

Studio di formulazioni di detergenti per collettività caratterizzate da elevata biodegradabilità e basso impatto ambientale. Nota II

Impiego dei sistemi di depurazione per la valutazione della biodegradabilità e dell'impatto ambientale di formulazioni di detergenti per collettività

G. VALENTINI

DIPARTIMENTO DI CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA

S. CARIGNANI, F. GAMBINERI, A. BAZZICHI, F. CERVELLI, F. TITTA, F. BRACA

LABORATORI ARCHA S.R.L. - OSPEDALETTO - PISA

I. TURINI, G. REGOLI

UNI.RA. S.R.L. - SAN PIETRO IN PALAZZI - CECINA (LI)

Il presente lavoro illustra l'applicazione di una metodologia analitica di indagine, messa a punto e descritta nella Parte I del presente articolo, per la selezione di una linea di detergenti ecologici (EFDL, dall'inglese Environment Friendly Detergent Line), rispondenti alle complesse esigenze di una collettività e caratterizzati da elevata biodegradabilità e basso impatto ambientale. La metodologia analitica impiegata per la selezione di tali formulati impiega sistemi di depurazione a fanghi attivi su scala di laboratorio, messi a punto mediante prove preliminari e progettati in modo da simulare i processi che avvengono nei reali impianti di depurazione civili (rif. Parte I). La valutazione dell'impatto ambientale dei detergenti, la selezione degli stessi per la formulazione della EFDL e lo studio del reale comportamento della linea ecologica di detergenti, prevedono i seguenti passaggi:

- ◇ Applicazione della procedura di valutazione della biodegradabilità alle seguenti sostanze:
 - 1) singoli componenti costituenti le formulazioni complesse dei detergenti (tensioattivi puri, biocidi, antischiuma, ecc.);
 - 2) gamma di formulazioni di detergenti, rispondenti a tutte le necessità di impiego di una collettività (detergenti per l'igiene personale, lavapiatti, brillantante, detergenti per superfici dure, ecc.);
 - 3) miscele di diversi prodotti detergenti, al fine di valutare l'impatto ambientale dovuto alla presenza contemporanea di più formulati (situazione che si realizza poi, in pratica, in un refluò reale di una collettività).
- ◇ Valutazione delle proprietà ecologiche di tutte le sostanze studiate e compilazione di "classifiche di merito ecologico";
- ◇ Selezione delle formulazioni caratterizzate dai migliori comportamenti nei confronti dei processi depurativi, e conseguente realizzazione di una EFDL;
- ◇ Verifica delle caratteristiche ecologiche dei detergenti inclusi nella EFDL, mediante studio di un refluò reale prodotto da parte di una collettività che impiega esclusivamente i suddetti detergenti.

In tal modo è stato possibile selezionare, con successo, un gruppo di detergenti, in base alle caratteristiche di biodegradabilità e impatto ambientale; quindi, sono stati valutati eventuali effetti sinergici che possono evidenziarsi su miscele di prodotti detergenti, rispetto ad un sistema di depurazione a fanghi attivi; infine, è stato possibile riscontrare che l'impiego esclusivo di questi detergenti da parte di una collettività produce reflui che possono essere agevolmente depurati dal sistema di depurazione mediante biomassa, e ricondotti totalmente nei limiti di accettabilità per lo scarico in acque superficiali. Per i detergenti facenti parte della EFDL non sono stati rilevati fenomeni di tossicità per i fanghi attivi né a livello acuto, né cronico. Tale risultato è di notevole rilievo sotto il profilo ambientale in quanto fornisce, attraverso una articolata procedura operativa attuabile su scala di laboratorio, la possibilità di una messa a punto efficace di formulazioni detergenti realmente "environment friendly" attraverso la valutazione del comportamento ambientale nelle effettive condizioni di campo.

