfettante. Il device sarà semplice da utilizzare anche da personale non esperto e migliorerà fortemente il livello di sicurezza del lavoratore.

Sebbene i finanziamenti per progetti di ricerca siano a tutt'oggi importanti, un aspetto da sottolineare è proprio il rapporto tra questo tipo di introiti e gli introiti provenienti dalle vendite di prodotti e servizi aziendali; se in un primo tempo i progetti rappresentavano la gran parte del fatturato di Giotto Biotech, negli anni la situazione è andata pareggiandosi e anche ribaltandosi, a testimonianza di come l'azienda si stia progressivamente finanziando attraverso la vendita dei propri prodotti e servizi. Questo secondo noi rappresenta un modello "sano" di sviluppo, in quanto

i finanziamenti alla ricerca possono e devono sostenere i nuovi business nelle fase iniziale ma, in seguito, se l'azienda ha delle valide prospettive di crescita, deve gradualmente riuscire a sostenersi e ad espandersi attraverso una proficua relazione con il mercato esterno. In questo contesto è anche importante considerare come Giotto Biotech non abbia, almeno allo stato attuale, usufruito di microcrediti da istituti bancari, sebbene non siano da escludere per favorire una futura crescita aziendale.

Quello di Giotto Biotech è un piccolo team che raccoglie personalità con background scientifici diversi: biologia molecolare, chimica organica e risonanza magnetica. Sebbene il comparto ricerca e sviluppo sia il motore dell'azienda, non potremmo fare a meno di una parte amministrativa, che è costituita da un'esperta di marketing e un ragioniere che hanno apportato la loro esperienza pluriennale maturata in altri ambiti a compendio delle competenze tecniche e scientifiche.

Ci avvaliamo regolarmente anche di consulenze esterne da parte di commercialisti e avvocati, che si sono rese necessarie soprattutto in una fase iniziale di fondazione dello spin-off, ma in generale anche per gestire tutti quegli aspetti burocratici che, specialmente per chi proviene dall'ambito della ricerca universitaria, potrebbero essere ingiustamente sottovalutati.

In generale il nostro è un team molto giovane, il personale tecnico ha un'età media inferiore ai 35 anni e un livello di istruzione molto alto, l'80% possiede il titolo di Dottore di Ricerca e il restante 20% una laurea specialistica. In un Paese come l'Italia, che ancora dà poco valore all'inserimento di personale

altamente qualificato nelle realtà aziendali, questo è per noi motivo di orgoglio. D'altronde, vediamo tutti i giorni con i nostri occhi come un'alta formazione si renda necessaria per ideare e realizzare nuovi prodotti e servizi, e per fornire un'assistenza altamente qualificata al cliente. Non a caso uno dei motti dell'azienda è "leave it to us", nell'intento di prendersi carico della parte più tediosa del laboratorio, lasciando il ricercatore cliente libero di concentrarsi sugli aspetti più qualificanti del suo progetto di studio.

Fin dalla sua creazione Giotto Biotech si è impegnata ad individuare il suo mercato di riferimento e di conseguenza a focalizzarsi sulla creazione di una gamma di prodotti completa e tale da soddisfare ogni esigenza. Il core business dell'azienda è rappresentato dalla produzione di standard proteici e non per ricercatori che operano nel campo della ricerca basata su tecniche NMR, ma nel tempo sono state sviluppate e rafforzate le competenze del laboratorio di biologia e del laboratorio di sintesi organica che attualmente impiegano un totale di quattro persone altamente specializzate e dedicate.

Giotto Biotech offre oggi un crescente catalogo di proteine ricombinanti e composti di sintesi, ai quali si affiancano servizi NMR con particolare accento sulla metabolomica e la medicina personalizzata.

In uno stadio iniziale l'azienda si è affacciata sul mercato biotech con un portafoglio di prodotti consolidati derivanti dalla forte esperienza di ricerca maturata dai soci, tra cui spicca un'ampia gamma di metalloproteine. Nel tempo a questa categoria si sono affiancati molti prodotti e servizi *ad hoc*, pensati e realizzati per soddisfare le specifiche esigenze di ogni singolo cliente. Abbiamo constatato come la produzione *custom* di proteine e di composti di sintesi sia il segmento che più è cresciuto negli anni, a ribadire una sempre più importante tendenza del cliente ad appaltare una parte del proprio lavoro di ricerca ad un ente esterno, anche come conseguenza in certi casi di una riduzione da parte di molte realtà private del comparto R&S aziendale. Non è infatti un caso che uno dei servizi più apprezzati offerti da Giotto Biotech sia quello di counselling e follow-up, in cui si guida il cliente verso la scelta più adatta per soddisfare i suoi bisogni.

Il cliente di Giotto Biotech si identifica quindi in tutti quegli istituti, centri e università, sia privati che pubblici, che necessitano di prodotti alta-

mente specialistici per il loro lavoro di ricerca. Grazie ad una costante attività di studio da parte del nostro personale siamo riusciti in pochi anni a sviluppare nuovi prodotti, con particolare attenzione al campo della risonanza magnetica nucleare, e che hanno riscosso un notevole successo. Il primo è un particolare tripeptide, l'*N*-formyl-Met-Leu-Phe-OH (fMLF) marcato ^{13}C e ^{15}N , ottenuto in una particolare forma cristallina che lo rende ideale per il setup di sequenze NMR per lo stato solido. Questo composto offre uno spettro ricco di segnali, ma più semplice dei tipici standard proteici, rispetto ai quali è più stabile nel tempo ed ha un rapporto segnale/rumore di gran lunga migliore. Il fatto che la nostra azienda sia specializzata da anni in tecnologia NMR ci ha permesso di comprendere che un peptide con tali caratteristiche rappresentava proprio lo standard che il mercato dei ricercatori esperti di stato solido stavano cercando. Il risultato del lancio di questo peptide è stata un'immediata risposta positiva, tanto che ad oggi rappresenta circa il 15% del fatturato generato dalla vendita di prodotti.

Seguendo la scia degli standard per lo stato solido, e più precisamente i problemi legati alla preparazione del campione, Giotto Biotech ha ideato *spiNpack*, un piccolo device adattabile alle comuni centrifughe da laboratorio e che permette di impaccare sia campioni biologici, come proteine, gel e fibrille, sia campioni inorganici come polveri o formulati, all'interno dei rotori portacampione per NMR di stato solido (Fig. 3).

Questo prodotto è stato sviluppato anche grazie alla proficua collaborazione del nostro *spin-off* con i ricercatori del CERM e la loro esperienza sul campo,

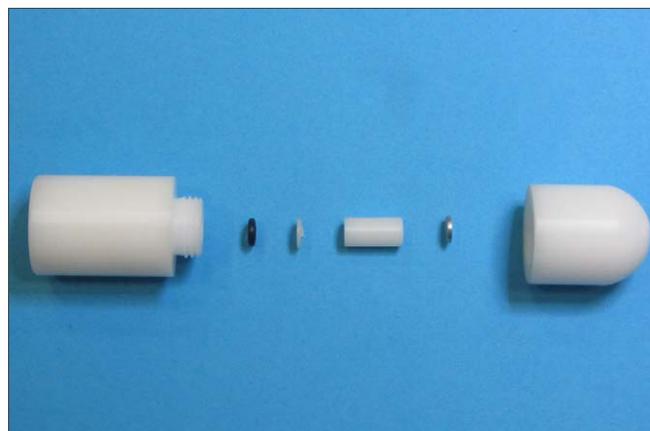


Fig. 3 - *spiNpack*, un device per impaccare i rotori per NMR di stato solido ideato da Giotto Biotech



Fig. 4 - ProBlue Safe Stain permette di colorare i gel di acrilammide in maniera sicura e atossica

ed è la prova di come aziende basate sul proprio comparto R&S possano trarre beneficio dall'essere incubate in istituti scientifici. Nella nostra esperienza, infatti, per cogliere le necessità del cliente bisogna conoscere molto bene che tipo di compiti svolge ogni giorno: ad esempio spesso il lavoro in laboratorio comporta l'esposizione a sostanze nocive, ed è per questo che alcuni dei nostri prodotti sono pensati per ridurre al minimo il rischio del ricercatore, come ProBlue Safe Stain (Fig. 4).

ProBlue Safe Stain è un Coomassie di nuova generazione per la rivelazione di proteine su gel di poli-acrilammide, con una performance paragonabile o superiore ai più venduti Coomassie, ma con il vantaggio di non contenere metanolo ed acido acetico, rendendolo del tutto sicuro.

Questi prodotti innovativi vanno ad arricchire il nostro catalogo consolidato e il nostro team è alla costante ricerca di nuove idee e nicchie di mercato in cui inserirsi.

Tuttavia, uno degli aspetti che più abbiamo constatato in questi anni è che le belle idee non si vendono da sole, anche quando sono molto valide. Quando si fonda uno *spin-off* infatti, si ha generalmente ben chiaro il prodotto e il mercato a cui lo si vuole proporre... ma la strategia di marketing?

Questo punto è emerso sempre più insistentemente in questi quasi 6 anni di Giotto Biotech, e ci ha spronato a fare di più per farci notare e per dimostrare quanto i nostri prodotti e servizi fossero validi. È per questo che oggi partecipiamo come espositori e sponsor a numerosi congressi nazionali ed internazionali nel settore delle biotecnologie e della chimi-

ca e presentiamo le nostre ricerche come speakers o pubblicandole su riviste peer-reviewed. Avere un prodotto Giotto Biotech citato nella sezione "materials & methods" di un articolo scientifico è la migliore pubblicità in cui potremmo sperare. Questo è un buon metodo per raggiungere i ricercatori, che normalmente non si fanno incuriosire dalla pubblicità tradizionale, preferendo di gran lunga relazionarsi fra colleghi. È per questo che ai congressi facciamo partecipare i nostri ricercatori e non dei venditori. La cosa si traduce in un rapporto molto stretto con il cliente, un valore aggiunto che per noi è un grande punto di forza e si traduce in fidelizzazione. La scelta di seguire un modello simile è da una parte molto impegnativa, ma al tempo stesso ci pone ad un livello diverso rispetto alle grandi compagnie che operano nei servizi di biotech e chimica fine e ci permette di affrontare il mercato da un'angolazione diversa, più personalizzata, che ci sta dando dei riscontri positivi e promettenti.

In conclusione la ricetta di Giotto Biotech è complessa e fatta di molti elementi: locali e strumenti all'avanguardia, personale altamente specializzato, innovazione da linee di ricerca proprietarie, partecipazione a progetti di finanziamento e tanto marketing. Ovviamente non è una ricetta universale, ma dalla nostra esperienza possiamo certamente dire che per essere *spin-off* serve molto di più che una buona idea, serve essere impresa.

Ringraziamenti

Si ringrazia tutto il team di Giotto Biotech, il comitato scientifico e i soci fondatori. Un sincero ringraziamento anche al CERM e a tutto il suo staff scientifico ed amministrativo.

Giotto Biotech - A Spin-Off Portrait

Giotto Biotech is a spin-off of the University of Florence incubated in the scientific campus of the university. Since 2011, Giotto Biotech aims at providing the scientific community with products and services focusing on the field of Nuclear Magnetic Resonance. By carrying out our research pipelines, participating to national and international projects, and developing innovative products, we are consolidating our growth in the market.

VALENTINA MARASSI¹, BARBARA RODA^{1,2}, ANDREA ZATTONI^{1,2}, PIERLUIGI RESCHIGLIAN^{1,2}¹BYFLOW SRL, BOLOGNA²DIPARTIMENTO DI CHIMICA "G. CIAMICIAN", UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

BARBARA.RODA@BYFLOW.IT

FARE IMPRESA DALLA RICERCA: DALLA DIVULGAZIONE... ALL'ASCOLTO

La conoscenza accademica e l'intraprendenza del ricercatore non sono sufficienti a fare impresa. Una buona intuizione, o anche già un prodotto appetibile, non bastano per creare una azienda di successo. L'unione delle due cose, il supporto di fondi e di corsi di formazione specializzati, e l'attenzione al bisogno del mercato invece permettono a un team motivato di fondare, mantenere ed evolvere una start up innovativa. È il caso di byFlow.



Non è facile per un team di ricerca, improntato alla diffusione delle proprie scoperte e alla comunicazione delle proprie attività, cambiare punto di vista e, invece di rivolgersi a pari (i famosi peer-reviewers), provare a rapportarsi con il mondo esterno: un mondo fatto di clienti, non di ricercatori. Un mondo che non fa caso alle "grandi scoperte", se non a quelle che sono in qualche modo "utili".

Per un gruppo di ricerca che si rivolge al pubblico, l'approccio più naturale sarebbe certamente quello che si potrebbe definire "top-down" e assertivo, con l'obiettivo di dimostrare come la propria ricerca sia brillante, innovativa e di interesse applicativo. Verrebbe spontaneo pensare che nel momento in cui un interlocutore (il potenziale "cliente") sentirà la Nuova Grande Invenzione, sicuramente vorrà farne parte, diventare cliente e lasciarsi coinvolgere.

La realtà è che l'atteggiamento "estroverso" di un accademico deve necessariamente essere adattato al mondo imprenditoriale, e modificarsi in un approccio più introspettivo. Serve una "inversione del paradigma": per affrontare il mercato serve "umiltà". Avere una buona intuizione e un buon potenziale, o anche già un prodotto appetibile, infatti non basta. Bisogna chiedersi chi *effettivamente* possa esse-

re nostro cliente, quale sia il *bisogno* che non è già soddisfatto dall'immane concorrenza, e capire se quello che si ha intenzione di proporre al mercato sia realmente una risposta a tali bisogni.

Successivamente, e pure se si ha dato abbondante risposta a questi tre quesiti, un neo-imprenditore dovrà promuovere la sua idea d'impresa (per finanziamenti e partnership) o il suo prodotto finito (per la commercializzazione) tenendo a mente che invece di focalizzarsi solo sul "comunicare", essere sempre presente, aspettarsi un feedback, e divulgare (termine accademico, appunto) biglietti da visita, avere ancora un atteggiamento di "ascolto" è un fattore fondamentale. Che tipo di reazione ho ottenuto? Cosa non avevo considerato? Quali sono i punti deboli? E soprattutto, perché clienti e partner dovrebbero interessarsi a me, invece della concorrenza? Molte ricerche accademiche di valore non avuto hanno alcuna risposta positiva dal mercato! (Fig. 1).

Da ultimo, e questo è uno dei punti critici del parlare con uno spirito abituato alla disseminazione scien-



Fig. 1 - Il processo di generazione di impresa è costellato di idee scartate!



tifica: non ho già parlato troppo rischiando la proprietà intellettuale?

Insomma, una start up di derivazione universitaria, uno spin off accademico, deve basarsi sulla congiunzione tra l'obiettivo della ricerca accademica (produrre conoscenza e cercare il massimo fattore di impatto) e dell'impresa (generare guadagno, cercare il massimo fatturato).

Proprio per questo la mission degli spin off spesso consiste nel trasferimento tecnologico a terzi o l'implementazione di una propria tecnologia in un prodotto proprio. In entrambi i casi, l'obiettivo è colmare il gap tra ricerca (prototipi) e industrializzazione (prodotto).

In questo contesto è nata e si è sviluppata byFlow Srl. Nel gruppo di Scienza delle Separazioni del Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", Bologna, il fulcro dell'attività di ricerca era già incentrato sulle tecniche di separazione di analiti nano- e micro-dimensionati, come proteine, anticorpi, cellule, e nanomateriali (nanoparticelle metalliche, polimeriche). In particolare, le tecniche di frazionamento in campo flusso-flusso, tecniche "soft" in grado di preservare le interazioni deboli tra nanoparticelle, sono fondamentali per la comprensione di fenomeni di aggregazione delle stesse in diverse condizioni. Il frazionamento in campo flusso-flusso (F4) è una tecnica separativa che sfrutta la combinazione di un flusso longitudinale e di uno trasversale; gli analiti vengono separati grazie a differenze nel loro coefficiente di diffusione, che è direttamente legato al raggio idrodinamico. La sottotecnica maggiormente utilizzata è la Asymmetrical F4 (AF4), dove una delle due pareti di un canale piatto è porosa e permette lo scorrimento del flusso trasversale.

La ricerca alla base dell'idea d'impresa di byFlow Srl è stata dettata proprio da un bisogno intercettato dai ricercatori stessi: anche se la AF4 è efficace, essa richiede un discreto quantitativo di campione (che, specie nel caso di campioni di origine biologica/farmaceutica, è complesso reperire) e un flusso totale che può raggiungere i 4mL/min. Si può unire il principio separativo della F4, una performance comparabile coi sistemi HPLC, e soprattutto la possibilità di operare a flussi e volumi ridotti?

Il gruppo, composto dai proff. Pierluigi Reschiglian, Andrea Zattoni e Barbara Roda (Fig. 2), raccoglieva insieme la competenza (con più di 100 pubblicazioni nel campo della chimica analitica) e il germe del-

lo spirito imprenditoriale (con 2 brevetti di propria invenzione): il team è diventato così il nucleo fondatore di byFlow, costituita nel 2010.

La formazione verso l'idea di impresa non si inventa però, ed è stata supportata da diverse azioni. Inizialmente byFlow è stata promossa nell'ambito delle attività dei laboratori di ricerca e trasferimento tecnologico e dei Centri per l'Innovazione appartenenti alla Rete dell'Alta Tecnologia dell'Emilia Romagna - Reti di Laboratori. Specificamente, i soci hanno fatto parte del team di coordinamento nel Laboratorio SITEIA, finanziato da due bandi PRRIIT Misura 4 "Sviluppo di rete", dell'Azione Laboratori di ricerca e trasferimento tecnologico. I soci nel 2010 sono stati sovvenzionati dal progetto per la creazione d'impresa - Sovvenzione Globale Spinner 2013 Consorzio Spinner - Bologna - Programma operativo Regione Emilia Romagna - Obiettivo "Competitività regionale ed occupazione"- FSE 2013. CNA Innovazione Soc. Cons. a r.l., Centro per l'Innovazione Organizzativa facente parte della Rete dell'Alta Tecnologia dell'Emilia Romagna, ha supportato byFlow nelle attività di analisi e fattibilità strategica preliminari alla sua costituzione. In particolare, CNA Innovazione ha supportato byFlow nella definizione dell'idea di business, nella preliminare analisi di fattibilità economico-finanziaria, e ha svolto un'azione di consulenza sui percorsi prioritari da attivare per supportare e rafforzare l'innovatività dell'azienda sul



Fig. 2 - La prof.ssa Barbara Roda, il prof. Andrea Zattoni e il prof. Pierluigi Reschiglian



Fig. 3 - Il modello di business di byFlow

mercato. A giugno 2010 byFlow ha avuto accesso alle agevolazioni per il perfezionamento dell'idea imprenditoriale, percorso di pre-incubazione progetto We Tech Off, l'incubatore d'impresе di Aster, promosso dal Ministero dello Sviluppo Economico, che supportava la creazione di imprese innovative e ad alto contenuto tecnologico per l'attuazione di "progetti per interventi di promozione ed assistenza tecnica per l'avvio di imprese innovative, operanti in comparti di attività ad elevato impatto tecnologico". Nata per sviluppare la miniaturizzazione di un dispositivo F4, l'unità operativa ha trovato in un partner industriale l'interlocutore adatto, operando quindi un classico caso di trasferimento tecnologico, secondo il modello di business sopra riportato, la cosiddetta "catena del valore" (Fig. 3).

Il compito di byFlow è stato la costruzione e il testing del prototipo funzionante, da fornire al partner (licenziando la relativa proprietà intellettuale) in modo da portarlo sul mercato come parte integrante della strumentazione commerciale. Il principio su cui si basava la miniaturizzazione consiste nel passaggio da un canale piatto, tipico della AF4, a un canale tubulare e poroso. Una fibra cava, in sostanza. Per questo, questa sottotecnica è ora denominata Hollow Fiber FIFFF, o HF5. La porosità della fibra è il parametro che definisce il cut-off dimensionale inferiore degli analiti frazionabili (molecole o nanoparticelle più piccole della porosità vengono filtrate via e non influiscono sulla separazione delle macromolecole o nanoparticelle di interesse, più grandi). Attraverso questa porosità si genera il flusso trasversale che provoca la separazione idrodinamica

degli analiti. Questa struttura ha permesso di sostituire un campo trasversale, basato su una membrana componente una parete di un canale piatto (AF4), con un campo radiale che si sviluppa in tutte le direzioni perpendicolari al flusso, garantendo una maggiore

simmetria di flusso e una migliorata performance.

Naturalmente, il primo prototipo, come immaginabile, fu realizzato con materiali "da laboratorio accademico" e non assomigliava per nulla a quello che poi sarebbe diventato il prodotto finito (Fig. 4a). Le *features* di questa strumentazione, però, includevano già la possibilità di iniettare un quantitativo di campione ridotto, e il sistema di valvole e loop permetteva lo sviluppo e la gestione di due flussi complementari. Inoltre, il sistema aveva superato i test di funzionamento dimostrandosi in grado di separare campioni standard. La tecnologia è stata denominata Dualtech, per la dualità con i sistemi AF4 di cui sarebbe stata parte complementare. Il consumatore però, necessita di strumenti, non di prototipi.

Dal primo Dualtech numerosi step di ingegnerizzazione sono stati intrapresi insieme al partner industriale, e si è passati così a un sistema fluidico automatizzato e integrato in un primo prototipo di casa sostituire con Wyatt Technology Europe GmbH, WTE (Dernbach, Germania) (Fig. 4b), secondo la catena del valore in Fig. 5. La strategia del partner WTE è stata infatti quella di non immettere un mo-

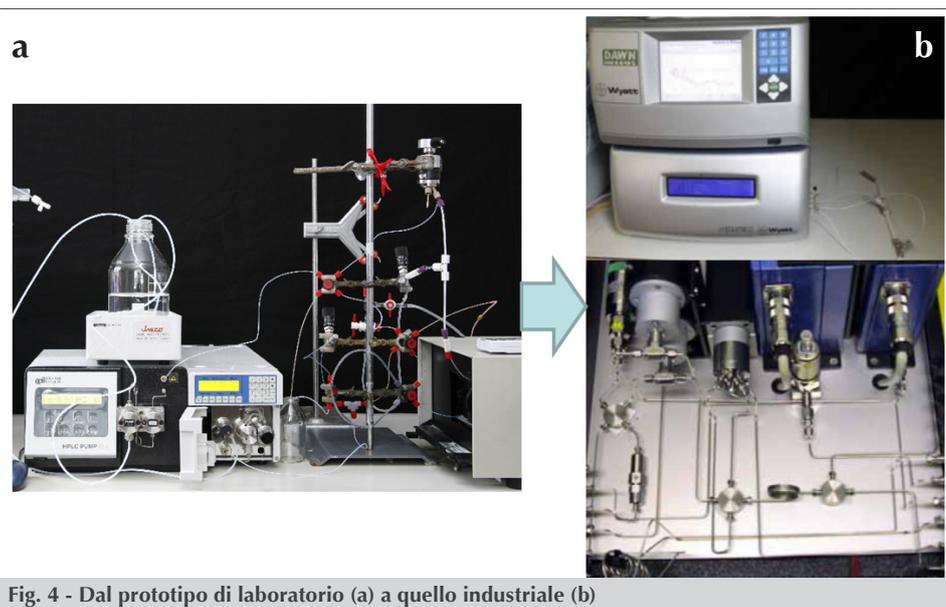


Fig. 4 - Dal prototipo di laboratorio (a) a quello industriale (b)

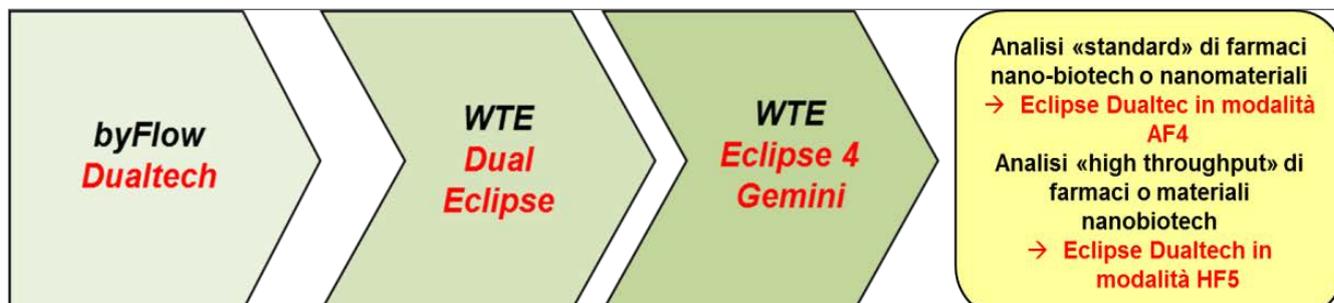


Fig. 5 - Sviluppo del prodotto - dal prototipo industriale alla strumentazione commerciale

dulo indipendente, ma integrare questa variante ad alta efficienza in una sua strumentazione già esistente, fornendo quindi al cliente finale la possibilità di operare in due modalità: una “standard”, mediante canale AF4, per analisi di maggiori quantitativi di campione di nanoparticelle in sospensione, e una “high throughput”, mediante fibra HF5, per la scala analitica e performante [1].

L'accoppiamento strumentale tra AF4 e HF5 ha facilitato la diffusione del prodotto tra nuovi clienti: infatti il sistema Dualtec contiene sia la strumentazione già nota (AF4) ma in più offre una modalità nuova senza l'inconveniente di doversi dotare di un ulteriore modulo.

Inoltre, la HF5 è un utile strumento per lo sviluppo di metodo a basso costo (minor consumo di solventi e campioni) e può essere utilizzata a monte della AF4: i metodi, basati sullo stesso principio separativo, sono trasferibili. Oltre a una novità, rappresenta una semplificazione delle procedure esistenti per chi lavora già con il frazionamento a campo flusso.

Il prodotto finito è stato commercializzato dal partner WTE nel 2012 (Fig. 6). Il ruolo di byFlow a quel punto si è necessariamente evoluto in un'altra fase, quella dello sfruttamento delle competenze pregresse e acquisite per fornire servizi accessori alla strumentazione e seguire i clienti dal lato commerciale e analitico.

Terminata l'attività “hardware” (cioè sviluppo e trasferimento della tecnologia) byFlow quindi ha fruito dei ricavi come soggetto licenziante (royalty dalla vendita della strumentazione), ma si è anche occupata dell'aspetto “software” del suo business, vale a dire lo sviluppo di metodi originali da applicarsi alle analisi svolte con tale tecnologia diventata prodotto (Fig. 7).

I clienti stessi che inseriscono nel proprio parco macchine una strumentazione come l'Eclipse Dualtec possono infatti avere una domanda di “supporto specialistico”, in quanto una nuova tecnologia sul

mercato necessariamente non gode di una già avvenuta standardizzazione metodologica come invece è il caso di altre tecniche separative già affermate. Ad esempio l'operatore deve avere una buona confidenza con la teoria della separazione alla base della nuova tecnologia e saper sviluppare un metodo adeguato per gestire due flussi (o meglio il loro rapporto) nel tempo della separazione a seconda del tipo di campione, fase mobile e dimensioni degli analiti. In alternativa, se non è un centro di ricerca con sufficienti risorse specializzate e tempo a disposizione, deve esternalizzare lo sviluppo dei metodi e limitarsi alla applicazione del metodo stesso per tutta la serie di campioni necessari.

Da ultimo, ma non di importanza, una fornitura di servizi “generalizzata” è stata la scelta più fruttuosa per uscire dalla nicchia di mercato e rivolgersi ad una clientela più ampia: non si può effettuare un trasferimento tecnologico al giorno, ma serve un flusso di entrate per sostenere l'impresa! Nel campo della



Eclipse Dualtec, Wyatt Technology Europe GmbH, Germany
Fig. 6 - Il prodotto commercializzato

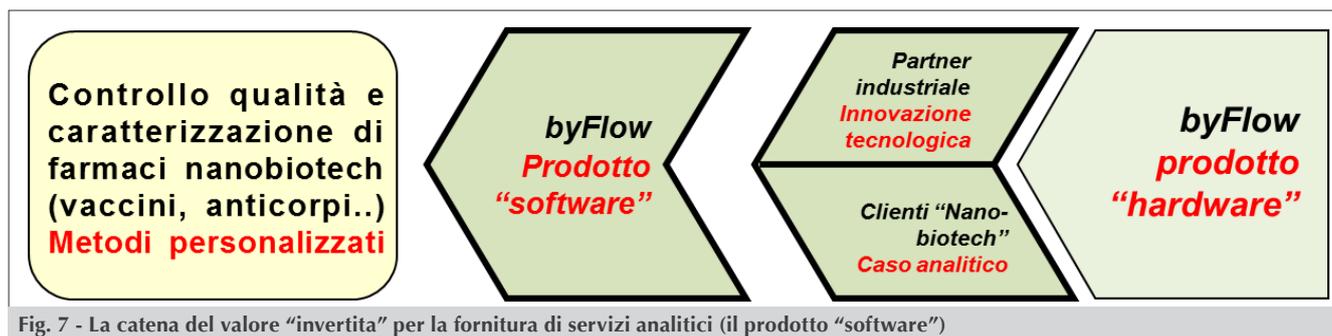


Fig. 7 - La catena del valore "invertita" per la fornitura di servizi analitici (il prodotto "software")

farmaceutica, fortunatamente per noi, il processo di produzione di farmaci nanobiotech è molto complesso, e il controllo di qualità dei materiali prodotti è molto più critico dei "classici" farmaci "basso-molecolari".

Infatti, per campioni nanostrutturati polifunzionali non si pone solo la questione del controllo della (bio)chimica di composizione, ma anche del controllo della morfologia/conformazione (in senso lato) del farmaco. L'FDA e la Commissione Europea hanno allargato la regolamentazione e suggerito misure per colmare questo vuoto analitico, ma nelle procedure di armonizzazione delle metodiche non è stato fino ad ora definito un *gold standard*. Le aziende di prodotti (farmaceutici) nanodimensionati hanno quindi la forte necessità di effettuare controlli qualità su campioni delicati, possibilmente tendenti ad aggregazioni non covalenti, e non ancora pienamente caratterizzati dal punto di vista strutturale [2, 3].

In questo scenario byFlow diventa un interlocutore adatto a rispondere a questo bisogno: come azienda di analisi e caratterizzazione di nanomateriali, dispone di un parco macchine robusto e dedicato. Possiamo separare campioni complessi nelle loro componenti in base alla dimensione delle nanoparticelle, permettendo una immediata determinazione di dimensione, forma e morfologia/conformazione. I campioni separati possono essere caratterizzati online con la rivelazione MALS (multi-angle light scattering), una tecnica non distruttiva che permette di ottenere massa molare e raggio di girazione delle particelle. In tutto il corso di analisi il campione non subisce modifiche e può essere raccolto in frazioni purificate successivamente concentrabili o caratterizzabili offline anche con altre tecniche nel nostro portfolio, come la rivelazione DLS (dynamic light scattering) e tecniche di microscopia elettronica. Inoltre, grazie alla flessibilità della tecnica FIFFF in termini di fase liquida carrier e condizioni separative, essa può essere ifenata ad altri sistemi di rivelazione come la ICP e ICP-MS.

Attualmente quindi, oltre che operare nello sviluppo di tecnologie da trasferire a terzi, i servizi di analisi proposti includono la caratterizzazione del prodotto, applicazioni in proteomica e pre-proteomica, studi di stabilità e aggregazione per campioni pre-trials, studio della morfologia (size/shape), e studi di formulazione pre-commercializzazione del farmaco. Non si limitano alla sola FIFFF che, seppure *core* del know-how dell'azienda, non è l'unica tecnica proposta.

Il team fondatore ha lavorato negli anni insieme a figure esperte di microfluidica, ingegneri e informatici. Attualmente per la gestione ed esecuzione delle forniture dei servizi specialistici e dei progetti di ricerca applicata byFlow si avvale della collaborazione della Dott.ssa Valentina Marassi, chimico analitico strumentale che ha svolto il suo periodo di Dottorato in Chimica presso il Dipartimento di Chimica dell'Università di Bologna.

Il patrimonio genetico universitario non è stato comunque dimenticato in byFlow, risultando essenziale anche oggi una elevata sovrapposizione tra attività di ricerca accademica e attività di impresa. Con il Dipartimento di Chimica "G. Ciamician", byFlow ha da subito firmato un accordo basato sulla condivisione di progetti di ricerca e didattica, sempre nell'ambito dello sviluppo di metodi analitici per la caratterizzazione di nanoparticelle funzionalizzate. In base a questa piattaforma di collaborazione, byFlow può esercitare la sua attività all'interno delle strutture accademiche, e trasferire/condividere con il dipartimento il know-how e la strumentazione in dotazione per attività di ricerca e formazione. byFlow ha contribuito a diverse pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali di massimo prestigio e riferimento nella comunità scientifica come quelle appartenenti al gruppo *Nature* [4, 5] in collaborazione con centri universitari e aziende private. Attualmente byFlow fa parte del progetto europeo Marie Curie CyclonHit, "Nanocarriers for the delivery of antimicrobial agents to fight resistance mechanisms", call FP7-PEOPLE.

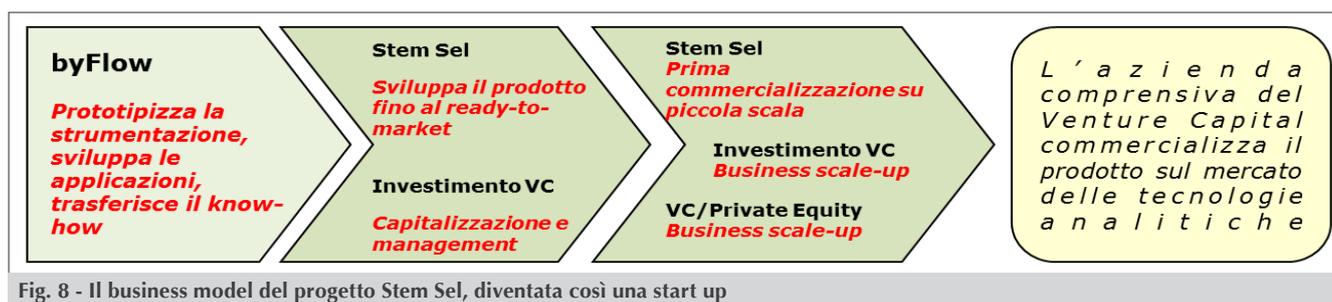


Fig. 8 - Il business model del progetto Stem Sel, diventata così una start up

Svolgere ricerca accademica significa venire a contatto continuamente con nuove idee, che possono almeno in parte essere trasferite al mondo industriale e generare nuove possibilità di business. byFlow ha tempo fa individuato, in una attività di ricerca trasversale con biologi e medici, che aveva condotto ad un brevetto di proprietà dell'Università di Bologna per la separazione di cellule staminali da campioni biologici, una interessante prospettiva di business. Per portare avanti in maniera "interna" l'intero processo di prototipazione, sviluppo delle applicazioni, e far arrivare lo strumento finale (che applica il brevetto licenziato in esclusiva) sul mercato, byFlow ha quindi ritenuto opportuno generare un ramo di azienda dedicato che si evolvesse in una seconda start-up innovativa: è nata così Stem Sel Srl. Grazie all'esperienza già maturata in byFlow, il nuovo team imprenditoriale ha potuto beneficiare del trasferimento tecnologico da parte del team originale. byFlow con il progetto Stem Sel ha vinto il bando Dai Distretti Produttivi ai Distretti Tecnologici 2, "Manipolazione di cellule e tessuti umani per la medicina rigenerativa dell'apparato locomotore". Il progetto Stem Sel è stato supportato dalle agevolazioni del Programma Spinner della Regione Emilia-Romagna ed è risultato progetto vincitore dell'edizione 2012 di StartCup 2013, la business plan competition della Regione. Ha partecipato al Premio Nazionale dell'Innovazione a Bari (PNI 2012), ricevendo due riconoscimenti. Un riconoscimento da parte di Intel grazie al quale ha partecipato all'Intel Business Challenge, una delle principali business plan competition a livello globale, dedicata a studenti, ricercatori, o giovani imprenditori. L'altro riconoscimento ricevuto nell'ambito del PNI 2012 è il premio GREAT, UK Italy Business Awards dell'Ambasciata Britannica. Ha inoltre partecipato all'evento ItaliaCamp 2012, risultando tra le idee finaliste della regione Emilia Romagna.

Una start up come Stem Sel che ha come mission lo sviluppo, produzione e commercializzazione di una vera e propria strumentazione richiede però

investimenti e finanziamenti di tutt'altra portata rispetto ad uno spin off di trasferimento tecnologico e servizi analitici. La ricerca di fondi si è quindi subito allargata al venture capital, con investitori che potessero acquisire quote dell'azienda, pur conservando l'expertise di byFlow all'interno di Stem Sel. La catena del valore per la generazione e la crescita di tale impresa è descrivibile in Fig. 8.

Stem Sel è solo il più recente progetto nato da byFlow, che ora cammina con le proprie gambe dopo la costituzione avvenuta nel 2013. Il continuo contatto con la ricerca accademica e l'esperienza maturata nello sviluppo di nuove idee d'impresa rende byFlow un "generatore seriale" di nuovi progetti che potranno restare "in azienda" come ramo dedicato, o staccarsi in una nuova impresa: il proposito dello *start upper* è infatti quello di non fermarsi mai!

BIBLIOGRAFIA

- [1] C. Johann *et al.*, *Journal of Chromatography A*, 2011, **1218(27)**, 4126.
- [2] P. Reschiglian *et al.*, *Analytical and bioanalytical chemistry*, 2014, **406(6)**, 1619.
- [3] V. Marassi *et al.*, *Microchemical Journal*, in press.
- [4] M. Tanase *et al.*, *Nature Protocols*, 2015, **10(1)**, 134.
- [5] M. Tanase *et al.*, *Scientific Reports*, 2016, **6**, 19311.

From Research to Business: the Inversion of the "Dissemination" Paradigm

Academical competence and researchers' drive aren't sufficient to make a company. A good idea, or even an interesting product, cannot guarantee the survival of a new business. Their union, conversely, together with training and funding support, allows a motivated team to successfully reach the market, to create and to evolve an innovative start-up. This is byFlow's story.

We announce the 17th edition of the **Merck Young Chemists Symposium**, the international congress organized yearly by the Young Group of Italian Chemical Society (**SCI Giovani**) with the financial support from **Merck**.

The symposium is fully devoted to **young researchers**, such as M.Sc. and Ph.D. students, scholarship holders, post-doc fellows and young researchers working in companies.

Thanks to the financial support from Merck, this is a low-cost **unique opportunity** for young scientists to actively participate in an international scientific event, contributing with an **oral presentation**, a **poster**, or a **poster + flash communication**.

All the accepted scientific contributions **will be collected in a citable international volume with ISBN code**.

We look forward to receiving your registration soon!

Abstract submission deadline:

September 24th 2017

Application form and abstract template:

www.soc.chim.it/sci_giovani/eventi/mycs

INVITED SPEAKERS

Andrea CAVALLI (UniBO – Italy)

Full Professor of Medicinal Chemistry

Topic: Thermodynamics and kinetics of drug target binding via molecular simulations

Gianluca M. FARINOLA (UniBA – Italy)

President of the Organic Chemistry Division of the Italian Chemical Society

Topic: Smart materials for photonics and electronics with organic molecules and photosynthetic microorganisms

Gaetano GUERRA (UniSA – Italy)

Full Professor of Industrial Chemistry and Vice-President of the Italian Chemical Society

Topic: Nanoporous-crystalline polymers and industrial innovations

Kevin SIVULA (EPFL – Switzerland)

Assistant Professor and Principal Investigator of the ERC Starting-Grant project CEMOS

Topic: Photoelectrochemical solar fuel production

	First 100 registrations	
	Until 03/09	Until 24 /09
Under 35 SCI Members	☐ € 90 ALL -INCLUSIVE	☐ € 95 ALL -INCLUSIVE
Under 35 Non -Members	☐ € 140 ALL -INCLUSIVE + 2018 SCI membership	☐ € 150 ALL -INCLUSIVE + 2018 SCI membership
	☐ € 155 ALL -INCLUSIVE + 2018-19 SCI membership	☐ € 165 ALL -INCLUSIVE + 2018-19 SCI membership
ALL -INCLUSIVE formula: registration, 2 lunches, 2 dinners, 4 coffee-breaks, 1 night event, 2 nights with breakfasts in double or triple room (with other conference members)		





80
years
1937-2017

80 anni di **professionalità** e **competenze** per la realizzazione di nuove opere edili, il restauro e la conservazione di significativi edifici del patrimonio artistico e culturale in tutto il mondo.

MAPEI. PARTNER MONDIALE DEI COSTRUTTORI.



ALESSIA GIOIELLO, ILARIA FINORE, ANNARITA POLI, BARBARA NICOLAUS
 CNR - ISTITUTO DI CHIMICA BIOMOLECOLARE (ICB)
 POZZUOLI (NA)
 BNICOLAUS@ICB.CNR.IT

ESTREMOZIMI E BIOTECNOLOGIE DEL FUTURO

Gli enzimi prodotti dai microrganismi estremofili sono in grado di espletare la loro funzione in condizioni estreme di temperature, pH, salinità, pressione ed, ancora, in presenza di solventi organici, agenti inquinanti e detergenti; tali caratteristiche ne permettono l'uso in svariati processi produttivi industriali.

Gli estremozimi e le loro applicazioni

 <p style="text-align: center;">Termofili</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Amilasi (Bioetanolo - Industria alimentare) Proteasi (Industria alimentare) Cellulasi (Detergenti) DNA polimerasi (Biologia molecolare, PCR) Xilanasi (Produzione della birra - Candeggio della carta) 	 <p style="text-align: center;">Psicrofili</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Proteasi (Detergenti) β-galattosidasi (Industria alimentare) Fosfatasi alcaline (Biologia molecolare) Xilanasi (Industria alimentare) 	 <p style="text-align: center;">Alofili Alcalofili</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> Lipasi (Industria alimentare) Proteasi (Detergenti) 
---	--	--

Gli estremofili (dal latino *extremus* e dal greco *philia*) sono organismi in grado di sopravvivere in condizioni proibitive dal punto di vista fisico e chimico, dove la maggior parte degli organismi viventi sulla terra (mesofili) sopravviverebbe con grande difficoltà o andrebbe incontro a morte (Fig. 1). Questi microrganismi, che sono in grado di svolgere ogni funzione vitale in ambienti caratterizzati da uno o molteplici stress chimico-fisici, risultano particolarmente interessanti per il mondo scientifico, per il loro potenziale applicativo in campo industriale e nei processi di biorisanamento [1]. La crescente disponibilità di tecnologie genetiche avanzate ha consentito, e tuttora consente, l'identificazione di nuovi metaboliti ed enzimi utili per applicazioni in campo

medico, agroalimentare e industriale, tanto che i microrganismi vengono ora considerati a tutti gli effetti delle fabbriche cellulari (*cell factories*) [2, 3]. Negli ultimi anni, gli studi mediante approcci innovativi (ad esempio l'approccio metagenomico *sequence-based screening*, rappresenta un modo innovativo per identificare nuovi termozimi da microrganismi termofili e ipertermofili) hanno prodotto approfondite conoscenze sul rapporto struttura e funzione degli enzimi presenti nei microrganismi termofili [4]; per il futuro si prevede che l'utilizzo di questi biocatalizzatori ridurrà la distanza tra i processi chimici classici e i processi biotecnologici. Sono stati caratterizzati enzimi stabili ed attivi da pH 1 a 11, a temperature tra 0 °C ed oltre 100 °C, ad elevate concentrazioni



Fig. 1 - Ambienti estremi e microrganismi estremofili

saline, nei solventi organici, nei detergenti etc. [5]. I vantaggi che ne derivano sono notevoli: ridotto rischio di contaminazione da parte di altri microrganismi (per esempio la biomassa può essere considerata un contaminante da eliminare se il prodotto ottenuto è da destinarsi ad esempio al mercato farmaceutico), diminuzione della viscosità, aumento della solubilità del substrato, aumento della velocità di trasferimento di massa; in aggiunta, tutti questi fattori consentono di indirizzare un processo verso la produzione di un determinato composto o minimizzare la formazione di prodotti indesiderati. In particolare, nei processi condotti a temperature superiori ai 50 °C, in cui si ottiene un alto grado di diffusione e solubilità di composti, una ridotta viscosità e tensione superficiale, un facile recupero di prodotti volatili e la soppressione di organismi patogeni per l'uomo, l'impiego di batteri termofili va sostituendo i tradizionali mesofili perché i loro enzimi non si denaturano alle alte temperature [2, 3].

Enzimi da microrganismi termofili

I microrganismi termofili e ipertermofili, che prosperano in un intervallo di temperature da 50 a 110 °C, sono fonte di enzimi che catalizzano reazioni ad elevate temperature: i termozimi. Al loro funzionamento è abbinato un aumento della velocità di reazione, alta solubilità dei substrati e riduzione del rischio di contaminazione da parte di altri microrganismi. Inoltre, l'aumento di temperatura ha una notevole influenza su biodisponibilità e solubilità dei composti organici ed è accompagnato da

una diminuzione della viscosità e da un aumento del coefficiente di diffusione di composti organici. Numerosi sono i batteri termofili e ipertermofili produttori di enzimi attivi alle elevate temperature, quali ad esempio cellulasi, amilasi, xilanasi, lipasi, esterasi, etc. [6-10].