RESEARCH INTO FORMULAS FOR DETERGENTS WITH A HIGH LEVEL OF BIODEGRADABILITY AND HAVING A LOW IMPACT ON THE ENVIRONMENT. NOTE II. EMPLOYING DIFFERENT SYSTEMS OF PURIFYING AND ASSESSING THE BIODEGRADABILITY OF DETERGENTS AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Experimental lab-scale methods using activated sludge were preliminarily tested for the evaluation of the biodegradability of organic substances and the occurrence of toxic effect during waste treatment (see Part I of the present work). By means of the above mentioned experimental approach the formulations of a family of detergents were studied and tested in order to optimise their environmental performances leading to an environment friendly detergent line (EFDL). The following steps were performed to obtain a) an effective and complete assessment of environmental impacts of detergents, b) the correct choice of components of the formulations of EFDL and c) the study of the behaviour of detergents in term of biodegradability under real conditions:

- ◇ Evaluation of biodegradability of: Single components of detergents formulations (pure surfactants, biocides, antifoam and wetting agents, etc.); Series of detergents able to satisfy all the requirements of a community (personal hygiene, dishwasher, floor and other types of detergents); Mixtures of different detergents in order to assess their environmental impact as a consequence of possible interactions among components (this is the real case of community wastes).
- ◇ Evaluation of environmental performances of the investigated substances by composition of a relative hierarchy composed by attributing conventional marks to the different characteristics of the same.

- ◇ Choice of detergents formulations having the best environmental marks for the composition of the EFDL.
- ◇ Verification of ecological characteristics of the EFDL detergents by means of a specific study on the biological treatment of wastes produced by a community using exclusively the EFDL products.

This stepwise approach led to the composition of a EFDL which exhibits very good environmental behaviour in terms of biodegradability (more than 98% in 24 h) thus allowing the biological treatment of community sewage to meet very easily the more stringent standards for final discharge. The use of EFDL does not produce any acute or chronic toxicity effect on activated sludge. This study showed also that the use of "biodegradable" surfactants is not a sufficient condition (sometimes, not a even necessary one) to obtain real EF formulations. On the ground of the results obtained, this lab-scale methodology can be regarded as very reliable and effective to study detergent formulations and their environmental behaviour in real conditions.

INTRODUZIONE

Obiettivo del presente studio è stato quello di mettere a punto formulazioni di detergenti caratterizzati da comportamenti alla depurazione costanti nel tempo e altamente biodegradabili nelle reali condizioni di utilizzo (ossia nei reflui che derivano da comunità).

La gamma di formulazioni studiate corrisponde a varie tipologie di prodotti detergenti: di queste, sono state studiate le caratteristiche in termini di biodegradabilità e impatto ambientale mediante i sistemi di depurazione a fanghi attivi su scala di laboratorio (la cui messa a punto è presentata nella Parte 1) [1]: è infatti ormai appurato che l'elevata biodegradabilità di una certa sostanza inquinante non è di per sé una garanzia sufficiente di facile depurabilità, poiché negli scarichi idrici vanno a confluire, in maniera casuale, formulazioni di detergenti dalle caratteristiche molto diversificate, che possono creare problemi alla depurazione per il tipo di sostanze che contengono e per la mancanza di un opportuno acclimatamento della biomassa nei confronti di tali miscele complesse.

Sulla base dei risultati sperimentali ottenuti, è stata compilata una "classifica di merito ecologico" contenente tutti i formulati sottoposti alla sperimentazione; da tale classifica sono stati selezionati quei formulati che presentavano miglior comportamento alla depurazione, andando così a costituire *linea di detergenti ecologici* (EFDL).

La conferma della rispondenza di tale pacchetto ai requisiti ecologici è stata ottenuta mediante studio della depurazione dei suddetti prodotti con un impianto pilota di depurazione ("BIOCHECK"), simulante i processi depurativi che avvengono in un impianto su scala reale. Infine, i risultati fin qui ottenuti sono stati "validati" andando a studiare il comportamento depurativo di un refluo reale, costituito dall'acqua di scarico campionata presso un Centro di Sperimentazione che ha utilizzato, nel periodo di prova, esclusivamente i formulati facenti parte della EFDL.