Amilasi da termofili

Le α -amilasi (EC 3.2.1.1) sono enzimi che degradano il legame glicosidico delle lunghe catene polisaccaridiche dell'amido. Una delle applicazioni industriali più diffuse delle termo-amilasi riguarda il settore alimentare, per l'ottenimento di sciroppi di glucosio-frut-

tosio. L'amido, disponibile in natura sotto forma granulare [11], si compone di unità di α -glucosio unite da legami α -1,4- o α -1,6-glicosidici, formando due componenti ad alto peso molecolare: l'amilosio (15±25%), un polimero lineare costituito da legami α -1,4-glicosidici e l'amilopectina (75±85%), polimero ramificato contenente legami α -1,6 nel punto di ramificazione [12]. Convenzionalmente, propedeutica alla completa idrolisi enzimatica dell'amido è la cosiddetta fase di gelatinizzazione, in cui i granuli vengono idratati alle alte temperature (105-150 °C) con la loro conseguente dissoluzione e formazione di un composto viscoso attaccabile dagli enzimi amilolitici durante la successiva fase di liquefazione che porta alla formazione di maltodestrine e una conseguente riduzione della viscosità; segue la saccharificazione con l'intervento delle gluco-amilasi o β -amilasi (EC 3.2.1.2), se i prodotti desiderati sono glucosio o maltosio, rispettivamente. Pertanto, è auspicabile individuare termo-amilasi capaci di attaccare l'amido nella sua forma granulare evitando la fase iniziale di cottura e i costi energetici ad esso associati. Inizialmente, veniva usata l' α -amilasi di *Bacillus amyloliquefaciens*, sostituita poi dall' α -amilasi di *Bacillus stearothermophilus* e *Bacillus licheniformis* [13] (Tab. 1).

Le amilasi termofile trovano impiego anche nei processi industriali di panificazione. Esse, quando aggiunte all'impasto del pane, degradano l'amido contenuto nelle farine in destrine più piccole, substrato fermentabile dal lievito. L'aggiunta di α -amilasi in generale nei prodotti da forno, quindi, migliora la

Microrganismo	Enzima	Applicazione/Industria	Ref.
<i>Bacillus sp. SMA-2</i>	Cellulasi	Detergenti	[9]
<i>Bacillus licheniformis</i>	α -amilasi	Panificazione/Novozymes	[13]
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Amilasi	Panificazione	[13]
<i>Thermoactinomyces thalophilus</i>	Xilanasi	Candeggio carta	[20]
<i>Bacillus licheniformis</i>	Proteasi (subtilisina)	Industria alimentare/Novozymes	[22]
<i>Bacillus thermoproteolyticus</i>	Termolisina	Sintesi aspartame	[23]
<i>Thermus aquaticus</i>	Taq polimerasi	Reazioni di PCR/VWR Chemicals	[24]
<i>Bacillus</i>	Fosfatasi alcalina	New England Biolabs Inc. (Ipswich, MA, USA)	[26, 28]
<i>Bacillus TA39</i>	Subtilisina	Detergenti	[28]
<i>Pseudoalteromonas</i>	Beta-galattosidasi	Nutrilab NV (Belgio)	[29]
<i>Pseudoalteromonas haloplanktis TAH3a</i>	Xilanasi	Panificazione/Puratos	[30]
<i>Pseudomonas rutenica CP76</i>	Aloproteasi	Formulazione detergenti	[32]
<i>Virgibacillus sp.</i>	Chitinasi	Azione di biocontrollo	[39]
<i>Marinobacter lipolyticus SM19</i>	Lipasi	Industria alimentare	[40]
<i>Bacillus halodurans</i>	Subtilisina 147	Formulazione detergenti/Novozymes	[41]
<i>Bacillus clausii</i>	Subtilisina 309	Formulazione detergenti/Novozymes	[41]
<i>Bacillus licheniformis</i>	Proteasi RP1	Formulazione detergenti	[42]
<i>Pseudomonas stutzeri PS59</i>	Lipasi	Formulazione di detergenti	[43]
<i>Bacillus cereus GA6</i>	α -amilasi	Formulazione di detergenti	[44]
<i>Shewanella sp.</i>	Nucleasi	Biologia molecolare/Takara-Clontech (Mountain View, CA, USA)	[45]
<i>Thermus sp.</i>	Amilasi	Produzione di bioetanolo	[46]
<i>Humicola insoles</i>	Xilanasi	Produzione birra	[47]
<i>Thermotoga maritima</i>	Xilanasi	Industria della carta	[48]
<i>Pyrococcus chitonophagus</i>	Chitinasi	Biocatalisi in processi industriali	[49]
<i>Sulfolobus</i>	Isoamilasi	Conversione dell'amido	[50]

Tab. 1 - Enzimi da microrganismi estremofili con applicazioni commerciali

velocità di fermentazione con riduzione della viscosità e conseguente miglioramento del volume, della consistenza e della durata di conservazione [13].

Cellulasi da termofili

Le cellulasi catalizzano l'idrolisi del legame β -1,4-glicosidico della cellulosa, principale componente (40-50%) delle biomasse lignocellulosiche. In base al tipo di reazione catalizzata si distinguono varie classi di cellulasi, la cui azione, in sequenza, porta alla degradazione del polisaccaride in subunità semplici di glucosio: l'endocellulasi (EC 3.2.1.4) idroliz-

za i legami glicosidici interni alla catena polisaccaridica in modo casuale. L'esocellulasi (EC 3.2.1.91) agisce sull'estremità delle catene polisaccaridiche, liberando glucosio o cellobiosio come maggiori prodotti. Successivamente la β -glucosidasi (EC 3.2.1.21) idrolizza cellodestrine e cellobiosio all'estremità non riducente della catena, scindendo i dimeri in singoli monomeri di glucosio [14]. Le cellulasi da microrganismi termofili trovano ampie applicazioni nelle industrie alimentari, come nella produzione di caffè, nelle industrie tessili, nel settore farmaceutico, nella produzione di biocarburanti o anche nella



formulazione di detersivi. In quest'ultimo settore, questi enzimi aumentano la luminosità del colore e sono in grado di rimuovere lo sporco particellare. Uno dei requisiti affinché gli enzimi possano essere utilizzati nella produzione di detersivi a livello industriale è la loro compatibilità e resistenza ai detersivi già in commercio; è il caso della cellulasi prodotta dal *Bacillus sp.* SMIA-2, compatibile con vari detersivi [9] (Tab. 1). Tale batterio, produce attività avicelasi (EC 3.2.1.91), esoglucanasi attiva su uno specifico substrato cristallino (Avicel) ed attività carbossi-metil-cellulasica (CMCasi) (EC 3.2.1.4), endoglucanasi attiva su un substrato solubile della cellulosa (CMC). Entrambe le attività sono prodotte a 50 °C in colture liquide contenenti canna da zucchero e mais. L'avicelasi e la CMCasi presentano un'attività ottimale a 70 °C e a pH 7,5 e 8,0, rispettivamente, ed entrambi gli enzimi restano stabili al 100% a 60 °C per 1 h. In aggiunta, i test di compatibilità ai detersivi testati, mostrano una più elevata stabilità delle cellulasi in presenza di Ultra Biz® e meno con Ariel®. Inoltre, le cellulasi sono stabili in presenza di sodio dodecil solfato e RENEX-95, ed inibiti da TritonX-100 e H₂O₂ [9].

Xilanasi da termofili

Un'altra categoria di enzimi prodotta dai termofili con potenziali applicazioni a livello industriale è quella delle xilanasi, che idrolizzano il legame D-β-D-1,4 xilosidico contenuto nello xilano, importante polisaccaride delle cellule vegetali. Lo xilano è costituito da una catena principale di unità di D-β-xilopiranosio (legame 1→4), sulla quale possono innestarsi ramificazioni costituite da xilosio, oppure da altri zuccheri pentosi o esosi, come arabinosio, mannosio, galattosio, glucosio. Data la sua complessità e variabilità strutturali, l'idrolisi completa dello xilano richiede una grande varietà di enzimi che agiscono tra loro in modo cooperativo: l'endo-β-D-1,4-xilanasi (EC 3.2.1.8) rompe casualmente lo scheletro della catena di xilano con la produzione di catene xilo-oligomeriche medio-lunghe e la β-D-xilosidasi (EC 3.2.1.37) invece libera i monomeri di xilosio all'estremità non riducente di xilo-oligosaccaridi e di xilobiosio, mentre la rottura degli altri gruppi, quali residui di acido glucuronico, arabinofuranosio o gruppi acetilici, avviene ad opera di enzimi accessori come α-L-arabinofuranosidasi, α-D-glucuronidasi, acetilxilano esterasi (Fig. 2) [15,

16]. Le xilanasi sono prodotte su scala industriale e usate come additivi nel mangime per pollame per aumentare l'apporto nutrizionale [17] e nel grano per facilitare la manipolazione della pasta e migliorare la qualità dei prodotti da forno [18]. Tuttavia, la principale applicazione delle xilanasi termostabili ricade nel candeggio della carta [19], processo che viene effettuato allo scopo di rimuovere le impurità di lignina residue, che si presentano come macchie di colore scuro, a livello della polpa di cellulosa. Il trattamento tradizionale prevede l'utilizzo di cloro con il conseguente rilascio di residui di cloro-derivati della lignina; solo negli USA ogni anno vengono smaltite più di 2 mila tonnellate di cloro-derivati con notevole impatto ambientale. Per questo motivo, vari studi effettuati hanno dimostrato l'efficacia del trattamento enzimatico per lo sbiancamento della carta in alternativa al trattamento con cloro o comunque nelle prime fasi del processo. Infatti l'utilizzo di xilanasi alle elevate temperature fa in modo che esse aprano la struttura della parete cellulare, facilitando la rimozione di lignina nelle fasi successive del candeggio, favorendo il rilascio di xilano e residui di lignina non clorurati, senza eccessiva perdita di altri componenti. Affinché le xilanasi possano essere utilizzate per questo scopo, devono rispondere ad una serie di requisiti, tra cui mancanza di attività cellulolitica per evitare l'idrolisi della cellulosa, basso peso molecolare (40-80 kDa) per facilitare la loro diffusione all'interno della polpa di cellulosa, attività e stabilità ad alta temperatura ed a pH alcalini. Il batterio *Thermoactinomyces thalophilus* sottogruppo C, produce una xilanasi, cellulasi-free, che risulta essere stabile e attiva a 65 °C a pH alcalino (8,5), mantenendo il

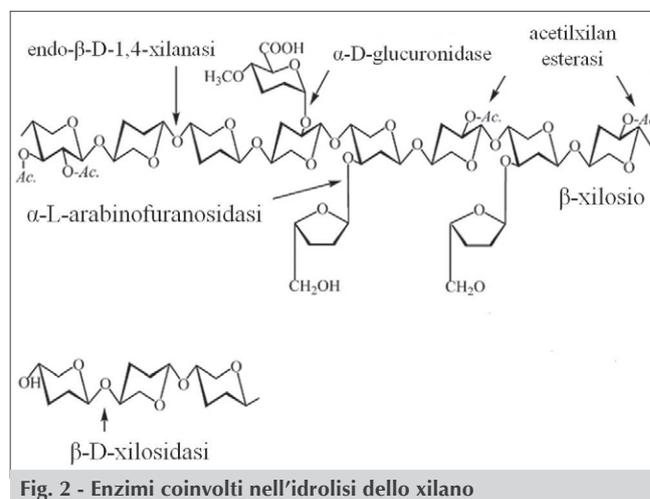


Fig. 2 - Enzimi coinvolti nell'idrolisi dello xilano

50% di attività fino a 125 minuti di incubazione, rendendola idonea per l'industria cartaria [20] (Tab. 1). Le attività extracellulari xilanasica e β -xilosidasica del batterio termofilo *Geobacillus thermantarcticus* isolato in Antartide sono state utilizzate per la valorizzazione della frazione emicellulosica presente negli scarti di *Cynara cardunculus* (foglie e steli) in zuccheri fermentabili e xilo-oligosaccaridi [21].

Proteasi da termofili

Un'altra classe di enzimi di interesse industriale è rappresentata dalle proteasi che catalizzano la rottura del legame peptidico tra il gruppo amminico e il gruppo carbossilico tra i residui amminoacidici delle proteine. In base al meccanismo catalitico, le proteasi vengono classificate in diversi gruppi come, ad esempio, le serin proteasi (EC 3.4.21) (tripsina e chymotripsina), le aspartil proteasi (pepsina) (EC 3.4.23), le metalloproteasi (EC 3.4.24) (diverse aminopeptidasi). Vi sono proteasi, come le carbossipeptidasi che in generale possono appartenere sia alla classe delle metalloproteasi che delle serin proteasi. In effetti, gli enzimi proteolitici sono quelli maggiormente prodotti nel mondo su scala commerciale. Le applicazioni sono numerose, ad esempio serin proteasi sono utilizzate come additivi nei detergenti domestici, data la loro resistenza alla denaturazione da detergenti e alle condizioni alcaline, le proteasi utilizzate nei detergenti domestici sono anche stabili alle alte temperature; proteasi che mostrano alta attività cheratinolitica possono essere utilizzate nelle industrie di pelletteria e potrebbero inoltre essere usate come catalizzatori per la sintesi peptidica, utilizzando la loro reazione inversa. Un esempio è rappresentato dall'alcalasi o subtilisina di *Bacillus licheniformis*, che mostra una temperatura ottimale di attività a 60 °C e a pH 8,3 e grazie alla bassa specificità verso differenti proteine vegetali e animali trova ampie applicazioni nel settore alimentare (nella lavorazione della farina di soia e negli alimenti dietetici) [22] (Tab. 1). Tra le proteasi termostabili attualmente utilizzate a livello industriale su grande scala c'è, inoltre, la termolisina prodotta da *Bacillus thermoproteolyticus*, che risulta essere coinvolta nella sintesi dell'aspartilfenilalanina 1-metilestere, noto come aspartame [23] (Tab. 1). Questo prodotto è comunemente usato come dolcificante in molti alimenti a basso contenuto calorico e bevande. I termozimi trovano ulteriori applicazioni anche nel campo della

biologia molecolare: un classico esempio è l'utilizzo della DNA polimerasi (Taq polimerasi), prodotta dal microrganismo termofilo *Thermus aquaticus*, nelle reazioni di PCR (*polymerase chain reaction* o reazione a catena della polimerasi) [24] (Tab. 1).

Enzimi da microrganismi psicrofili

I microrganismi psicrofili, che proliferano in un intervallo di temperature compreso tra 0 e 25 °C, producono numerosi enzimi con diverse applicazioni a livello industriale. Mentre la sfida per un enzima termofilo è facilmente comprensibile, ovvero rimanere stabile e attivo a temperature elevate, per un enzima psicrofilo invece le basse temperature riducono fortemente la velocità di quasi tutte le reazioni e, inoltre, rallentano i movimenti molecolari associati alla funzione della proteina; infatti la costante di velocità di una reazione, k_{cat} (numero massimo di molecole di substrato convertite nel prodotto al sito attivo per unità di tempo) è esponenzialmente dipendente dalla temperatura. È stato invece osservato che per la maggior parte degli enzimi psicrofili si riduce il valore di energia di attivazione, incrementando la k_{cat} [25]. Gli enzimi da psicrofili sono attivi alle basse temperature e hanno la caratteristica di essere termolabili indipendentemente dalla stabilità strutturale della proteina, in particolare il sito attivo sembra essere l'elemento strutturale più termolabile di queste proteine. È stato dimostrato che la struttura degli enzimi psicrofili è meno stabile rispetto a quella delle controparti mesofile e termofile. Questi tratti specifici sono responsabili di tre principali vantaggi per cui l'uso di tali enzimi a livello industriale risulta conveniente: la loro elevata attività ne permette un uso ridotto nel processo; inoltre essere attivi alle basse temperature evita il riscaldamento e il costo energetico ad esso associato; la loro termolabilità ne consente, a valle di un processo, un'efficace e selettiva inattivazione, mediante un moderato apporto di calore [26, 27]. Grazie a queste caratteristiche, le applicazioni degli enzimi da psicrofili a livello industriale sono numerose; ad esempio la subtilisina isolata da un batterio *Bacillus* TA39 dell'Antartide, viene impiegata nella formulazione di detergenti, garantendo stabilità allo stoccaggio, stabilità alcalina, e alta attività alle basse temperature [28]. Un ulteriore esempio è rappresentato dalla β -galattosidasi, enzima che idrolizza il lattosio in glucosio e galattosio. Dato che il 75%



della popolazione mondiale soffre di intolleranza al lattosio a causa della carente sintesi di lattasi intestinale negli adulti, una lattasi attiva al freddo prodotta da un batterio antartico è stata brevettata (WO 01/04276A1) per la sua capacità di idrolizzare il lattosio durante la conservazione del latte a basse temperature. Questa lattasi potrà essere anche prodotta in grandi quantità dalla Nutrilab NV (Bekkevoort, Belgio) per idrolizzare il lattosio (come un sottoprodotto dell'industria casearia) ed utilizzare il galattosio che ne deriva per produrre il dolcificante D-tagattosio, un monosaccaride naturale con basso valore calorico ed indice glicemico [29] (Tab. 1). Inoltre, xilanasi psicrofile trovano applicazioni nell'industria alimentare, infatti è stato dimostrato che esse, agendo come additivi, sono efficaci nel migliorare la qualità del pane e incrementano efficientemente il suo volume. Ciò sembra essere correlato all'elevata attività delle xilanasi psicrofile a basse temperature necessarie per il riposo dell'impasto e alla modalità specifica di idrolisi dello xilano. In particolare una xilanasi isolata da un batterio antartico è oggi commercializzata da Puratos (Grand-Bigard, Belgio) [30] (Tab. 1) e sembra essere l'enzima psicrofilo maggiormente prodotto a livello industriale. Nel campo della biologia molecolare, un esempio di applicazione di enzimi da microrganismi psicrofili riguarda il caso della fosfatasi alcalina secreta da un batterio appartenente al genere *Bacillus* e isolato in Antartide, venduta sotto il nome di fosfatasi antartica da New England Biolabs Inc. (Ipswich, MA, USA); esso viene impiegato nel clonaggio genico per la defosforilazione al terminale 5' di vettori di DNA prima della clonazione per prevenirne la ricircularizzazione; inoltre la sua termolabilità ne consente una facile rimozione, evitando interferenze con le fasi successive [26, 31].

Enzimi da microrganismi alofili

Un'altra categoria di microrganismi estremofili, utili dal punto di vista industriale, è rappresentata dagli alofili, capaci di proliferare in ambienti ricchi di sali [32, 33]. Dal punto di vista enzimatico, gli enzimi alofili non sono molto diversi rispetto alle controparti termofile o psicrofile, ma si differenziano dal punto di vista chimico per la presenza di un alto contenuto di amminoacidi acidi sulla superficie della proteina, le cui cariche negative attraggono le molecole d'acqua, con la formazione di

legami idrogeno, che mantengono la proteina idrata evitando la precipitazione [34]. Infatti, dato che la presenza di sale (NaCl o KCl) determina una rimozione di acqua dalle proteine, il problema di una proteina in condizioni di elevate concentrazioni saline è proprio assicurarsi un ritorno in superficie di molecole d'acqua, possibilmente sotto forma di ioni idratati; pertanto la natura altamente acida delle proteine alofile rappresenta un possibile meccanismo per il legame di ioni idratati contrastandone la tendenza a precipitare [35]. Quindi grazie a queste svariate caratteristiche, le potenziali applicazioni degli enzimi alofili sono numerose: come catalizzatori in processi che comportano alto contenuto salino, come agenti stabilizzanti nelle preparazioni cosmetiche; cellulasi alofile sono utilizzate nella produzione di detergenti per bucato e nelle industrie tessili [36]; amilasi alofile per la conversione dell'amido, proteasi alofile per la produzione di detergenti [36, 37]. In particolare, le proteasi da microrganismi alofili presentano tutti i requisiti affinché possano essere utilizzate nella formulazione di detergenti: risultano essere attive e stabili a valori di pH alcalini; mostrano una buona stabilità e attività a temperature relativamente elevate (40-50 °C e anche superiori), sono compatibili con composti detergenti come tensioattivi, profumi e candeggianti (stabilità durante il deposito e lavaggio) e infine, mostrano specificità di idrolisi verso proteine differenti. Un esempio è la proteasi da *Bacillus sp.* SM2014, che mostra tutte le caratteristiche che confermano le sue potenziali applicazioni industriali nella formulazione di detergenti per lavanderie: attività catalitica a valori di pH alcalini (10,0), ad elevate temperature (60 °C), a concentrazioni saline fino a 3 M e risulta essere compatibile con diversi detergenti e tensioattivi testati [38].

Ringraziamenti

Questo lavoro è stato parzialmente supportato dal Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica [PON03PE_00107_1/1 "Sviluppo di tecnologie verdi per la produzione di BIOchemicals per la sintesi e l'applicazione industriale di materiali POLImerici a partire da biomasse agricole ottenute da sistemi colturali sostenibili nella Regione Campania - BioPolis"] nell'ambito del Progetto Programma Operativo Nazionale R&C 2007-2013.

BIBLIOGRAFIA

- [1] T.L. Peeples, in *Microbial Biodegradation and Bioremediation*, 2014, pp. 251-268.
- [2] B. van den Burg, *Curr. Opin. Microbiol.*, 2003, **6**, 213.
- [3] G.Z.L. Dalmaso *et al.*, *Mar. Drugs*, 2015, **13**(4), 1925.
- [4] R. Barone *et al.*, *Front. Mar. Sci.*, 2014, **1**(38), 1.
- [5] K.O. Stetter, *FEBS Letters*, 1999, **452**, 22.
- [6] C. Vieille, G.J. Zeikus, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 2001, **65**, 1.
- [7] S. Kumar, R. Nussinov, *Cell. Mol. Life Sci.*, 2001, **58**, 1216.
- [8] L. Kumar *et al.*, *Extremophiles*, 2011, **10**, 121.
- [9] S.A. Ladeira *et al.*, *Electron J. Biotechnol.*, 2015, **18**, 110.
- [10] B. Cobucci-Ponzano *et al.*, *Methods Enzymol.*, 2012, **510**, 273.
- [11] D. Blazek *et al.*, *Genes Dev.*, 2011, **25**, 2158.
- [12] D.M. Hoover *et al.*, *J. Biol. Chem.*, 2001, **42**, 39021.
- [13] M.J. Van der Maarel *et al.*, *J. Biotech.*, 2002, **94**, 137.
- [14] S. Sadhu, K.T. Maiti, *Br. Microbiol. Res. J.*, 2013, **3**, 235.
- [15] T. Collins *et al.*, *FEMS Microbiol. Rev.*, 2005, **29**, 3.
- [16] B. Cobucci-Ponzano, *Enzyme Microb. Technol.*, 2015, **78**, 63.
- [17] G. Annison, *Anim. Feed Sci. Technol.*, 1992, **38**, 105.
- [18] J. Maat *et al.*, *Xylans and Xylanases*, J. Visser *et al.* (Eds.), Elsevier, 1992, pp. 349-360.
- [19] L. Viikari *et al.*, *FEMS Microbiol. Rev.*, 1994, **13**, 335.
- [20] U. Kohli *et al.*, *Enzyme Microbial. Technol.*, 2001, **28**, 606.
- [21] I. Finore *et al.*, *Green Chem.*, 2016, **18**, 2460.
- [22] J. Synowiecki, *Afr. J. Biotechnol.*, 2010, **9**(42), 7020.
- [23] L. De Martin *et al.*, *Tetrahedron Letters*, 2001, **42**, 3395.
- [24] T.C. Lorenz, *J. Vis. Exp.* 2012, **63**, e3998.
- [25] K.S. Siddiqui *et al.*, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2013, **41**, 87.
- [26] G. Feller, *Scientifica*, 2013, DOI: 10.1155/2013/512840.
- [27] R. Cavicchioli *et al.*, *Microb. Biotechnol.*, 2011, **4**(4), 449.
- [28] E. Narinx, *Protein Eng.*, 1997, **10**, 1271.
- [29] A. Hoyoux *et al.*, *Appl. Environ. Microbiol.*, 2001, **67**, 1529.
- [30] E. Dornez *et al.*, *J. Agric. Food Chem.*, 2011, **59**, 6369.
- [31] D. Koutsoulis *et al.*, *Protein Eng. Des. Sel.*, 2008, **21**, 319.
- [32] M.L. Moreno *et al.*, *Life*, 2013, **3**(1), 38.
- [33] A. Oren, *Environ. Technol.*, 2010, **31**, 825.
- [34] S. Patel, M. Saraf, *Sustainable Development and Biodiversity 6*, Springer International Publishing Switzerland, 2015, Chapter 15.
- [35] M.J. Danson, D.W. Hough, *Trends Microbiol.*, 1998, **6**(8), 307.
- [36] M.J. Coronado *et al.*, *FEMS Microbiol. Lett.*, 2000, **183**, 67.
- [37] L. Lama *et al.*, *Res. Microbiol.*, 2005, **156**, 478.
- [38] D. Jain *et al.*, *Bioresour. Technol.*, 2012, **115**, 228.
- [39] B. Essghaier *et al.*, *J. Appl. Microbiol.*, 2009, **106**, 833.
- [40] D. Pérez *et al.*, *Plos One*, 2011, **6**, e23325
- [41] K.H. Maurer, *Curr. Opin. Biotech.*, 2004, **15**, 330.
- [42] Sellami- Kamoun *et al.*, *Microbiol. Res.*, 2008, **163**, 299.
- [43] X.L. Li *et al.*, *J. Mol. Catal. B. Enzym.*, 2014, **102**, 16.
- [44] R. Roohi *et al.*, *J. Biochem. Technol.*, 2013, **4**, 636.
- [45] N. Awazu *et al.*, US Patent N°8034597B2, 2011.
- [46] A. Fatoni, Zufahair, *Songklanakar J. Sci. Technol.*, 2012, **34**, 525.
- [47] Y. Du *et al.*, *Bioresour. Technol.*, 2013, **130**, 161.
- [48] C.C. Chen *et al.*, *Enzyme Microb. Technol.*, 1997, **20**, 39.
- [49] E. Andronopoulou, C.E. Vorgias, *Protein. Expr. Purif.*, 2004, **35**, 264.
- [50] N. Tsutsumi *et al.*, Pat. App. WO 99/01545, 1999.

Extremozymes and Future Biotechnologies

The enzymes produced by extremophilic microorganisms are able to operate in extreme conditions of temperature, pH, salinity, pressure and still in the presence of organic solvents, polluting agents and detergents; these characteristics allow use in various industrial manufacturing processes.

SAVE

- ✓ Sistemi di controllo (DCS, PLC, PC industriali)
- ✓ Strumentazione industriale di misura e controllo
- ✓ Interfacciamento HMI
- ✓ Sensoristica
- ✓ Quadri e regolatori
- ✓ Software per l'industria
- ✓ SCADA, telecontrollo e reti tecnologiche
- ✓ Strumentazione da laboratorio
- ✓ Valvole e attuatori
- ✓ Efficienza energetica
- ✓ Motion control
- ✓ Fieldbus e comunicazione
- ✓ IoT per l'industria

Fiera di Verona
18-19 ottobre 2017

Organizzato da

EIOI



Sponsored by



BECKHOFF

KEYENCE

Supported by



GISI riconosce SAVE quale evento italiano di riferimento per automazione, strumentazione, sensoristica

Partner ufficiale



Registrazione gratuita per gli operatori professionali



11

edizioni di successo



7.000

operatori previsti



+200

aziende rappresentate



20

convegni plenari



+50

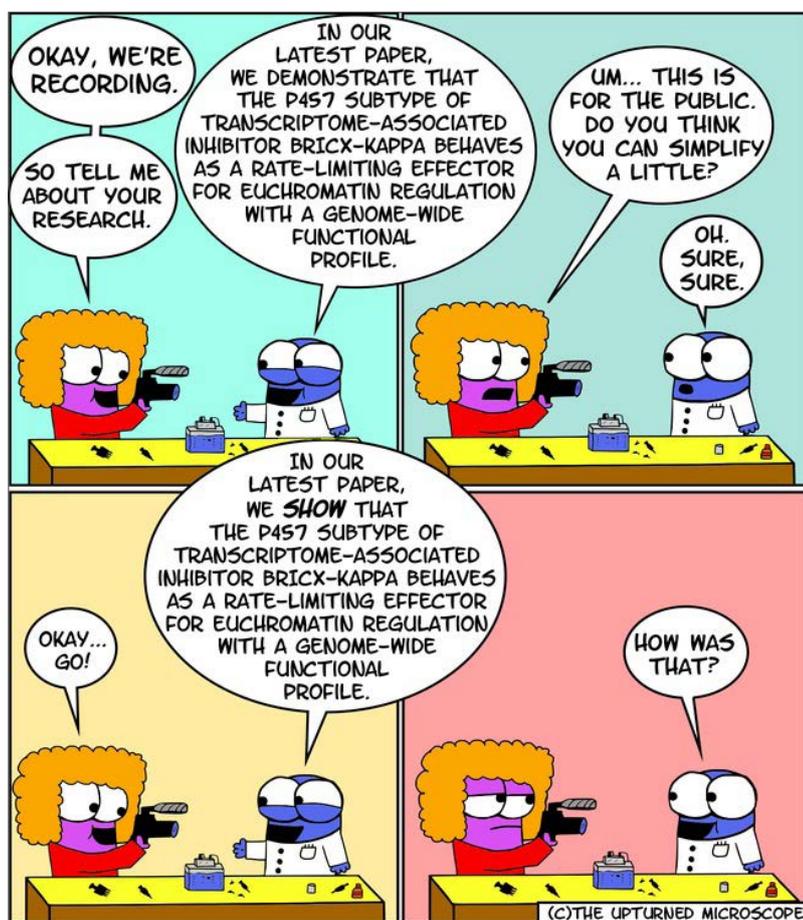
workshop





LA COMUNICAZIONE SCIENTIFICA IN AZIENDA

Nel presentare una ricerca in un contesto aziendale moderno, al chimico sono richieste capacità di comunicare in maniera che possa essere compreso da colleghi che non hanno un background scientifico e che si occupano solitamente di marketing, finanza e gestione, vendite. È necessario che egli crei un efficace ponte di comunicazione, includendo nelle sue presentazioni dei dati numerici indicanti budget e tempistiche previste, descrivendo il mercato, i rischi, il ritorno dell'investimento e tutte le fasi del progetto, non solo quelle di sviluppo del prodotto/processo.



Ogni momento della nostra vita è attraversato dalla necessità e dal desiderio di comunicare con il prossimo. Quasi spontaneamente tendiamo a entrare in relazione con l'altro, modificando il nostro registro comunicativo a seconda della circostanze o delle persone con cui parliamo. Raramente, tuttavia, questa esigenza viene percepita dallo scienziato o dal ricercatore quando deve o vuole parlare delle proprie ricerche e dei propri risultati scientifici, anche innovativi.

Su questi orizzonti problematici, desidero ricordare che la Sezione Lombardia della Società Chimica Italiana, in collaborazione con l'Accademia delle Scienze e la sezione italiana della Royal Society of Chemistry, ha organizzato lo scorso anno a Bologna un workshop dedicato ai professionisti della scienza dal titolo "Saper comunicare il Sapere", con la finalità di fornire a giovani professionisti e a coloro che stanno svolgendo il dottorato di ricerca suggerimenti e strumenti da utilizzare quando si ha la necessità di parlare a un pubblico eterogeneo di "non addetti ai lavori", in occasioni tra loro molto diverse

*Comunicazione presentata della giornata studio "Saper comunicare il sapere", tenutasi a Bologna, il 28 ottobre 2016, a cura di Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna, Società Chimica Italiana (sezioni Lombardia ed Emilia-Romagna) e Royal Society of Chemistry (Italy section).



sia in azienda sia in ambiti massmediatici, quali la televisione, i giornali, o i social networks (www.cn-rweb.tv/saper-comunicare-il-sapere).

Nel mondo della chimica, in linea con le tendenze di tutte le scienze cosiddette “dure”, si è infatti abituati a parlare quasi esclusivamente con tecnici che conoscono i termini e le basi su cui fondiamo le nostre ricerche e le conseguenti scoperte, eliminando non solo l’esigenza, ma anche la volontà di trovare termini meno specifici, maggiormente comprensibili anche per coloro che vivono “al di fuori del laboratorio e dell’Accademia”.

Tuttavia, anche nei più recenti articoli di cronaca nazionale (pur se del problema si parla sin dagli anni Trenta del secolo scorso), si scrive che “I fatti della scienza sono poco accessibili anche perché gli scienziati scrivono sostanzialmente sui loro giornali, sulle loro riviste, sui loro siti e così i non addetti ai lavori hanno difficoltà ad orientarsi” [v. G. Remuzzi, *Corriere della Sera*, 2/6/2017]. Per uscire da questa autoreferenzialità, senza dubbio dannosa sul piano comunicativo, è quindi un dovere dell’intera comunità scientifica porsi il problema del trasferimento sociale della conoscenza, entrando in sintonia con i tempi e le modalità comunicative e ricettive proprie a questo nuovo tipo di pubblico, peraltro sempre più esigente e assetato di informazioni.

Si tratta di una sfida difficile poiché questo pubblico è stratificato, attraversato al suo interno da differenti tipologie. Una categoria particolarmente importante, centrale nello sviluppo delle potenzialità della ricerca scientifica, e sulla quale ci si vuole ora concentrare, è rappresentata da coloro che finanziano la ricerca stessa all’interno delle aziende private (consigli di amministrazione, responsabili marketing e vendite, responsabili amministrazione e finanza), che spesso hanno seguito un percorso formativo e lavorativo molto lontano da quello di un chimico. Tali gruppi di persone sono tuttavia formati da coloro che gestiscono la liquidità di un’azienda, richiedendo l’apertura di una linea di ricerca e gestendo il portfolio progetti dal punto di vista finanziario. È dunque indispensabile per il ricercatore, per portare avanti il proprio lavoro, essere in grado di elaborare un’efficace strategia comunicativa per entrare in relazione con tali gruppi, ossia creare un ponte di comunicazione tra il chimico e il suo “potenziale pubblico” in azienda. In tali occasioni, infatti, le dinamiche di presentazione



di una ricerca seguono regole molto diverse rispetto a quelle adottate all’interno della comunità scientifica. Il professionista deve qui, infatti, ovviamente, affiancare alle proprie conoscenze e competenze chimiche anche nozioni di project management, finanza e marketing.

Bisogna in primo luogo entrare nell’ottica che, in occasione di una presentazione scientifica in una società privata, la domanda cui il ricercatore deve rispondere non è, sorprendentemente, relativa all’argomento specifico del suo studio, e alle sue interne articolazioni, bensì quale sia, e dove si ponga, il guadagno per l’azienda che decide di investire parte dei suoi ricavi in tale studio scientifico. La valutazione del ROI (*Return On Investment*) è dunque di fondamentale importanza e deve di conseguenza essere ben conosciuto dal ricercatore, che deve saperne considerare il valore in modo da poterlo ben presentare a coloro che ascoltano e che sono, in definitiva i “decisori”.

La presentazione, che si utilizzi un programma di presentazione elettronica (per esempio PowerPoint, Prezi) o semplicemente una lavagna a fogli mobili, dovrà essere scorrevole, senza troppi dati o numeri difficili da ricordare, e sarà di solo supporto alle parole dell’oratore, che sono fondamentali, come nella retorica antica.

Una sequenza di presentazione tipica, quindi, comprende i seguenti punti:

- l’idea;
- il mercato in cui si intende operare;
- il vantaggio competitivo/le caratteristiche di differenziazione/lo stato dell’arte;
- la gestione del progetto;
- il ritorno dell’investimento;
- i rischi.

ANALISI COMPARATIVA	Caratteristica 1	Caratteristica 2
Prodotto 1	✓	X
Prodotto 2	X	✓
IDEA	✓	✓

Tab. 1 - Analisi comparativa tra prodotti già esistenti e nuova idea

L'idea

È bene iniziare descrivendo in modo breve, chiaro e distinto il tipo di prodotto/tecnologia/innovazione che si intende sviluppare o di cui è già presente uno studio preparatorio. Inoltre, è necessario integrare tale informazione con una descrizione relativa alla sua applicazione pratica, corredata anche da opportuni esempi che indichino di che cosa non ci si intende occupare (che cosa è quindi "in-scope" e che cosa è "out-of-scope"). Spesso, infatti, chi non lavora nell'R&D, ha difficoltà a sentir parlare di una nuova molecola o di un processo innovativo in modo puramente astratto: essere fraintesi, o compresi in modo frammentario, comporta infatti il notevole rischio di generare un parere negativo o una chiusura del progetto in corso d'opera dal momento che si realizza troppo tardi che le aspettative aziendali erano differenti.

In questa tipologia di esposizione sono assolutamente da evitare dettagli e linguaggi eccessivamente tecnici, descrizioni troppo elaborate o, al contrario, indefinite e fumose; mettersi nei panni di chi ascolta (chiedendo, per esempio, aiuto a un collega che possa ripetere con parole proprie i concetti tecnici descritti), essere concisi e chiari è fondamentale per creare un solido ponte di comunicazione.

Terminata la parte più "scientifica" della presentazione, ecco che si rendono necessarie diverse conoscenze trasversali al mondo della chimica: gestione di progetti (*project management*), nozioni di finanza e di diritto.

Il mercato in cui si intende operare

La descrizione del mercato di riferimento è un'informazione che serve ai vertici aziendali per capire quale bisogno ancora inespresso si va a soddisfare nel panorama già esistente (*unmet need*): è bene dedicare qualche minuto alla definizione del tipo di mercato e alla sua struttura, alla sua dimensione attuale e alle previsioni di crescita. Va inoltre specificato quali sono gli spazi disponibili e le modalità di ingresso. L'obiettivo è farsi trovare preparati sui livelli

di conoscenze in possesso della concorrenza per dimostrare che la propria idea è effettivamente nuova ma in linea con il mercato in cui si opera.

Le caratteristiche di differenziazione

Per meglio convincere l'uditorio che la propria ricerca è innovativa e soprattutto promettente, questa dovrà essere oggetto di analisi comparativa con la tecnologia già esistente, per identificare chiaramente sia il vantaggio competitivo sia i punti in cui essa si differenzia rispetto agli altri player. Una tabella di comparazione (Tab. 1) sarà un metodo immediato, molto efficace sul piano comunicativo, per fornire in sintesi tutte le informazioni necessarie.

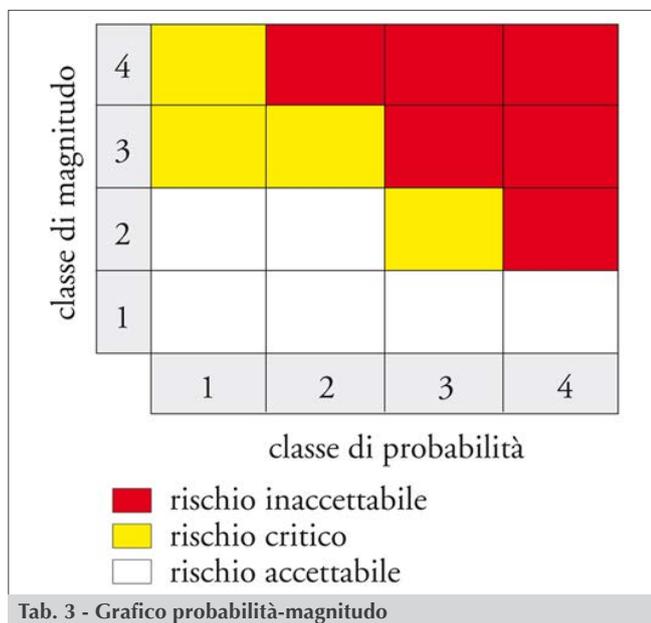
Il pubblico dovrà anche essere adeguatamente informato su eventuali partnership necessarie (società di ingegneria per la costruzione degli impianti, consulenti in materia di sicurezza e ambiente, consulenza REACH se non presente internamente) e sarà molto utile una breve descrizione delle eventuali coperture brevettuali già esistenti.

La gestione del progetto

Quando il pubblico avrà compreso su *che cosa* vogliamo lavorare e *perché*, dovremo descrivere *come* intendiamo procedere, presentando un vero e proprio piano di gestione del progetto. In ogni studio scientifico sono individuabili 5 fasi: Development, Definition, Procurement, Construction, Commissioning, Operation. Il chimico dovrà avere un piano per ognuna di queste fasi, non limitandosi alla sola fase di sviluppo della molecola/tecnologia.

Utilizzando un diagramma di GANTT (Tab. 2), contenente le attività di tutte le fasi del progetto, i tempi e il personale necessario (inteso in ore/uomo), la presentazione risulterà maggiormente strutturata e renderà già concreto il lavoro che si intende svolgere nel futuro. Il GANTT è uno "strumento vivente" che viene aggiornato settimanalmente dal responsabile del progetto. In questa primissima fase servirà a identificare soprattutto le tempistiche generali e la descrizione delle fasi con uno sguardo di specifica attenzione al *critical path*, cioè alla sequenza di attività che devono essere svolte per portare al completamento del progetto nei tempi previsti.

A corollario del proprio schema di progetto, bisognerà concludere questa parte di presentazione descrivendo come il proprio lavoro si armoniz-



il gruppo di ricerca ha un residuo di liquidità derivato da precedenti progetti.

Bisogna inoltre essere consapevoli che vi saranno sempre costi nascosti come rese, scarti e manutenzioni, difficilmente quantificabili all'avvio della ricerca. Per tale motivo bisogna sempre sapere che le spese hanno il vizio di risultare maggiori del previsto: di conseguenza, va da subito valutato il costo del capitale extra, considerando il responsabile delle finanze aziendali come una banca a cui dover chiedere un prestito che dovrà essere ripagato con i relativi interessi. L'azienda inoltre dovrà attingere alle proprie riserve con un capitale non preventivato per la ricerca e anche questo fattore potrebbe essere considerato un fattore di fermo del progetto se non considerato con dovuto anticipo.

I rischi

Lo sviluppo di una nuova idea comporta sempre, tuttavia, come tutti i processi innovativi, dei rischi. A conclusione della propria esposizione, il chimico non dovrà farsi trovare impreparato nemmeno su questo fronte, illustrando nel modo più preciso possibile i seguenti dati:

- tipologia di rischi;
- probabilità, magnitudo e rilevabilità (Tab. 3);
- quando (a quale grado di avanzamento);
- possibili soluzioni e strategie di uscita;
- impatto economico di problemi e ritardi.

Conclusioni

Come si è potuto vedere, lavorare all'interno di una realtà privata, il cui scopo, anche se non esclusivo, è ovviamente il profitto, può essere una grande e decisiva sfida per un chimico abituato a una realtà fatta di sola ricerca.

Un ultimo consiglio, inevitabile e realistico, è quindi quello di pensare sempre al peggio: le previsioni sulla produttività potrebbero essere poco realistiche, i margini potrebbero essere inferiori, nella progettazione si potrebbe avere dimenticato un passaggio. Ma avere ben presente anche i possibili dati che ancora non si possiedono in modo preciso e articolato, permetterà al chimico di rispondere a tutte le domande del suo pubblico, trovando in esse stimolo e materia di riflessione e approfondimento, ricordandosi sempre un detto anglosassone che recita "Plans are useless, but planning is essential".

BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

- S. Lunau (Ed.), Design for Six Sigma + Lean Toolset, Springer, 2008.
- L. Attolico, Innovazione Lean. Strategie per valorizzare persone, prodotti e processi, Hoepli, 2003.
- S. Berhum, Making Things Happen: Mastering Project Management, O'Reilly, 2008.

www.icis.com

www.echa.europa.eu

www.cefic.org

www.rsc.org



Scientific Communication in a Private Company

When a chemist needs to present a new project request or a new idea in a private company environment, he has to change his way of communication and the content of its speech accordingly with the public. It is important to include a state-of-the-art analysis, financial data such as ROI and pay-back time, a complete project plan (from idea to commercialisation) and a risk analysis. Thanks to this information the Board and the managers will be able to receive a complete overview of the idea and decide about endorsing and funding the scientist and his team.



POWERING YOUR COMPANY

WWW.AGICOM.IT

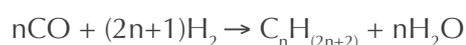


GIULIANO PAGANI
CHEMICAL PROCESS SYSTEMS CONSULTING ENGINEER
MILANO
GIULIANO.PAGANI@ALICE.IT

INTENSIFIED FISCHER-TROPSCH SYNTHESIS BY A MONOLITHIC REACTOR

A Fischer Tropsch monolithic reactor is simulated by a heterogeneous dispersed steady-state model; material transports are described by a film model based on Maxwell-Stefan equations. This model shows that a Fischer-Tropsch monolithic reactor can be surprisingly sensitive to some parameters; in particular, with a productivity of industrial practical interest, reactor can exhibit state multiplicity. Just very large unrealistic metallic matrix thermal conductivity can assure state unicity and stability; otherwise reactor control could be a difficult task. In many papers where a monolithic reactor is proposed for industrial developments of the Fischer-Tropsch process, no stability analysis is performed, though this is a crucial problem for an intensified process. However multi-tubular reactors loaded with washcoated structured catalysts seem to be stable; instead, if channels are filled with catalytic particles, our model evinces hot-spot in axial temperature when the reactor get productivity values of industrial practical interest.