Tabella II - Risultati relativi all'andamento del COD del surnatante del fango al tempo zero, dopo 40 ore dalla prima aggiunta di tensioattivi e dopo 48 ore dalla seconda aggiunta

Campione di fango	Concentrazione di tensioattivo aggiunto	COD (mg/l O ₂) misurato poco prima della aggiunta dei tensioattivi	COD (mg/l O ₂) misurato dopo circa 40 ore dalla aggiunta dei tensioattivi	COD (mg/l O ₂) misurato dopo circa 48 ore dalla seconda aggiunta dei tensioattivi
1	50ml A (0,1%)	676,3	195,1	403,8
2	50ml B (0,1%)	483,1	156,1	192,3
3	50ml C (0,1%)	347,8	175,6	250
4	50ml D (0,1%)	328,5	204,9	288,5
5	50ml E (0,1%)	463,8	214,6	365,4
6	50ml F (0,1%)	222,4	87,8	288,5
7	50ml G + N (0,1%) ^{N.B.}	368,5	214,6	153,8
8	50ml H (0,1%)	368,5	208,9	269,2
9	50ml I (0,1%)	450	166	167
10	50ml L (0,1%)	367	76	122
11	50ml M (0,1%)	424	160	127
12	50ml O (0,1%)	409	92	59

N.B.: Per esigenze formulative, i tensioattivi G ed N sono stati sperimentati in contemporanea (G+N)

METODI DI DETERMINAZIONE DELLA BIODEGRADABILITÀ DI PRODOTTI DETERGENTI

Per la determinazione della biodegradabilità, oltre ai parametri generali già indicati nella Parte 1 del presente lavoro [1], sono state eseguite analisi specifiche per la determinazione dei tensioattivi:

- Analisi MBAS (Methylene Blue Active Substances) per i tensioattivi anionici (solfatati e solfonati);
- Analisi BIAS (Bismuth Iodide Active Substances) per i tensioattivi non ionici (etossilati).

STUDIO DEI TENSIOATTIVI MEDIANTE SISTEMI "BATCH"

In primo luogo, è stata valutata la biodegradabilità primaria di un'ampia gamma di tensioattivi, impiegati come componenti principali in formulazioni complesse di detergenti. Successivamente, è risultato necessario inserire i parametri relativi a biocida e antischiuma, in quanto componenti anch'essi critici per poter valutare la compatibilità ambientale dei detergenti. In Tabella I è riportato lo schema della classificazione convenzionale per tipologia dei tensioattivi studiati.

Tabella I - Tipologie di tensioattivi studiati

Cationici		Anionici					Non ionici				Anfoteri	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O

Soluzioni a concentrazione nota di tali tensioattivi sono state somministrate in modo discontinuo a fanghi attivi contenuti in micro-vasche "batch" [1].

Il COD del surnatante è stato misurato preventivamente all'aggiunta, dopo circa 40 ore dalla prima aggiunta e dopo 48 ore dalla seconda aggiunta dei tensioattivi; i risultati sono contenuti nella Tabella II.

I risultati sperimentali del COD dimostrano che il fango è riuscito a degradare la maggior parte del tensioattivo somministrato. Le analisi MBAS (per i tensioattivi C, D e G + N) e BiAS (per i tensioattivi C, E, G + N, H, I, L e M) sul surnatante dei fanghi permettono di confermare, con determinazioni semi-specifiche, elevati valori di biodegradabilità di tali molecole.

STUDIO DELLA BIODEGRADABILITÀ E DELL'IMPATTO AMBIENTALE DEI TENSIOATTIVI MEDIANTE SISTEMI CONTINUI

I sistemi di depurazione in continuo [1] sono stati applicati allo studio della biodegradabilità e dell'impatto ambientale delle molecole di tensioattivo (Tab. I).

Al fine di ottenere risultati affidabili, la metodologia di indagine messa a punto prevede la conduzione di prove in parallelo, evitando così di dover confrontare sperimentazioni condotte in tempi diversi e con fanghi di depurazione aventi un diverso "stato di salute" ed una diversa "storia" pregressa.