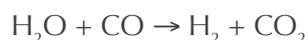
The Fischer-Tropsch process is a catalyzed chemical reaction in which a mixture of carbon monoxide and hydrogen (syngas) is converted into liquid hydrocarbons of various forms. The resulting overall reaction can be presented as follows:



being:



An important reaction to take into account is the water gas shift reaction:



There is two different process: a low temperature process (LTFT), with temperatures ranging between 200-240 °C and a high temperature process (HTFT), with temperatures ranging between 300-350 °C. The

HTFT uses an iron catalyst, and the LTFT either an iron or a cobalt catalyst. Other catalysts are not used for their high price.

In general the product distribution of hydrocarbons formed during the Fischer-Tropsch process follows some sort of exponential function, with the probability of chain growth as an important factor. There are two main methodologies to predict product distribution: a kinetic approach and a thermodynamic approach. The model called "Anderson-Schultz-Flory" (ASF) distribution model is the best known thermodynamic model. It was developed in the early years of FT-synthesis. ASF model can be expressed as:

$$W_n/n = (1-\alpha)^2\alpha^{n-1}$$

where W_n is the weight fraction of hydrocarbon molecules containing n carbon atoms. α is the chain growth probability or the probability that a molecule will continue reacting to form a longer chain. Increasing α increases the formation of long-chained



hydrocarbons. In general, α depends on the catalyst and the specific process conditions.

Kinetic models are based on detailed FTS mechanism explaining the synthesis of each product through the evolution of reaction intermediates and adsorbed species [1].

Process conditions and catalyst are usually chosen to promote higher order reactions and to minimize methane formation. Most of the paraffins produced are straight-chained, although some branched paraffins are also formed. In addition, several competing reactions form olefins, as well as alcohols and other oxygenated hydrocarbons.

All reactions taking place in the reactor are highly exothermic, and to avoid an increase in temperature, which results in lighter hydrocarbons and carbon deposition on the catalyst, it is important to have sufficient cooling, to secure stable reaction conditions. For industrial FT reactors heat removal for temperature control is the most important feature to obtain optimum product selectivity, long catalyst life and stable regime.

Catalyst pellet-loaded fixed bed and catalyst slurry are the main reactors commercially used; sometime fixed fluidized bed and circulating fluidized bed reactors are used too. In the last decade several alternative reactor technologies have been analyzed and developed. In particular there has been growing attention for honeycomb monolith reactors consisting of long small parallel channel [2-8].

Advantages and drawback of each industrial reactor type have been largely studied [9, 10].

In fixed-bed reactors process is carried out at high linear velocity to control heat removal rate. Large catalyst particles are used to reduce pressure drop: then reaction is controlled by intra-particle diffusion; often, to reduce pore-diffusion effects, pellets with a thin catalyst outer layer are used. In any case fixed-bed reactors suffer of low productivity, high methane formation, low α values and short catalyst life.

Slurry reactors provide several advantages: intra-particle diffusion problem is solved by using small catalyst particles, productivity is higher, design is simple and catalyst life is longer. However separation of liquid products from the catalyst, inter-phase gas-liquid mass transfer and back-mixing are great problems of these reactors.

Fluidized bed and slurry reactors advantages and drawbacks are similar, but fluidized bed reactor design and control are more complex.

Catalytic monolith reactors are widely applied in environmental catalysis [11-13] and, in particular, in automotive catalytic converters to reduce vehicles emissions [14-16]. By the other side the use of catalytic monolith reactors in chemical processes has been quite limited till today [17-23].

Application of monolith reactors for three-phase reactors and in particular for FT synthesis is very promising due to their several features [24, 6, 25, 26]:

- low pressure drop;
- uniform liquid distribution;
- smaller reactor's size (process intensification);
- high heat removal rate;
- high olefin to paraffin ratios.

The main disadvantage is, however, the lack of practical experience with monolithic reactors. Moreover, a monolithic reactor is a very complex system from the modeling view point [27, 28]. Experimental and theoretical efforts have to be pursued to further investigate behavior of these reactors. In particular, mathematical models can be a very useful tool to gain insight for the analysis and the rational scale-up and design of the monolithic reactors. So we have developed a detailed and general steady state mathematical model of a three-phases FT monolithic reactor based on honeycomb metallic supports coated by catalyst or filled with little catalyst pellets. The model has been implemented in an equation oriented simulator [29] and its reliability has been tested on a LTFT example reported in a fairly recent patent [30]. Our model results agree quite well with the values reported in that example, but they showed that the stability domain of such reactors is so small that a further dynamic analysis should be recommended, for proper design and management.

Monolithic reactor configuration [10, 25, 28, 30]

A catalytic monolith reactor is a multi-tubular cylindrical reactor; a refrigeration fluid is flowing inside the reactor, externally to the tubes. Each internal cylindrical tube contains an honeycomb monolith substrate having many parallel channels separated by thin walls. Each longitudinal channels has a cross section in the form of a square, rectangular, circular, or a more complex form, with 0.5 to 5 mm length. In the practical applications a standard honeycomb monolith substrate has 200-500 cells per square inch (cpsi); for a standard monolith tube, generally, diameter ranges from 2 to 4 cm, length from 10 to 50

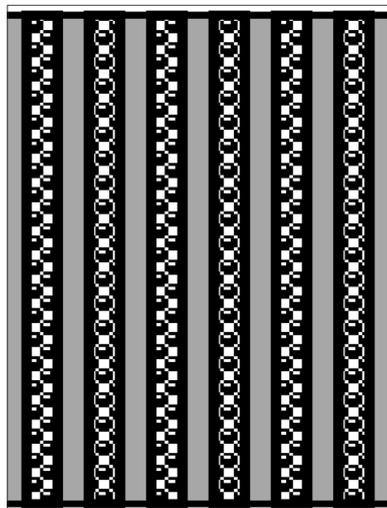


Fig. 1 - Reactor scale interpretative model: view

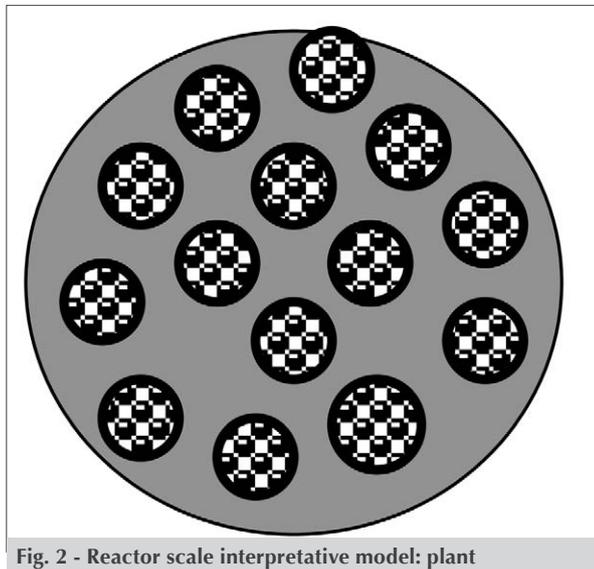


Fig. 2 - Reactor scale interpretative model: plant

cm. Reactor height and diameter range respectively from 1 to 10 m and from 1 to 5 m. The internal tube-monolith tolerance must be very small because it is relevant to ensure good heat transfer U to the cooling fluid. Channel shape, void fraction and material properties of the monolith ensure a significantly higher thermal conductivity compared with that of a packed bed. Catalyst is coated onto the surface of the metallic matrix or fills micro-channel as little pellets or structured bodies. In both cases, thank to short diffusion lengths, selectivity on heavy hydrocarbons is achieved [10, 31, 32]. Reactors with pellets or structured bodies inside have an higher volumetric density of the active phase than that of the reactors with “washcoated”. Then reactors with pellets or structured bodies present very higher productivity as long as they have an efficient system for the removal of the reaction heat. For this purpose a material with high thermal conductivity (like copper or aluminum), has to be used for tubes and monolith substrate. So radial heat transport can be more favorable and risk of thermal runaway and catalyst deactivation could be reduced [21].

Model structure

Dimensions of the micro-scale (cells) and of the macro-scale (monolith tube) differ by several orders of magnitude. By a mathematical continuous model we can consider mass conservation equations in a representative elementary volume (REV) V , where V is a volume that is large with respect to the cel-

ls dimension, but small compared to the dimensions of the monolith tube. In V we consider each fluid phase homogeneous and embedded within the honeycomb monolith. In order to use the infinitesimal analysis rules, generally V is dealt as an infinitesimal and indicated as δV , by supposing that all properties are continuous and derivable functions of V . By this way, on the basis of the divergence

theorem and some simple analysis rules, any conservation equation in the V space become a differential equation in the dV space. This approach uses a very punctual internal physical detail (“multiple gradient model”) with a scale smaller than original REV scale. Chosen a suitable number of points (“grid”), space derivatives are replaced by difference approximations on this point. The resulting nonlinear difference equations are solved by either fully implicit or semi-implicit techniques. Grid block has to be chosen to satisfy both numerical stability and internal physical detail. Numerical methods usually applied in space and time discretization are orthogonal collocation, orthogonal collocation on finite elements, Galerkin finite elements. All these numerical methods are normally unbounded, which means that unphysical oscillations can appear in the computed solution, with numerical dispersion of temperature and concentration profiles. A number of developed discretization methods claims to be able to minimize these effects [33-37]. We prefer to use lumped equations directly, without converting them into differential equations and choosing the grid (each V size) on the basis of geometrical and structural details that are effectively known. By this way mass conservation equation for a component i becomes an algebraic equation.

Model formulation

Reactor is described by an interpretative model (Fig. 1, 2) based on different description levels for its four

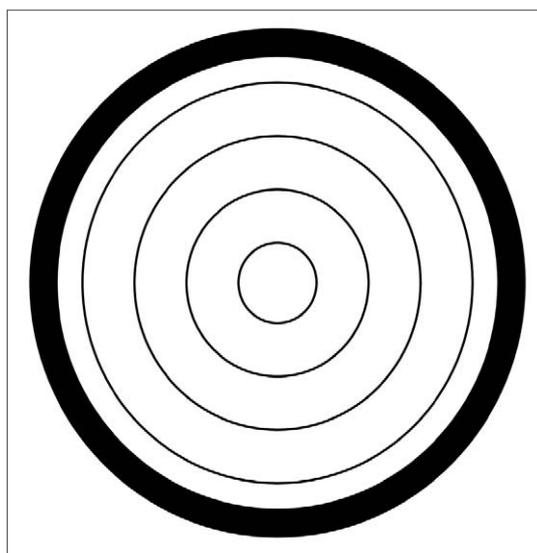


Fig. 3 - Reactor scale interpretative model: macro-channels

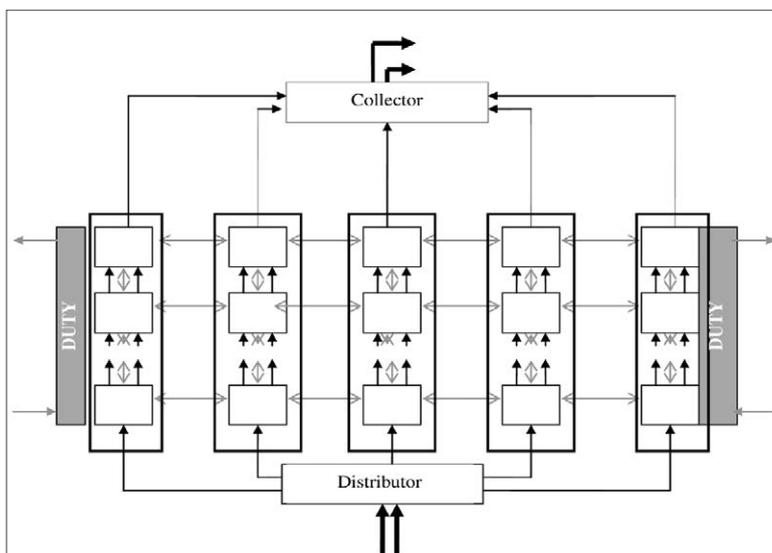


Fig. 4 - Monolithic reactor scale interpretative model (5 macro-channels)

fundamental macroscopic elements (full reactor, monolith tube, monolith macro-channels and “cells”).

At reactor scale, model is formulated as N_{MON} parallel tubes all interacting with a refrigerant fluid.

Thank to tubular monolith azimuthal symmetry, in each tube, behavior of each monolith channel along a radius is invariant with the radius we consider. Then, at monolith tube scale, model can be formulated as N_{CHAN} concentric annular macro-channels (Fig. 3), where each macro-channel i , between radius r_{i-1} and radius r_i , contains:

$$NF_{CHAN,i}^{\circ} = NF_{CHAN} \{(r_i/r_0)^2 - [(r_{i-1})/r_0]^2\}$$

physical channel, being NF_{CHAN} the total channel number contained in each tubular monolith and r_0 the tubular monolith radius.

Global flow F of the gas and liquid streams fed to the monolithic reactor is partitioned among N_{MON} equal streams to each monolith tube, with F/N_{MON} rate; each of these streams are then partitioned among N_{CHAN} streams to each concentric annular macro-channel; each stream rate is proportional to the corresponding annular section area.

By our approach [38] axial mixing effect in each annular macro-channel is described by partitioning the channel in a suitable number of “cells” (grid elements) in cascade. NP grid elements number is chosen on the basis of longitudinal Peclet values and geometrical and structural details [29]. To distinguish between

the two phases (gas and liquid) axial mixing, we introduce, for each phase, a different back flow. We neglect radial gradients and consider bubble composition in each “cell” as uniform.

The monolithic reactor interpretative model corresponds to the one of a single monolith tube (Fig. 4) fed by a flow with rate $F_{MON} = F/N_{MON}$.

By a “distributor” we divide this flow among N_{CHAN} flows to the macro-channels, where the i^{th} macro-channel fed rate is

$$F_{CHAN,i}^r = F/N_{MON} \{(r_i/r_0)^2 - [(r_{i-1})/r_0]^2\}$$

By a “collector” we collect all the N_{CHAN} streams $q_{CHAN,i}^r$ coming out in one monolith tube stream $q_{MON} = \sum_i q_{CHAN,i}^r$. Flow rate from the reactor is equal to $q = N_{MON} q_{MON}$.

At grid element (“cells”) scale we introduce the following main hypothesis:

- mass transport between fluid phases and liquid-solid phases is described by a transfer-based model, with reference to a film model, where molar fluxes are calculated by the Maxwell-Stefan equations [29];
- vapor phase doesn't exchange with solid phase;
- active catalytic sites are present just on the catalyst surface.

On the basis of these hypothesis the grid single element model depends on the following $6N_{CP} + 9 + N_{RB}$ variables according to Tab. 1, being:

Name	Description	Number
$x=x_i, i=1, N_{cp}$	Liquid molar fractions	N_{cp}
$y=y_i, i=1, N_{cp}$	Vapour molar fractions	N_{cp}
T	Temperature [K]	1
V	Vapour molar rate [Kmol/h]	1
L	Liquid molar rate [Kmol/h]	1
$x_s=x_{s_i}, i=1, N_{cp}$	Surface catalyst molar fractions	N_{cp}
P	Pressure [atm]	1
TUY	Duty temperature [K]	1
E_B	Enhancement factor of equilibrium reactions [Kmol/h]	NRB
$xy^l=xy^l_i, i=1, N_{cp}$	Liquid molar fractions on LV interface, liquid side	N_{cp}
$yx^l=yx^l_i, i=1, N_{cp}$	Vapour molar fractions on VL interface, vapour side	N_{cp}
Φ^{tLV}	Total mass transfer rate on LV interface, liquid side [Kmol/h]	1
Φ^{tLS}	Total mass transfer rate on LS interface, liquid side [Kmol/h]	1
Φ^{tVL}	Total mass transfer rate on LV interface, vapour side [Kmol/h]	1
$xxs^l=xxs^l_i, i=1, N_{cp}$	Liquid molar fractions on LS interface, solid side	N_{cp}
T^s	Solid phase temperature [K]	1

Tab. 1 - Model variables

N_{cp} : chemical component number

N_{RB} : number of enhancement factor of equilibrium reactions.

The grid single element model is implemented by the mathematical formulation of $6N_{cp}+9+NRB$ statements (Tab. 2), where multicomponent Maxwell-Stefan mass transfer flux values $\Phi^{LV}_i, \Phi^{VL}_i, \Phi^{LS}_i$ can be obtained by solving Maxwell-Stefan equations, with reference to a film model [51].

In particular, in equation 18 (Tab. 2), radial heat transfer rate at monolith radius r is estimated by

$$2\pi k_{e,r}(1-\varepsilon)\Delta z[(T_r^s + \Delta r - T_r^s)/\ln r/(r+\Delta r)]$$

and axial heat transfer rate at monolith height z is estimated by

$$S(1-\varepsilon)k_{e,z}[(T_z^s - T_z^s + \Delta z)/\Delta z]$$

being

$k_{e,r}$: matrix effective radial thermal conductivity

ε : matrix void fraction

Δz : "cell" axial dimension

Δr : "cell" radial dimension

r : radial coordinate

T^s : solid phase absolute temperature

$k_{e,z}$: matrix effective axial thermal conductivity.

Formulation and numerical solution behavior of the monolith model benefit from equation oriented architecture of the simulator [38-43].

Model application and sensitivity evidence

A multi-tubular monolithic reactor is of industrial practical interest for the Fischer-Tropsch reaction just if its productivity is very higher than the traditional slurry or fixed bed reactors, so, with the same production, reactor has very smaller dimension [30]. This condition can justify the very high investment for this quite new technology.

We tested our model on an externally cooled monolith mono-tubular cylindrical reactor made of aluminium, where reactor design and operational conditions are reported in Tab. 3 and are quite similar to those described in an international patent [30]. As suggested in this patent, in order to have an appreciable productivity, channels are filled with catalytic particles packed with cobalt supported on alumina having an external diameter of 500 μm [30]. Catalyst body dimension has to be quite small to reduce intra-particle mass transfer resistance, responsible for a low activity and selectivity, but not too small to avoid large pressure drop. "Washcoated" monolithic catalysts (channels coated with a layer of catalyst) are less promising because require larger



Description	Number
1) Component material balances in vapour phase	Ncp
2) Component material balances in all phases	Ncp
3) Sum equations for x-y	1
4) Energy balance for fluid phases	1
5) Global material balance in all phases	1
6) Sum equations for xy ^l	1
7) No solid intra-phase resistance: xsi= xs ^l	Ncp
8) Energy balance on Duty	1
9) Momentum balance	1
10) Chemical equilibrium relations	N _{RB}
11) LV Inter-phase Equilibrium relations	Ncp
12) Continuity on LV inter-phase fluxes: $\Phi^{LV_i}=\Phi^{V_i}$, $i(\neq\Lambda)=1,Ncp$	Ncp-1
13) Sum equations for yx ^l	1
14) Continuity on LS inter-phase total: $\Phi^{LS}=R_i$	1
15) Continuity on LV inter-phase total flux: $\Phi^{LV}=\Phi^{VL}$	1
16) Continuity on LS inter-phase fluxes: $\Phi^{LS_i}=R_i$, $i(\neq\Lambda)=1,Ncp$	Ncp-1
17) Sum equations for xxsl	1
18) Energy balance for solid phase	1

Tab. 2 - Mathematical model statements

volumes in order to have an appreciable production. Catalyst thermal conductivity is neglected. Effective matrix axial thermal conductivity $k_{e,z}$ is supposed equal to metal thermal conductivity k corrected by matrix void fraction; effective matrix radial thermal conductivity $k_{e,r}$ is calculated by a predictive equation [26, 44].

We have gotten chemical-physical and kinetic equations from literature correlations, as reported in Tab. 4.

Kinetic model based on detailed mechanism explaining the synthesis of each product through the evolution of reaction intermediates and adsorbed species [45] are very useful for the analysis and development of the process where a correct prediction of the experimental product distribution is fundamental. For a thermal analysis we prefer

to use a simplified model with hydrocarbons and alcohols distribution determined by the ASF model.

The reactor model provides the following results in good agreement with the reference example (see Tab. 3).

Thanks to the pellet catalyst dimension less than 1 mm we obtain an acceptable pressure drop, less than 0.6 atm/m. So, being the removal of reaction heat efficient, thanks to the conductive monolithic structure, and a very elevated values assigned to the parameter U and to the thermal conductivity k , the quantities of catalyst

per reactor's volume unit allow to reach a total specific productivity of about 290 kg/h/m³ similar to the value reported in the cited patent [30], very higher

	Our simulation	Patent [30]
Void fraction	0.57	0.57
Pellets external diameter	0.5 mm	0.5 mm
Catalyst volume	550 cm ³	?
Monolith tube length	3 m	1 m
Monolith tube diameter	2.54 cm	2.54 cm
Channel diameter	0.5 cm	0.5 cm
Metal thermal conductivity k	175 kcal/m/h/K	100-400 W/m/h
Heat transfer to the cooling fluid U	600 kcal/h/m ² /K	?
Pressure	20 bar	20 bar
H ₂ /CO feed molar ratio	2.1	2.1
Evaporating water temperature	215 °C	228 °C
Feed rate	3.2 Nm ³ /h	?
Specific feed rate	3050 Ncm ³ /h/g cat	5000 Ncm ³ /h/g cat
Feed temperature	200 °C	228 °C
Pressure drop	0.6 atm/m	0.7 atm/m
Productivity	285 kg/h/m ³	264 kg/h/m ³

Tab. 3 - Reactor design, operational conditions and performance

Fugacity coefficients	Redlich-Kwong-Soave [51] with modified Huron-Vidal mixing rules [52]
Standard fugacity	Virial equation of state [53]
Vapour pressure	Riedel equation [54]
Liquid and vapour viscosity	Dean and Stiel correlation [55]
Surface tension	Macleod-Sugden correlation [56, 57]
Vapour binary diffusion coefficients	Chapman-Eskog theory [58]
Liquid binary diffusion coefficients	Scheibel-Vignes correlations [59, 60]
Enthalpy	Redlich-Kwong-Soave [51] with modified Huron-Vidal mixing rules [52]
Vaporization heat	Watson method [61]
Kinetic equation for the conversion of CO and H ₂	Yates model [62]

Tab. 4 - Chemical-physical and kinetic correlations

than the traditional slurry or fixed bed reactors. At design conditions, radial temperature profile is rather flat, thank to elevated thermal conductivity; high hot spots are avoided in longitudinal temperature profiles as show in Fig. 5 where the abscissa values represent the grid number, being 1 the inlet cell. In Fig. 6 are reported the conversion rate profiles of H₂. H₂ conversion is higher at the reactor wall than

along the axis, thank to the increasing selectivity to heavier hydrocarbons with temperature drop. However we must pay some attention to the H₂ conversion steep ascent.

A fundamental condition for a feasible industrial plant scale development concerns the reactor stability and then its "controllability". In fact, since a monolithic Fischer-Tropsch reactor is a rather new solution for Fischer-Tropsch synthesis [50], not very large knowledge exists on the operational behavior of the system. Therefore a controllability analysis has priority in the development of the reactor system, especially if they should operate on board ships, as suggest in the cited patent [30].

Monolithic reactors with metallic matrix where highly exothermic reactions take place are in effect "complex systems", i.e. systems that, for their high non linearity, may have unexpected and not trivial model behavior [46, 47].

Rather recent practical experience with monolithic reactors and their degree of complexity require great experimental and theoretical efforts to investigate their behavior.

In traditional fixed bed reactors where longitudinal and radial dispersion are present, in particular when fluids flow upstream, multiple steady states can exist, even if, in general, design parameter values can produce a stable steady-state condition.

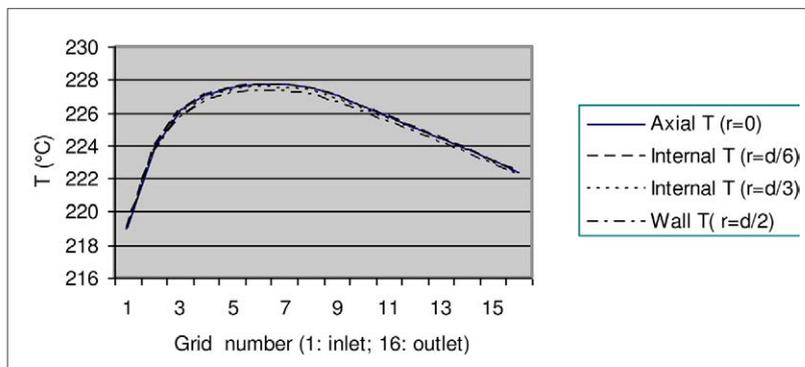


Fig. 5 - T longitudinal profile at design condition (4 radial positions)

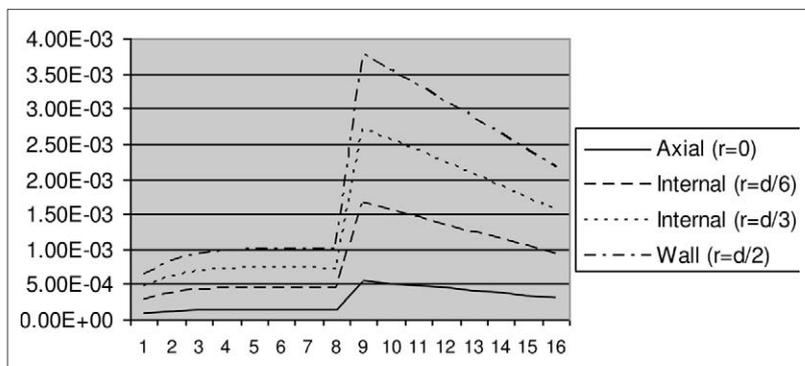
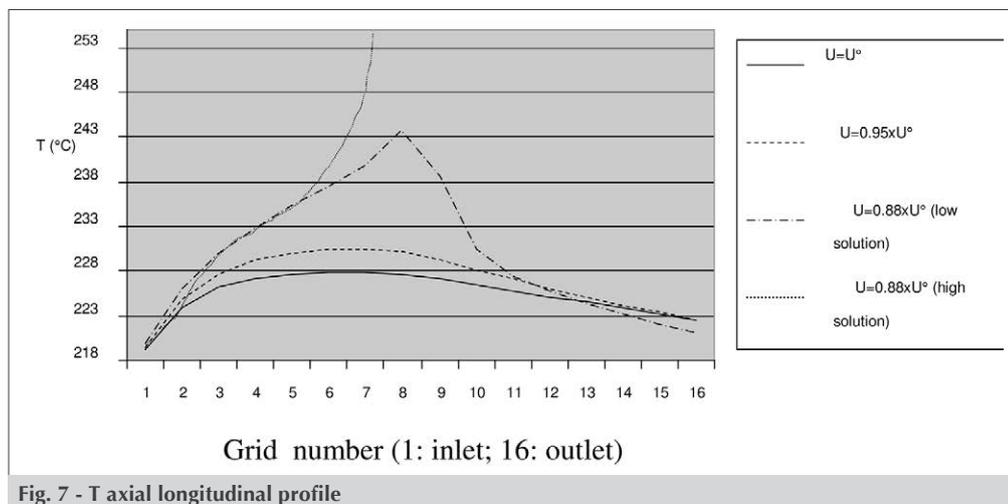


Fig. 6 - Longitudinal profile of hydrogen conversion rate at design condition (4 radial positions)



design values:

- wall heat transfer coefficient U , i.e. heat exchange coefficient in the clearance between the monolith external wall and the internal monolith tube wall ("gap" [26]);
- matrix metal thermal conductivity k .

If we reduce design value U° (600 kcal/h/m²/K) of the "gap" U by 5% and by 12% (both values

Honeycomb monolithic structure with small packed or structured bodies of catalytic material assures that in the channels there is a stable laminar flow with flat velocity profile. So, material dispersion is negligible and we can assume a plug flow inside the channels. Moreover, being the matrix thermal conductivity very high, radial temperature gradients are quite absent (Fig. 5), except very near the walls. So reactor behavior, except for the effects of longitudinal thermal conduction, can be described with a plug flow model [10]. It is easy to show that in plug flow reactors only unique steady state profiles are possible, but, with particular system parameter values, these profiles can be surprisingly sensitive; on the contrary, the cited patent [30] seems to avoid this situation.

However the problem requires further analysis. In fact Fischer-Tropsch synthesis is carried out in a three-phase system with quite complex kinetics; here matrix heat conductivity could allow a heat back-flow, with a true heat diffusion effect, from the hot reactor section to the feed section, where, owing to the H₂ high concentration and high diffusivity, the reaction velocity can greatly increase. So a new "attractor" could be present for monolithic dynamic system [39], corresponding, in a steady state condition, to an instability [48, 49] with a very difficult reactor control. Fortunately, even if the high productivity and the unavoidable heat transfer resistance on the monolith external surface could give rise to a parametric sensitivity to a small perturbations, the same thermal metallic conductivity, for suitable values, should contrast this situation by a heat axial forward-flow and a large heat radial flow.

To verify previous theoretical analysis, we have slightly modified two parameters with respect to their

below the design precision) we obtain the respective changes in axial longitudinal temperature profiles reported in Fig. 7.

These preliminary results show that a monolithic reactor performing the Fischer-Tropsch synthesis is sensitive with respect to the external heat-exchange coefficient U , when the reactor is designed to have a productivity of industrial practical interest with respect to the traditional reactors. Evolution from low to high solution, for $U=0.88xU^\circ$, cannot be analyzed by a steady state approach.

Just with very large, unrealistic, matrix metal thermal conductivity values $k=2k^\circ$ (being $k^\circ=175$ kcal/m/h/K aluminium thermal conductivity) sensitivity disappears (Fig. 8).

Very large (unrealistic) heat transfer areas* and/or conductivity are necessary to guarantee state unicity and stability. State multiplicity disappears in this case, but oscillations can occur [50].

Alternatively, a very efficient control structure have to be designed to stabilize the unstable operating points. This goal requires detailed dynamic models.

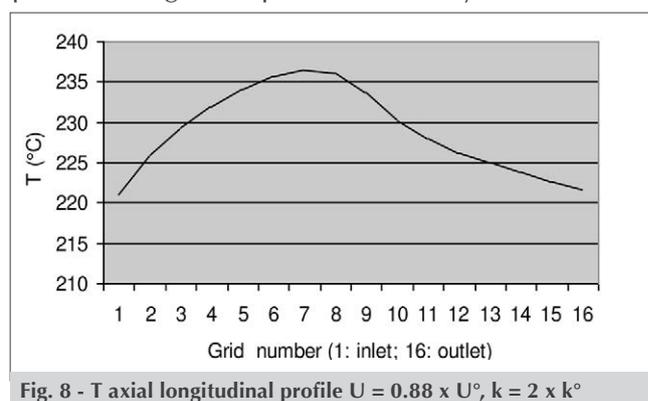


Fig. 8 - T axial longitudinal profile $U = 0.88 \times U^\circ$, $k = 2 \times k^\circ$

Conclusions

At first glance, there could appear to be little reason to include time dependence in a model when only steady states are of interest; so we have developed a detailed and general steady state mathematical model of a three-phases FT monolithic reactor implemented in an equation oriented simulator.

By this model we have simulated behavior of a pilot scale reactor like that described in a patent [30], obtaining similar results. But, on the basis of this analysis, it seems that high productivity FT monolithic reactors could work in a sensitive regime that should require a very efficient control system. So both our simulation results as other works [50] suggest that should be essential to develop not only steady state mathematical models, but dynamic models too, to perform rational and reliable scale-up, design and management of a high productivity FT monolithic reactor. In our opinion, until now this feature has been a little underestimated.

Acknowledgments

The author appreciate the supports from TECNOP/Upstream and Technical Services Renewable Energy & Environmental R&D Eni SpA, Novara, Italy.

References

- [1] E. Tronconi, The support of academic research to the development of new sustainable technologies, Workshop on Technology Transfer, Milano, 2008, July 16th.
- [2] M.E. Dry *et al.*, Status report #4 to Sasol on Cobalt-based Fischer-Tropsch synthesis, 2001.
- [3] M.E. Dry *et al.*, Status report #6 to Sasol on Cobalt-based Fischer-Tropsch synthesis, 2001.
- [4] M.E. Dry *et al.*, Status report #5 to Sasol on Cobalt-based Fischer-Tropsch synthesis, 2001.
- [5] S. Saeidi *et al.*, *Rev. Chem. Eng.*, 2015, **31**, 209.
- [6] R.M. de Deugd *et al.*, *Catalysis Today*, 2003, **79-80**, 495.
- [7] W. Wei Liu *et al.*, *Catalysis Today*, 2009, **140**, 142.
- [8] S. Roy *et al.*, *AIChE J*, 2004, **50**(11), 2918.
- [9] R. Guettel, T. Turek, *Chem. Eng. Sci.*, 2009, **64**, 955.
- [10] R.M. de Deugd *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, 2003, **58**, 583.
- [11] A. Cybulski, J.A. Moulijn, *Structured Catalysis and Reactors*, New York: M. Dekker, 1998.
- [12] S. Tischer *et al.*, *Catalysis Today*, 2001, **69**, 57.
- [13] S. Tischer, O. Deutschmann, *Catalysis Today*, 2005, **105**, 407.
- [14] P. Kočí *et al.*, *Chem. Eng. J.*, 2004, **97**, 131.
- [15] G.N. Pontikakis *et al.*, *J. Eng. for Gas Turbines and Power*, 2004, **126**(4), 906.
- [16] K. Ramanathan *et al.*, *AIChE Journal*, 2006, **52**, 1623.
- [17] V. Ragaini *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, 1980, **35**, 2311.
- [18] G.J. Heynderickx *et al.*, *AIChE Journal*, 1991, **37**, 1354.
- [19] G. Groppi, E. Tronconi, *Catalysis Today*, 2005, **105**, 297.
- [20] G. Arzamendi *et al.*, *The Chemical Engineering Journal*, 2009, **154**(1-3), 168.
- [21] C. Cao *et al.*, *Catalysis Today*, 2009, **140**, 149.
- [22] M. Sudiro *et al.*, Simulation of a structured catalytic reactor for exothermic methanation reactions producing synthetic natural gas, 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering - ESCAPE20, 2010.
- [23] A. Zamaniyan *et al.*, *Appl. Catal.*, 2010, **385**, 214.
- [24] F. Kapteijn *et al.*, *Catalysis Today*, 2001, **66**, 133.
- [25] T. Bauer *et al.*, *Chemical Engineering Research and Design*, 2005, **83**, 811.
- [26] C.G. Visconti *et al.*, *Chemical Engineering Journal*, 2011, **171**, 1294.
- [27] J. Chen *et al.*, *Applied Catalysis*, 2008, **345**(1), 1.
- [28] N. Nair, A Computationally Efficient Model for the Simulation of Catalytic Monolith Reactors with Detailed Chemistry, Thesis, The Ohio State University, 2013.
- [29] G. Pagani *et al.*, *Comput. Chem. Engng.*, 2001, **25**, 1493.
- [30] *WO Pat.*, 130399, 2010.
- [31] A.-M. Hilmen *et al.*, *Catalysis Today*, 2001, **69**, 227.
- [32] M.T. Kreutzer *et al.*, *Chem. Eng. Sci.*, 2003, **58**, 583.
- [33] M.R. Todd *et al.*, *Soc. Pet. Eng. J.*, 1972, **12**, 515.
- [34] I.J. Taggart, W.V. Pinczewski, *Soc. Pet. Eng. J.*, 1987, **2**(3), 360.
- [35] A. Harten *et al.*, *Journal of Computational*



- Physics*, 1987, **71**, 231.
- [36] M.S. Darwish, F.H. Moukalled, *Numerical Heat Transfer Part B: Fundamentals*, 1994, **26**, 79.
- [37] T. Arbogast, M.F. Wheeler, *SIAM Journal on Numerical analysis*, 1995, **32**, 404.
- [38] G. Pagani, A. d'Arminio Monforte, *Ing. Chim. Ital.*, 1985, **21**, 13.
- [39] G. Pagani, A. d'Arminio Monforte, Some experience with the Montedison Equation Oriented Simulator, CEF 87, Taormina, Italy 1987, April, 26-30, 399.
- [40] G. Pagani *et al.*, CHEOPE: An Equation Oriented Package for Design and Optimization of Chemical Processes,ACHEMA 88, Frankfurt, Germany, 1988, June, 5-11.
- [41] G. Pagani *et al.*, *Comput.Chem.Engng.*, 1989, **13**, 931.
- [42] G. Pagani, A. de Mitri, Chemical Process Design by an Equation Oriented Approach, IV IMSL User Group Europe Conference, Paris, France 1991, April, 17-19.
- [43] G. Pagani *et al.*, *Trends in Chemical Engineering*, India, 1993, **1**, 37.
- [44] G. Groppi, E. Tronconi, *AIChE J.*, 1996, **42**, 2382.
- [45] G. Pagani *et al.*, Fischer-Tropsch Slurry Reactor Model Based on Kinetics Described by Elementary Reactions Mechanism. Internal Eni Report, 2009.
- [46] C.S. Bertuglia, C. Vaio, *Complessità e modelli*, Bollati Boringhieri, Torino, 2011.
- [47] G. Pagani, *Sistemi Complessi*, Il mio libro publisher, Italy, 2014.
- [48] M. Dente *et al.*, *Ing. Chim. It.*, 1968, **4**, 21.
- [49] D. Perlmutter, *Stability of Chemical Reactors*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1972.
- [50] M. Lumluksanaphai boon *et al.*, Nonlinear approach to design of monolithic loop reactor for Fischer-Tropsch synthesis, European Symposium on Computer-Aided Process Engineering-15, 38th, 2005, **20**, 769.
- [51] G. Soave, *Chem. Eng. Sci.*, 1972, **27**(6), 1197.
- [52] M.J. Huron, J. Vidal, *Fluid Phase Equilibria*, 1979, **3**, 255.
- [53] J.G. Hayden, J.P. O'Connell, *Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev.*, 1975, **14**, 209.
- [54] L. Riedel, *Chem. Ing. Tech.*, 1954, **26**, 83
- [55] D.E. Dean, L.L. Stiel, *AIChE. Journal*, 1965, **11**, 526.
- [56] D.B. Macleod, *Trans. Faraday Soc.*, 1923, **19**, 38.
- [57] S. Sugden, *J. Chem. Soc.*, 1924, **125**, 32.
- [58] R.C. Reid *et al.*, *The Properties of Gases and Fluids*, 2th Ed., Mc-Graw Hill, New York, 1988.
- [59] E.G. Scheibel, *Ind. Eng. Chem.*, 1954, **46**(9), 2007.
- [60] A. Vignes, *Ind. Eng. Chem. Fundamentals*, 1966, **5**, 189.
- [61] K.M. Watson, *Ind. Eng. Chem.*, 1943, **35**, 398.
- [62] I.C. Yates, C.N. Satterfield, *Energy & Fuels*, 1991, **5**, 168.

Sintesi di Fischer-Tropsch intensificata da un reattore monolitico

Viene simulato, mediante un modello stazionario eterogeneo con dispersione assiale, un reattore pilota monolitico per la sintesi Fischer; il trasporto di materia viene descritto mediante un modello a film basato sulle equazioni di Maxwell-Stefan. Il modello mostra che un reattore monolitico per la sintesi Fischer-Tropsch può risultare notevolmente sensibile rispetto ad alcuni parametri di conduzione e/o di progetto; in particolare, per una produttività di interesse industriale, il reattore può presentare più stati stazionari di funzionamento. Solo un valore molto elevato, in pratica non realizzabile, della conduttività termica della matrice metallica può assicurare unicità di funzionamento e stabilità; altrimenti il reattore potrebbe presentare difficoltà di controllo. In molti lavori dove vengono proposti reattori monolitici per la realizzazione su scala industriale del processo Fischer-Tropsch viene trascurata l'analisi di stabilità degli stessi benché questo sia un problema fondamentale per un "intensified process". In base al nostro modello, un reattore multi-tubolare caricato con catalizzatore strutturato washcoated risulta stabile; tuttavia, quando i canali sono invece riempiti, allo scopo di ottenere una produttività di interesse industriale, con catalizzatore in pellet, il modello evidenzia un pericoloso hot-spot nel profilo assiale di temperatura.



FRANCO ALHAIQUE*, ROSARIO NICOLETTI, LUIGI CAMPANELLA
ROMUALDO CAPUTO, DOMENICO MISITI, GIANFRANCO SCORRANO
GRUPPO SENIOR
SOCIETÀ CHIMICA ITALIANA, ROMA
*FRANCO.ALHAIQUE@UNIROMA1.IT

LA CHIMICA NELLO SPORT - PARTE 2: NUOVI MATERIALI E ATTREZZATURE SPORTIVE

I materiali utilizzati per la fabbricazione di attrezzi sportivi hanno subito profondi mutamenti attraverso i secoli. Dalle materie prime di origine naturale, legno, spago, intestino, vescica, pelo di animali o caucciù, si è passati, con il moderno sviluppo della chimica, ai polimeri e ai materiali compositi ad alta tecnologia.



In una precedente nota [1] abbiamo provato a illustrare quanto la chimica e la biochimica siano presenti nel mondo dello sport ove forniscono conoscenze e mezzi per la corretta alimentazione degli atleti, nonché strumenti per contrastare la piaga del “doping”, vero e proprio innesto criminale sull’albero della scienza. In questa nota ci occupiamo, invece, del contributo che la chimica ha dato e continua a dare alle diverse discipline sportive attraverso la messa a punto di nuovi materiali tecnologici e il loro utilizzo nell’attrezzatura degli atleti, dall’abbigliamento agli attrezzi veri e propri che si usano nelle singole discipline.

In un passato non tanto remoto, ferro, legno, pelle, cotone, seta e poche altre materie prime, che potremmo raggruppare come “disponibili in natura”, costituivano l’armamentario per la fabbricazione degli attrezzi sportivi e di ogni altro accessorio ne-

cessario alla pratica dei diversi generi di sport. Ma negli ultimi anni una vera e propria rivoluzione, resa possibile dalla ricerca chimica su nuovi materiali, ha fatto diventare obsoleta, mandandola definitivamente in pensione, la gran parte dei materiali tradizionali.

I “nanomateriali”, ormai utilizzati in moltissimi e vasti settori della tecnologia, sono stati i veri protagonisti di tale rivoluzione. La definizione di nanomateriale della Commissione Europea (18 ottobre 2011) è di: “un materiale naturale, derivato o fabbricato contenente particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, e in cui, per almeno il 50% delle particelle nella distribuzione dimensionale numerica, una o più dimensioni esterne siano comprese fra 1 nm e 100 nm” (1-100 miliardesimi di metro)”. In questi materiali un elevato rapporto tra superficie e volume comporta proprietà nuove



che possono essere sfruttate in molti campi, compresi quelli che riguardano la costruzione degli attrezzi sportivi.

Giusto per fare qualche esempio, nanotubi di carbonio, inseriti nel telaio delle racchette da tennis, ne migliorano notevolmente le prestazioni alleggerendone il peso, incrementandone l'elasticità e rendendo più salda e gradevole la presa dell'impugnatura. Nanoparticelle di argilla, adsorbite sulla superficie delle palle da tennis, ne migliorano le prestazioni e ne prolungano la durata rallentando, fra l'altro, la fuoriuscita di aria durante il gioco. Nanoparticelle di diversa natura sono utilizzate per alleggerire il peso delle imbarcazioni da competizione e per diminuirne la resistenza all'acqua. Formulazioni a base di liposomi (nanovesicole utilizzate prevalentemente in campo cosmetico e medico) possono essere vaporizzate all'interno degli indumenti degli atleti consentendo un rilascio prolungato di particolari sostanze, come la carnosina, che permettono un più rapido recupero muscolare dopo un'attività sportiva prolungata. Per limitare gli inconvenienti dovuti all'eccessiva sudorazione e alle infezioni fungine legate all'attività sportiva, nanoparticelle contenenti argento, ossido di titanio e ossido di zinco sono inserite nella trama dei tessuti dell'abbigliamento, così come nei materiali polimerici utilizzati per le scarpe. Fibre sintetiche e naturali trattate con ossidi metallici nanostrutturati sono utilizzate per confezionare maglie capaci di proteggere dalle radiazioni UV, quando l'attività sportiva viene esercitata all'aperto. Se poi la caratteristica di "nano" si riferisce ad una sola dimensione del materiale, come ad esempio nel caso di uno spessore di dimensioni "nano" rispetto a una superficie o una lunghezza "macro", allora le applicazioni nel settore dello sport sono ancora più ampie e vanno dai "nanofilm", per la copertura dei pavimenti per le attività "indoor" o dei sedili "outdoor" degli stadi, alle "nanofibre" che conferiscono idrorepellenza e regolano la traspirazione dei tessuti per l'abbigliamento, così come dei costumi per il nuoto.

I "materiali compositi" derivano dall'associazione tra fibra e resina: lo stesso legno può essere visto (anche se in maniera un po' semplicistica) come un composito costituito da fibre di cellulosa tenute insieme da un polimero, la lignina. La cellulosa è

di per sé un polimero del glucosio, in cui i residui monomerici sono tra loro legati in modo da ottenere delle lunghe catene che si affiancano l'una all'altra tenendosi insieme attraverso legami idrogeno e danno luogo a delle fibre. La lignina può essere invece vista come una resina polimerica formata da unità a scheletro fenilpropanico. A differenza di quanto accade per i nuovi materiali sintetici, lignina e cellulosa interagiscono - direttamente o attraverso altri polisaccaridi - scambiandosi legami chimici. Una caratteristica importante dei compositi nei quali è presente un componente fibroso è quella di avere proprietà anisotrope, caratteristica che può essere vantaggiosamente sfruttata, come del resto si fa con lo stesso legno.

Un "composito" noto sin dagli anni Cinquanta è la cosiddetta vetroresina: un materiale che può essere utilizzato per fabbricare chiglie di imbarcazioni o parti della carrozzeria di auto. Il vetro ha una curiosa caratteristica: quando viene filato con diametri inferiori ai dieci micrometri acquista proprietà meccaniche differenti da quelle del vetro in lastra; in particolare, diviene flessibile e presenta una notevole resistenza alla trazione. Così, può costituire il rinforzo di un materiale polimerico, ad esempio una resina poliestere o epossidica; il processo di fabbricazione è relativamente semplice, e lo si esegue con tecniche diverse iniettando, in uno stampo che contiene le fibre sotto forma di feltro, una miscela di sostanze adatte alla polimerizzazione mescolate al catalizzatore.

Ed era naturale che le diverse fibre offerte dagli sviluppi della ricerca chimica fossero proposte quali sostituti della fibra di vetro. Quest'ultima, in realtà, aveva il difetto di conferire al composito un peso specifico abbastanza alto: Kevlar® e fibre di carbonio sarebbero diventati, per la loro leggerezza e grande robustezza, i materiali adatti a quegli impieghi dove queste doti fossero maggiormente apprezzabili. Il kevlar è un polimero di condensazione tra acido ftalico e fenilendiammina: è quindi una poliammide, più specificamente una "aramide" (acronimo dall'inglese *ARomatic polyAMIDE*) che presenta analogie con un tipo di nylon. Si sono potute ottenere fibre di kevlar con una resistenza alla trazione cinque volte superiore a quella dell'acciaio. Questo materiale è impiegato in un gran numero di attrezzature, sportive e non, a cominciare

dai giubbetti antiproiettile, fatte con tessuti di kevlar. Ed è utilizzato nella costruzione delle canoe e delle pagaie, delle stecche da biliardo, delle corde di archi e balestre, come rinforzo delle mazze da hockey (la cui anima è in fibra di carbonio), nella cornice delle racchette per il badminton, tanto per citare alcuni esempi. Si tratta comunque di un materiale costoso, il cui impiego è in pratica riservato agli attrezzi utilizzati nelle competizioni: il brevetto risale al 1973.

Le fibre di carbonio hanno una storia un po' più complicata, essendo conosciute sin dagli anni Cinquanta: carbonizzando a 1.000 °C il rayon, una cellulosa rigenerata [2], Abbott ottenne una fibra carboniosa con buone doti di resistenza meccanica. Nel 1958 Roger Bacon creò la prima fibra di carbonio costituita da grafite quasi pura, molto simile per le caratteristiche alle fibre di oggi; il costo era però proibitivo. Si sono susseguiti molti altri tentativi, fino ad avere il processo oggi maggiormente utilizzato, che è quello dell'ossidazione e successiva pirolisi ad alta temperatura del poliacrilonitrile. Riscaldando questo materiale a 200-300 °C in presenza di aria si ha la ciclizzazione delle catene azotate con formazione di anelli tetraidropiridinici condensati. Il successivo riscaldamento a 2.000 °C porta ad una deidrogenazione ed eliminazione di azoto, con formazione della fibra a struttura grafiteca [3].



Le racchette da tennis, senza tema di smentita, rappresentano gli attrezzi sportivi che hanno subito negli ultimi quarant'anni una continua evoluzione pilotata dai progressi dei materiali innovativi. Fino agli anni Settanta il "fusto" della racchetta era di

legno di frassino, mentre le corde erano di budello animale. Si è cominciato con il sostituire (in verità con scarso successo) il legno con l'alluminio e, successivamente, l'avanzata dei materiali "compositi" ha dato il via ad una serie di soluzioni nuove che, tra l'altro, hanno determinato esse stesse dei decisi cambiamenti nello stile di gioco degli atleti. A partire dagli anni Ottanta ci fu la vera e propria svolta che toccò la forma stessa e la dimensione dei telai, con l'uso della vetroresina e poi della fibra di carbonio. I nuovi materiali, infatti, consentivano l'uso di racchette più grandi, ma allo stesso tempo più leggere, con indiscutibile vantaggio per i tennisti. Anche le corde furono sostituite da materiali sintetici che permettevano una maggiore tensione e, di conseguenza, un miglior controllo della palla.



Nel 1985 la Federazione Internazionale di Wimbledon stabilì che le dimensioni del piatto corde non debbano essere superiori a 140 pollici quadrati (larghezza 29,21 cm, lunghezza 39,37 cm, misurati all'interno del piatto corde, con una maggiorazione del 100% della superficie dell'ovale rispetto alle precedenti racchette di legno). Nessun fabbricante, tuttavia, si è finora spinto oltre il 60% di maggiorazione, a causa dei problemi di controllo della palla (il cosiddetto effetto fionda) che si incontra all'aumentare della superficie dell'ovale. È stato anche stabilito che la lunghezza della racchetta non debba superare i 32 pollici (81,28 cm). L'ingresso dei nuovi telai, con differenti caratteristiche tecniche, ovvero la "risposta" sul control-



lo della palla, ha via via indotto tecnici e atleti a modificare abbastanza profondamente le tecniche del gioco. A partire dagli anni Novanta, infatti, si è imposto un “nuovo tennis”, nel quale viene privilegiato il gioco dal fondo, potente e atletico, abbandonando quello fatto di volée e di colpi indirizzati sottorete [4].

Altro esempio dell’irruzione dei nuovi materiali nello sport è dato dalla costruzione delle aste utilizzate per il salto in alto. Agli inizi del secolo scorso gli atleti usavano semplicemente un’asta di bambù. Già a partire dagli anni Trenta furono invece usate aste di metallo che rimasero attuali fino alle Olimpiadi di Roma (1960), quando furono utilizzate vittoriosamente per l’ultima volta. Dagli



anni Sessanta l’asta è costruita in fibra di vetro o di carbonio, materiale quest’ultimo che ha permesso agli atleti di raggiungere altezze quasi impensabili. L’attrezzo è di forma non cilindrica, come si sarebbe portati a pensare, ma leggermente conica: è infatti, per pochi millimetri, più larga alla base e più stretta in cima. Esistono aste di varie lunghezze, generalmente quelle tipiche utilizzate dagli atleti più forti sono lunghe dai 5,10 ai 5,30 metri e vengono impugnate con una delle due mani a pochi centimetri dalla loro estremità.

L’asta possiede un senso di piega, che le viene conferito in fase di costruzione, orientando in modo appropriato l’avvolgimento della fibra. Osservando attentamente questo attrezzo si può infatti notare che è leggermente curvo: questa curvatura, o “piega” come viene definita in ambito tecnico, deve essere rispettata al momento dello stacco, ovvero è

necessario spingere l’asta nella direzione della sua curvatura. In caso contrario l’integrità dell’asta è messa in serio pericolo ed è alto il rischio di rottura dell’attrezzo durante la fase di massima piega (che si raggiunge quando l’atleta è già in volo e all’inizio della fase di raccolta... da cui tanti spiacevoli incidenti).

Una caratteristica importante di un’asta è la “durezza”, ovvero la resistenza opposta alla flessione: più l’asta è dura, più spinta è in grado di restituire all’atleta, e quindi più questo può andare in alto. I valori tipici per questa grandezza sono attorno alle 200 libbre (circa 90 kg), ma un atleta di livello mondiale può arrivare ad usare aste di durezza fino a 220/230 libbre (più di 100 kg) [5].

Non è possibile trascurare, tra gli esempi di questa sia pur limitata rassegna, le applicazioni di materiali, innovativi e non, finalizzati al miglioramento delle prestazioni di quegli oggetti di forma più o meno sferica che, a seconda dello sport, prendono nomi e/o desinenze diverse: palla, pallina, bilia, boccia, pallone, ecc.

Dare calci a qualcosa che rotola è quasi istintivo e da sempre questo “gioco” è stato praticato usando un po’ di tutto: teschi umani, stracci riempiti di sughero o di peli di animali, vesciche di maiale, tanto per fare qualche esempio. Solo a metà Ottocento, al tempo cioè di Charles Goodyear, inventore del processo di vulcanizzazione della gomma naturale (1844), fu possibile ottenere una camera d’aria di gomma resistente da ricoprire poi con un involucro, costituito generalmente da 18 tasselli di cuoio cuciti tra loro. Bisogna però arrivare alla fine degli anni Cinquanta del secolo scorso per avere



dei palloni di materiale totalmente sintetico che con il tempo daranno luogo alla ben nota struttura, con 20 elementi esagonali bianchi e 12 superfici pentagonali nere, che ricorda quella del fullerene.

In tempi più recenti i tasselli si sono ridotti a 14 e poi a 8. Attualmente il pallone da calcio è costituito da uno strato più esterno in poliuretano (materiale ottenuto dalla reazione tra poliisocianati e polioli) o, meno frequentemente, in PVC (cloruro di polivinile).

Il rivestimento successivo, quello che conferisce le principali caratteristiche di rimbalzo e di "presa" da parte del portiere, è formato da fibre di poliestere e fibre di cellulosa (cotone), che spesso sono a loro volta strutturati in più strati. La camera d'aria centrale è generalmente ottenuta da una gomma butilica, cioè un polimero derivante da isobutene e isoprene. La stessa gomma butilica (o in alternativa il silicone), può essere utilizzata come valvola a tenuta d'aria necessaria sia per il gonfiaggio sia per il mantenimento della pressione all'interno del pallone stesso. Infine, le varie parti sopra descritte possono essere tenute insieme tramite un trattamento termico o utilizzando un collante a base di poliesteri o di Kevlar®.

Non è possibile terminare questo paragrafo dedicato principalmente al football ("soccer" per gli americani) senza fare un cenno anche al "CTRUS", un pallone supertecnologico trasparente non gonfiato con gas, ma dotato di uno scheletro interno che agisce da sostegno elastico, e altresì fornito di sensori che gli permettono di cambiare colore segnalando, di volta in volta, i fuori campo, il superamento della linea di porta e in genere le specifiche posizioni nell'area di gioco.

Passiamo ora dai palloni alle palline, in particolare quelle per il tennis da tavolo (*ping pong*). Si può dire che da sempre le palline da ping pong sono state fatte di cellulose, la prima materia plastica prodotta industrialmente, ottenuta a metà



Ottocento trattando la nitrocellulosa con canfora e alcol etilico come solvente. A tutt'oggi questo materiale è utilizzato ancora nelle competizioni sportive ufficiali. Solo da pochissimi anni (2014) la ITTF (*International Table Tennis Federation*) ha autorizzato per la fabbricazione delle palline l'utilizzo di diversi materiali polimerici con lo scopo, tra gli altri, di ridurre la velocità della pallina durante gli scambi tra i giocatori (anche per adeguarsi meglio alle esigenze delle riprese televisive) variandone leggermente anche le caratteristiche di elasticità [6, 7].

La Federazione internazionale, pur avendo definito alcune specifiche riguardo alle dimensioni (39,5-40,5 mm per la cellulose e 40,0-40,6 mm per le "poly balls"), alla durezza, al rimbalzo e ad altre proprietà meccaniche per le poly balls, non ha finora specificato quali materiali sia permesso utilizzare per la loro fabbricazione.

Quindi le aziende hanno proposto diversi tipi di polimeri, tra i quali: acetato di cellulosa, poliossimetilene, polietilene e polibutilene tereftalato, polietilene e polibutilene naftalato, ecc. di volta in volta con differenti agenti plasticizzanti.

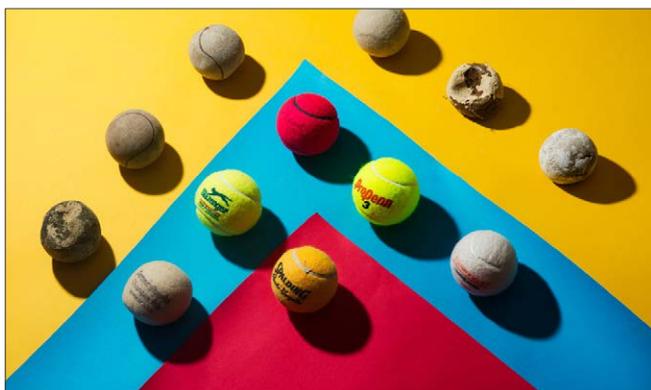
Lasciamo ora il tennis da tavolo e la questione che divide gli appassionati di questo sport, se cioè siano da preferire le "vecchie" palline di cellulose o quelle di nuova generazione, per parlare di un altro gioco molto popolare: il biliardo.

Secondo la FIBS (Federazione Italiana del Biliardo Sportivo), la nascita di questo gioco risale alla prima metà del XV secolo e, ovviamente, le bilie utilizzate per questa attività hanno subito nel tempo profonde modificazioni. Inizialmente fu il legno la materia prima prevalente per realizzare delle sfere lisce e resistenti, capaci di rotolare regolarmente su un terreno e poi sulla superficie di un tavolo che intorno all'Ottocento fu dotato di un pannello di copertura. Dopo il legno fu la volta dell'avorio, ovviamente molto più costoso, sostitu-



ito per i meno abbienti con l'argilla. La fragilità di quest'ultima portò comunque a rimpiazzarla con il più robusto "cemento magnesiaco", noto anche come "cemento di Sorel", ottenuto impastando l'ossido di magnesio con una soluzione concentrata del corrispondente cloruro. Dalla seconda metà del XIX secolo furono introdotte bilie compatte di celluloidi, sufficientemente resistenti agli urti e relativamente a buon mercato, ma purtroppo infiammabili. Più di recente le bilie sono state fabbricate con poliesteri, meno pregiati, e con le più ricercate resine fenoliche che garantiscono migliori prestazioni, anche per quanto riguarda la resistenza alle crepe e alle scheggiature. La prima resina fenolo-formaldeide fu ottenuta da Leo Bakeland nel 1906: successivamente miscelata con farina fossile, fu commercializzata con il nome di "bachelite" utilizzata ancora di recente per la fabbricazione di bilie di diverso tipo.

Se le palle da biliardo sono costituite fondamentalmente da un unico materiale, salvo la vernice utilizzata per colorarle, ben diversa è la struttura di una moderna pallina da golf. Anche in questo caso il primo materiale utilizzato fu il legno, seguito poi da un involucro di pelle riempito di piume e poi ricucito. A partire dalla metà del XIX secolo il materiale più utilizzato è stato la guttaperca, un lattice disseccato che si ottiene da varie specie di piante della famiglia delle Sapotacee, chimicamente un poliisoprene 1,4-*trans* (diversamente dal caucciù che è un poliisoprene 1,4-*cis*). Attualmente le palline da golf sono costituite da un nucleo centrale, che può essere un solido, un liquido oppure un gel, ricoperto da uno o più strati di materiali polimerici costituiti di gomma naturale o sintetica, di poliuretano, più morbido, o del più resistente Surlyn[®],



un copolimero termoplastico ottenuto dalla polimerizzazione di etilene con acido metacrilico. Le "fossette" che costellano la superficie delle palline hanno infine il solo scopo di migliorarne l'aerodinamicità.

Anche le bocce da bowling sono costituite da materiali diversi: un nucleo centrale, che ne aumenta il peso, fatto di grafite, metallo, leghe o ceramica, ricoperto con poliuretani, poliesteri, resine epossidiche. Questi polimeri di rivestimento sono spesso mescolati con particelle inerti (ad es., particelle di mica) che ne modificano la porosità e la capacità di adsorbire in superficie lubrificanti oleosi utilizzati per ottimizzare lo scivolamento della boccia sulla pista.

Le classiche bocce, più tradizionali nelle zone del centro-sud dell'Europa, sono molto spesso fatte di metallo (acciaio o bronzo) ma possono essere anche realizzate con materie plastiche del tipo di quelle sopra citate. Quasi sempre mostrano delle scanalature che ne migliorano il contatto con il terreno di gioco.

Avendo fatto riferimento all'evoluzione della racchetta da tennis, non possiamo fare a meno di raccontare qualcosa sulle palle utilizzate in questo sport e sui materiali che, nel tempo, si sono susseguiti per la loro realizzazione.

Sebbene il gioco del tennis in un "campo" inizialmente erboso, come lo intendiamo noi oggi, nasca nella seconda metà dell'Ottocento, giochi simili risalgono a molti secoli prima. Le prime palle erano poco più che dei contenitori di pelle, o vesciche ricavate dalle interiora di animali, riempiti di materiali fra i più disparati: lana, segatura, stoffa, peli di animali ecc. Solo con la già ricordata invenzione di Goodyear fu possibile realizzare palle di gomma con aria pressurizzata all'interno che successivamente erano ricoperte con flanella o con un tessuto di lana parzialmente feltrato (melton).

Le successive modifiche chimiche nel trattamento della gomma e nei trattamenti di tipo tecnologico hanno consentito netti miglioramenti delle performance delle palle da tennis, ma lo schema base della loro fabbricazione è rimasto pressoché inalterato da molti decenni [8]. La gomma naturale è mescolata a nero di carbonio (nerofumo), zolfo, argilla, ossido di zinco e, per accelerare il processo di vulcanizzazione, piccole quantità di difenilgua-



nidina e *N*-cicloesil-2-benzotiazolo sulfenammide. La presenza di argilla ha anche la funzione, come già accennato, di ridurre al minimo le perdite di gas pressurizzato e di mantenere quindi inalterate le prestazioni delle palle per tempi più lunghi. Il materiale viene quindi estruso a caldo a formare lunghi cilindri poi frazionati in pezzi più piccoli che, con una pressa, sono modellati in forma emisferica. Le emisfere sono poi saldate a due a due con una soluzione di gomma vulcanizzata.

È interessante che il gas pressurizzato all'interno della palla può essere ottenuto sfruttando la reazione fra nitrito di sodio e cloruro di ammonio nella quale si sviluppa azoto, oppure con aria immessa dall'esterno, con opportune apparecchiature, durante la fase finale di assemblaggio. Infine le sfere sono trattate in superficie con una soluzione di gomma e coperte, ciascuna, con le due "linguette" di feltro (lana con o senza aggiunta di fibra sintetica) sagomate in maniera da ricoprire la palla e darle l'aspetto esterno che ben conosciamo.

In coda a questo paragrafo dedicato al tennis, ricordiamo brevemente un altro sport che si gioca con una racchetta, il badminton che, pur poco praticato in Italia, ha fatto il suo ingresso ufficiale anche alle Olimpiadi (Barcellona 1992). Per il volano (in inglese "shuttlecock" per il suo andare avanti e indietro e per le penne che porta applicate) c'è ancora oggi pochissima "chimica": infatti, esso ha un nucleo di sughero ricoperto di cuoio, che può essere sostituito da materiali plastici di varia natura, sul quale sono fissate 16 penne che ne regolano l'aerodinamicità e l'orientamento. Le penne sono tuttora di origine naturale (generalmente di oca) ma possono essere sostituite da materiale sintetico, più comune il nylon.



Per finire, non possiamo dimenticare che un settore nel quale è intervenuta continuamente la chimica, intrecciandosi con la ricerca tecnologica, quello della produzione degli pneumatici. Questi hanno permesso un salto di qualità nei trasporti su strada e sono stati oggetto nel tempo di continui perfezionamenti, introdotti principalmente per le esigenze delle gare sportive.

Ideati nel 1887 da un veterinario di origine scozzese, John Boyd Dunlop, con l'intento di risparmiare al figlio i sobbalzi della bicicletta utilizzata sulle strade dell'epoca, gli pneumatici hanno fatto da allora... veramente molta strada! Dalla scoperta della vulcanizzazione del caucciù (prima metà dell'Ottocento), che ha permesso gli innumerevoli usi della gomma, si sono susseguite nel tempo le sintesi di molti elastomeri preparati a somiglianza del polimero naturale. Al caucciù naturale, o poliisoprene, ancora usato come materiale di base di molti pneumatici, si aggiungono in una "mescola" il polibutadiene e lo stirene-butadiene. Per le sue proprietà di massima impermeabilità all'aria si usa per lo strato interno la gomma bromobutilica. Alla mescola si aggiungono altri composti allo scopo di conferire agli pneumatici proprietà caratteristiche, come il nero di carbonio che migliora la resistenza all'abrasione o la silice che impartisce allo pneumatico la particolarità di non indurire al freddo, proprietà importante nella fabbricazione delle gomme da neve. Altri additivi sono degli antiossidanti che contrastano l'azione dell'ozono e della luce ultravioletta. Dal dosaggio di tutti i componenti dipendono le proprietà, e quindi gli usi, degli pneumatici, mentre dalla diversa vulcanizzazione e dalle quantità di nero di carbonio e/o di silice dipende la loro maggiore o minore durezza.



Nel 2016 la Pirelli ha realizzato [9] per la Formula 1 ben sette tipi di pneumatici, cinque dei quali per piste asciutte e due per il bagnato. I due tipi più morbidi dei primi cinque (ultrasoft e supersoft), dotati di una migliore aderenza all'asfalto, sono maggiormente indicati per i circuiti stretti e tortuosi, ma scontano una minore durata. Vale l'opposto per i due tipi meno morbidi (medium e hard): durano di più e sono indicati per i circuiti ad alta velocità. I due tipi studiati per il bagnato differiscono dai precedenti per avere il battistrada con differenti profondità delle scanalature. Naturalmente sta ai vari team delle scuderie in gara la scelta, solitamente cruciale, degli pneumatici più adatti alla tipologia e alle condizioni del circuito nonché alle condizioni atmosferiche (temperatura dell'asfalto, pioggia ecc.) che caratterizzano la gara.

Rimanendo nell'ambito degli pneumatici e dei nuovi materiali, possiamo concludere il nostro percorso con due buone notizie tratte dalla letteratura chimica più recente: la prima riguarda la futura sostituzione del nero di carbonio negli pneumatici delle nostre auto con il grafene [10] che è un nanomateriale costituito da uno strato monoatomico (quindi di spessore tra 0,1 e 0,5 miliardesimi di metro) di atomi di carbonio. Ciò porterebbe a una significativa riduzione dell'immissione in atmosfera di diossido di carbonio (anidride carbonica, CO_2) che il nero di carbonio produce invece in quantità considerevoli. Per il momento il costo di produzione del grafene è proibitivo (dell'ordine delle decine di migliaia di euro/kg) e il suo impiego in questo come in tanti altri settori tecnologici rimane ancora un sogno ad occhi aperti. Di sicuro, però, tra dieci anni di sperimentazione e di investimenti il sogno potrà diventare una realtà concreta.

La seconda notizia interessante [11] riguarda la messa a punto di uno pneumatico che in caso di foratura è in grado di autocicatizzarsi: trasformando, infatti, le "funzioni bromo" della gomma bromobutilica in gruppi ionici "bromuro di imidazolio", si ottiene un materiale che possiede buone proprietà elastiche senza l'impiego di zolfo o di perossidi per creare legami trasversali. Da qui la capacità di autocicatizzarsi.

L'inarrestabile progresso delle scienze chimiche e l'avanzamento delle tecnologie hanno prodotto tanti nuovi materiali che hanno permesso di otte-

nere alte prestazioni atletiche e di raggiungere traguardi che un tempo erano addirittura impensabili. E il futuro ci riserva certamente altre nuove piacevoli sorprese.

Ma restano immutabili, a dispetto del tempo, i valori che rendono lo sport uno dei più nobili esercizi degli esseri umani: la competizione leale, il rispetto per l'avversario, la sfida continua a superare i propri stessi limiti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Nicoletti *et al.*, *La Chimica e l'Industria online*, 2017, **99**(3), 56.
- [2] Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7^a Ed., J. Wiley & Sons, New York, 2009.
- [3] https://it.wikipedia.org/wiki/Fibra_di_carbonio
- [4] <http://tennis-specialist.blogspot.it/2014/10/levoluzione-delle-racchette-da-tennis.html>
- [5] https://it.wikipedia.org/wiki/Salto_con_l%27asta
- [6] a) Y. Inaba, *et al.*, *J. Human Kinetics*, 2017, **55**, 2938; b) <https://www.youtube.com/watch?v=GTC3RaHN4tc>
- [7] X.Y. Zhang, *J. Mechanical Eng. Res. Develop.*, 2016, **39**, 217.
- [8] <https://www.pirelli.com/tyres/it-it/motorsport/homepage-f1>
- [9] T.-H. Lin *et al.*, *Int. J. Green Energy*, 2017, **14**, 97.
- [10] A. Das *et al.*, *Appl. Mat. Interf.*, 2015, **7**, 20623.

Chemistry in Sport - Part 2:

New Materials and Sport Equipments

The materials used in sport equipments have evolved throughout the centuries. From raw materials such as wood, twine, animal gut, bladder and hair of animals or natural rubber, the tremendous development of chemistry has led to innovative and high-technology polymers, metals and synthetic hybrid materials. Recently equipment performances have been even improved by applications of nanotechnology in different sport sectors. Examples related to some specific and often popular sports are illustrated.



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

Covalent Organic Frameworks in catalisi

I polimeri cristallino porosi, meglio noti come *Covalent Organic Frameworks* (COFs), sono composti polimerici di natura organica molto robusti ma allo stesso tempo leggeri, le cui strutture sono interamente formate da elementi “leggeri” (H, B, C, O e N) legate esclusivamente tramite legami covalenti (Fig. 1a). Tali legami danno vita a sistemi con una struttura cristallina regolare e ben definita, altamente porosa, nonché facilmente modulabile [O.M. Yaghi, *Science*, 2017, **355**, eaal1585]. Queste caratteristiche, oltre a rendere questi materiali adatti per lo stoccaggio dei gas e come dispositivi semiconduttori e fotoconduttori [Q. Zhang, *J. Mater. Chem. A*, 2017, **5**, 14463], risultano particolarmente importanti, ad esempio, in catalisi. I COFs infatti rappresentano dei catalizzatori eterogenei con notevoli potenzialità, grazie al fatto che i

siti catalitici, oltre ad avere un intorno ben definito, sono facilmente accessibili da parte dei substrati, per la presenza di numerosi ed ampi canali presenti nella struttura. Ancora più interessante è poi la possibilità di creare COFs chirali per la catalisi asimmetrica, sebbene questo sia un obiettivo tutt’altro che facile da perseguire, a causa dei problemi che l’asimmetria può dare nella formazione di una struttura cristallina regolare. Un risultato importante è stato pubblicato agli inizi di questa estate, e riguarda lo sviluppo di un COF chirale contenente una base di Schiff chirale di tipo *salen*, che si è dimostrato un ottimo *framework* per la realizzazione di catalizzatori eterogenei a base metallica altamente efficienti ed enantioselettivi [Y. Cui, *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, **139**, 8693]. La condensazione tra l’(*R,R*)-cicloesandiammina e la tris(3-*t*-butil) salicilaldeide in presenza di $Zn(OAc)_2 \cdot 2H_2O$ in con-

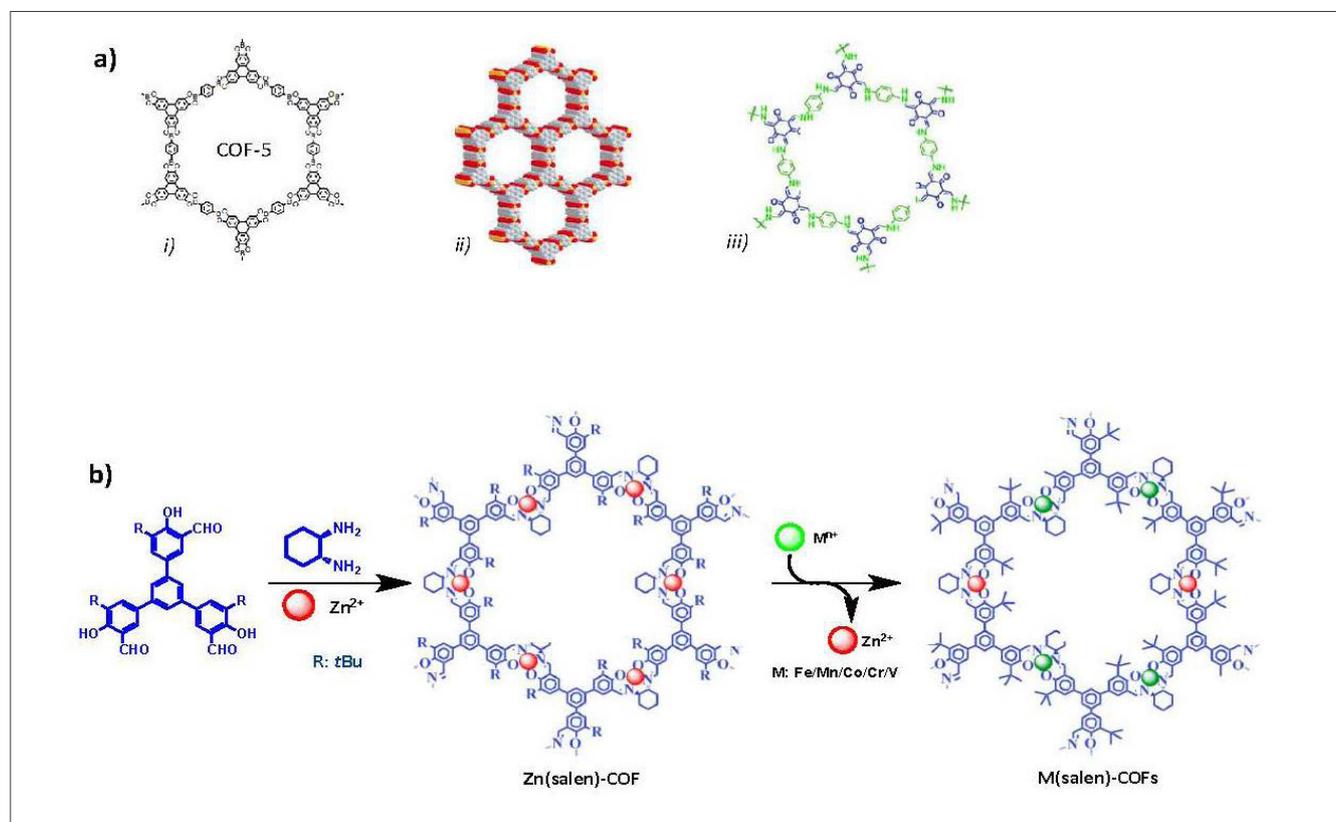


Fig. 1 - a) Esempi di COFs; i) struttura di un COF esagonale 2D (COF-5) realizzato mediante formazione di boronati; ii) struttura cristallina del COF-5; iii) struttura di un COF realizzato mediante formazione di legami imminici



dizioni solvotermali porta alla formazione di un COF chirale a struttura bidimensionale, *Zn(salen)-COF* (Fig. 1b), caratterizzato da un'elevata stabilità termica e chimica. Grazie alla relativa labilità dei legami Zn-O e Zn-N, dal complesso *Zn(salen)-COF* è stato possibile ottenere COFs chirali a base di diversi metalli di transizione (*M(salen)-COFs*, Fig. 1b), mediante semplice reazione *metal-exchange* post-sintesi. Gli *M(salen)-COFs* così ottenuti, mantenendo stessa stabilità, cristallinità e porosità, sono stati utilizzati come catalizzatori in diverse reazioni asimmetriche, tipicamente catalizzate da complessi *M(salen)*, tra cui reazioni di Diels-Alder, epossidazione di olefine e apertura di epossidi. I risultati ottenuti con gli *M(salen)-COFs* sono stati molto buoni, in termini di efficienza (70-80%) ed enantioselettività (ee fino al 97%), e sono del tutto paragonabili a quelli ottenuti con i corrispondenti complessi in fase omogenea. Infine, come ci aspettiamo da ogni buon catalizzatore eterogeneo, anche in questo caso tutti gli *M(salen)-COFs* sono stati recuperati e riutilizzati in almeno cinque cicli reattivi, mantenendo inalterata efficienza, selettività e struttura cristallina.

Nuovi inibitori antibatterici della polimerasi RNA batterica

Secondo le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, i batteri resistenti agli antibiotici saranno, nel 2050, la principale causa di morte. Per far fronte a questa emergenza, nei prossimi anni una delle priorità della salute pubblica sarà quella di sviluppare nuovi farmaci efficaci contro questi batteri. La ricerca in questo senso ha già raggiunto risultati molto incoraggianti. Infatti recentemente è stato scoperto un nuovo antibiotico, la pseudouridimicina (PUM), un *nucleoside-analog inhibitor* (NAI), capace di inibire la polimerasi RNA (RNAP) batterica [S.I. Maffioli *et al.*, *Cell*, 2017, **169**, 1240]. Il composto è stato identificato da uno screening di circa 3.000 estratti di colture di batteri e funghi (di suolo italiano) utilizzando la spettroscopia di massa. Filtrando i segnali rispetto a spettri di molecole già caratterizzate, sono stati isolati due estratti, entrambi prodotti da batteri del suolo, contenenti nuovi antibiotici. Frazionando gli estratti (mediante cromatografia a fase inversa) e caratterizzando i composti attivi (con spettroscopia di massa e NMR multidimensionale) è stato identificato lo stesso componente attivo, PUM.

Diversamente dai comuni antibiotici, come la rifampicina e la lipiarmicina che si legano all'enzima in

zone lontane dal sito attivo, PUM, contenente una unità di 6'-ammino-pseudouridina (derivata dell'uracile) coniugata ad un dipeptide Gly-Gln, interagisce direttamente con il sito del nucleoside trifosfato UTP (Fig. 2). Legandosi al sito attivo di RNAP, le mutazioni responsabili della resistenza spontanea a PUM risultano più limitate (per non compromettere la funzionalità dell'enzima): al massimo 2-4 sostituzioni contro le 25 osservate per la rifampicina. Questo si traduce in una minore resistenza spontanea alla pseudouridimicina (un decimo rispetto alla rifampicina) e l'assenza di resistenza incrociata con gli altri farmaci (mutazioni di residui diversi). In aggiunta, dato il diverso meccanismo di azione, la somministrazione di PUM in abbinata ai comuni antibiotici ha un effetto additivo sull'attività antibatterica.

Inoltre dalla struttura cristallografica del complesso RNAP-PUM si evince che il composto si lega all' 'A-site' (*addition site*) del recettore in modo analogo a quanto osservato per un nucleoside (NTP): si formano i legami ad idrogeno Watson-Crick di U con un filamento di DNA, lo zucchero interagisce come osservato per un NTP e la glutammina si lega mimando il gruppo trifosfato. In linea con l'attività antibatterica osservata e la selettività, i residui del sito di legame di PUM sono altamente conservati in RNAP di batteri Gram-positivi e Gram-negativi e non nelle RNAP umane. Gli autori suggeriscono che la minore resistenza di PUM sia legata all'interazione dell'antibiotico con molti residui 'funzionali' del sito attivo la cui sostituzione genererebbe forme mutate instabili.

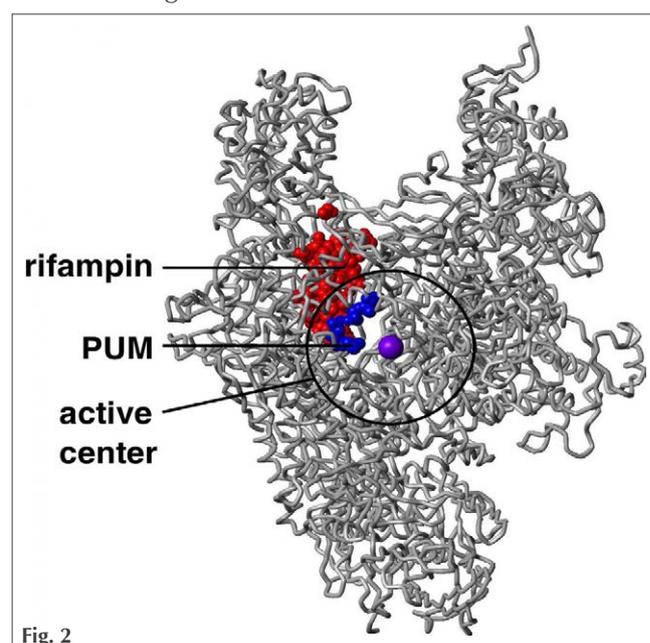


Fig. 2



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

LE DUE STRATEGIE ANTI-GW

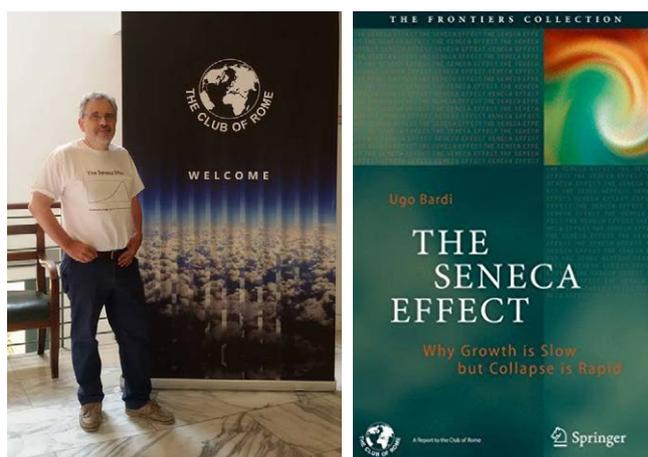
Ad un sommario esame la situazione relativa alle questioni climatiche sembra essere quella di due schieramenti: uno, maggioritario, a favore delle politiche espresse nell'accordo di Parigi nel 2015 ed uno minoritario, guidato dall'amministrazione americana, che nega addirittura l'esistenza del problema. Anche in Italia ci sono due schieramenti; per esempio la SCI, dopo un iniziale momento di dibattito, ha espresso una posizione ufficiale in accordo con l'IPCC, mentre la SIF continua a negare il ruolo antropico. Il governo centrista del PD a parole ha firmato l'accordo di Parigi, ma di fatto ha reso più difficile la vita a chi possiede o vuole installare impianti energetici rinnovabili e ha condotto una campagna profossili culminata nel referendum delle "trivelle". L'apparente vittoria formale dello schieramento "pro cambiamento" non deve ingannare anche perchè le posizioni non sono tutte convergenti.



Vincenzo Balzani e Nicola Armaroli

Durante il mese di settembre il gruppo **Energiaperl'Italia**, raccolto attorno a Vincenzo Balzani e Nicola Armaroli, ha lanciato un appello al Governo per indire una Conferenza sui cambiamenti climatici per stabilire i provvedimenti necessari al nostro Paese;

negli stessi giorni si è tenuta presso l'Università di Firenze, indetta dal collega Ugo Bardi, la Summer Academy del Club di Roma, con la partecipazione di decine di scienziati di ogni parte del mondo sul tema dei limiti delle risorse; Bardi ha anche pubblicato un libro su **l'effetto Seneca**, l'idea che mentre le fasi di sviluppo dei sistemi siano relativamente lente quelle di crisi possano spesso essere molto più veloci.



Ugo Bardi e la copertina del suo libro

Il caso climatico potrebbe essere uno di questi; la crisi climatica, iniziata in sordina negli scorsi due secoli, sta subendo un'accelerazione enorme per intensità ed effetti pratici: gli ultimi anni, e questa estate in particolare, sono stati un continuo di eventi "anomali", per l'inaspettata violenza dell'atmosfera, la degradazione della criosfera nell'Artico e in Antartide, le fasi di caldo estremo, etc.

Già questi due gruppi di ricercatori ed intellettuali si pongono su posizioni leggermente diverse sul tema del GW: Energiaperl'Italia, più ottimista, vede nelle 3R (rinnovabili, riuso e riciclo dei materiali) gli elementi di un modello di vita più sobrio per ridurre gli squilibri del mondo, con l'idea di fondo che possiamo arrivare a una società a 2000 watt. Il Club di Roma e





ASPO-Italia, pur considerando le 3R, prediligono una prospettiva “neo-malthusiana”, basata sul fatto che risolvere la crisi implicherebbe adeguarsi al carico ecologico del pianeta: decrescita di popolazione ed economia sarebbero di difficile realizzazione e potenzialmente distruttive per la società umana, come già indicavano i modelli del Club di Roma in “Limits to Growth”(LTG). Si discute delle medesime cose ma dando pesi diversi alle varie possibilità, pur nella comune coscienza che non ci sono strade semplici, solo tecnologiche, che ci voglia un cambio di passo della società intera e che potrebbe non bastare.

Ma quale è invece la posizione del *mainstream* culturale che ha dominato finora? Cosa dicono gli economisti o le grandi corporation del fossile? Una certa coscienza del problema si fa strada anche nei palazzi dei ricchi: chi ha votato Trump oggi si costruisce l'equivalente climatico del rifugio antiatomico, la fondazione Rockefeller abbandona i fossili, la Shell molla l'Iraq.

Ufficialmente le grandi istituzioni politiche mondiali (UE in testa) hanno sposato la riduzione dei consumi fossili, ma l'accordo di Parigi non è vincolante e dato che di buone intenzioni è lastricata la via dell'inferno, le cose potrebbero mettersi male.

È interessante l'analisi di un lavoro [1] pubblicato da un famoso chimico, fin dal 1970 del medesimo MIT che produsse LTG e divenuto nel tempo parte dell'*entourage* presidenziale democratico.

John Deutch analizza in dettaglio la posizione di Obama, espressione della parte del capitalismo americano favorevole all'accordo di Parigi. Usando la cosiddetta equazione di Kaya, una relazione semplice, considerata da alcuni una vera e propria tautologia, correla produzione economica ed energia, con una sorta di funzione della produzione che contenga una

variabile energetica e conclude che: *The Kaya decomposition shows that the extent of “decoupling” economic growth and emissions depends entirely on reductions in energy and carbon intensity. The downward trend in both these quantities is welcome and likely it is “irreversible.” But the decline is in-*

sufficient to avoid significant average global temperature increase in the second half of this century. It is misleading to suggest that, while this trend may create jobs and benefit the United States, it will successfully avoid the risks of climate change.

Dunque le energie rinnovabili non bastano secondo Deutch a salvare capra e cavoli ossia crescita e clima. *This nation and the world seek insurance against the catastrophic risks of climate change. It is difficult to be optimistic that mitigation on its own will protect the globe from the consequences of climate change. The United States and the world must urgently turn to learning how to adapt to climate change and to explore the more radical pathway of **geoengineering**.*

In sostanza i migliori esperti tecno-economici del sistema attuale considerano poco credibile la soluzione 3R dei problemi del clima (e aggiungo io delle risorse), perchè non prendono nemmeno in considerazione l'idea della stabilizzazione dell'economia (d'altronde impossibile SENZA cambiare il modo di produrre attuale, per il quale l'accumulazione e dunque la crescita è l'unico modo di esistere). Essi introducono una variabile tecnologica tenuta finora in sordina: *la geoingegneria o ingegneria climatica*. Questa ipotesi è stata considerata dai grandi pensatori tecnici [2-4], con la conclusione che non ci sono certezze sufficienti per attuarla: troppi rischi sia nel ridurre il flusso radiativo che nel riassorbire la CO₂. Ma nonostante la mancanza di certezze il mondo economico ci vede una via d'uscita perché non crede al modello delle 3R, che bloccherebbe la crescita, e guarda alla geoingegneria nonostante i rischi. Gli intellettuali come noi pensano invece che solo andando verso una produzione basata su energie rinnovabili, su riciclo dei materiali e riuso degli oggetti, ma anche sulla redistribuzione della ricchezza, sulla stabilità della popolazione e la riduzione della giornata lavorativa, si può forse uscire dall'impasse attuale. *Sviluppo senza crescita*, che corrisponde ad abbandonare la via del capitalismo di accumulazione, che ha dominato gli ultimi secoli (una industria 5.0). Ma l'utopia è possibile? Voi che ne dite?

COMMENTARY

Decoupling Economic Growth and Carbon Emissions

John Deutch^{1,*}



BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Deutch, [http://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(17\)30036-3](http://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(17)30036-3)
- [2] T.M. Lenton, N.E. Vaughan, <https://www.atmos-chem-phys.net/9/5539/2009/acp-9-5539-2009.html>
- [3] IPCC AR5 WG1, pp. 575, 632
- [4] <http://www8.nationalacademies.org/onpinews/newsitem.aspx?RecordID=02102015>



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.

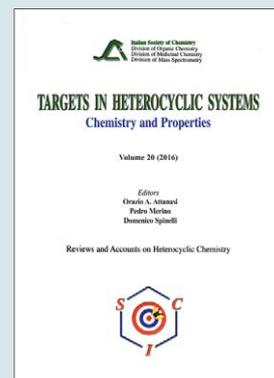
Sia sulla cravatta che sul foulard è presente un'etichetta che riporta "Mantero Seta per Società Chimica Italiana" a conferma dell'originalità ed esclusività dell'articolo. Foulard e cravatta sono disponibili al prezzo di 50 euro e 30 euro, rispettivamente, tramite il nostro distributore autorizzato.

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

LIBRI E RIVISTE SCI

Targets in Heterocyclic Systems Vol. 20

È disponibile il 20° volume della serie "Targets in Heterocyclic Systems", a cura di Orazio A. Attanasi, Pedro Merino e Domenico Spinelli www.soc.chim.it/it/libri_collane/th/vol_20_2016



Sono disponibili anche i volumi 1-19 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