Sono state preparate soluzioni di tensioattivo caratterizzate da COD pari a 400 mg/l e addizionate di 0,01% di antischiuma siliconico (per evitare l'eccessivo schiumeggiamento causato dall'aerazione forzata del sistema). Esse hanno costituito l'alimentazione in continuo degli impianti pilota [1].

Quindi sono state effettuate le seguenti analisi chimiche e biologiche:

- COD, MBAS, BiAS: eseguite giornalmente sul refluo ottenuto dal passaggio dell'alimentazione sui fanghi attivi. La misurazione del COD è effettuata su tutti i reflui, mentre le analisi MBAS e BiAS sono effettuate solo sui reflui degli alimenti contenenti specie attive a questo tipo di analisi;
- DHA: eseguita giornalmente sul fango attivo contenuto nei sistemi pilota di depurazione;
- SBI: eseguito periodicamente sul fango attivo contenuto nei sistemi pilota di depurazione.

Gli andamenti dei parametri chimici e biologici sono stati studiati, inoltre, per l'alimento biologicamente bilanciato per il fango ("FOOD 2", per la cui preparazione si veda Parte 1) e per lo stesso alimento addizionato con antischiuma 1 (in concentrazione 0,01%), in modo da vedere che tipo di influenza questa sostanza in effetti abbia sul sistema di fanghi.

Dallo studio delle variazioni percentuali in termini di COD e, dove possibile, di MBAS e BiAS dei sistemi studiati, è stato valutato quantitativamente l'abbattimento di carico organico.

Il confronto incrociato dei diversi risultati chimici e biologici ha permesso di stilare, secondo un ordine ben preciso di impatto ambientale, una "classifica di merito ecologico" dei diversi tensioattivi studiati. Questa classifica è stata creata in maniera arbitraria e convenzionale, attribuendo un "punteggio di bontà" (da 1 a 10) al risultato di ciascuna prova analitica eseguita sul sistema di depurazione a fanghi attivi. Il punteggio rappresenta una misura della biodegradabilità del sistema indagato, valutato come riduzione % delle concentrazioni dei parametri chimici (Δ COD, Δ MBAS, Δ BiAS), incremento % del parametro biologico Δ DHA ed il relativo impatto ambientale (SBI) dell'analita sulla biomassa. Il criterio con cui sono stati suddivisi gli intervalli dei valori dei parametri ottenuti è riportato in Tabella III.

L'attribuzione del punteggio relativo ad ogni prova sperimentale condotta e ad ogni tipo di molecola studiata, normalizzato per il numero di determinazioni a cui la specie risponde, è riportata in Tabella IV. La classifica dei tensioattivi

Tabella III - Punteggi relativi ai risultati ottenuti per le diverse prove condotte sui sistemi di depurazione dei tensioattivi

Punteggi	Δ COD, Δ MBAS, Δ BiAS*	Δ DHA**	SBI(finale)	Classe
10	90-100%	>80%	10	I
9	80-90%	60-80%	9	
8	70-80%	40-60%	8	
7	60-70%	20-40%	7	II
6	50-60%	0-20%	6	
5	40-50%	-20-0%	5	III
4	30-40%	-40- -20%	4	
3	20-30%	-60- -40%	3	IV
2	10-20%	-80- -60%	2	
1	0-10%	-100- -80%	1-0	

$$*: \Delta \text{COD, } \Delta \text{MBAS, } \Delta \text{BiAS} = \frac{\text{Parametro}_{\text{ingresso}} - \text{Parametro}_{\text{uscita}}}{\text{Parametro}_{\text{ingresso}}} \times 100$$

$$**: \Delta \text{DHA} = \frac{\text{DHA}_{\text{finale}} - \text{DHA}_{\text{iniziale}}}{\text{DHA}_{\text{iniziale}}} \times 100$$

Tabella IV - Attribuzione dei punteggi ai diversi tensioattivi

Tensioattivi	Punteggi relativi a:				SBI	Punteggio medio*
	Δ COD	Δ MBAS	Δ BiAS	Δ DHA		
A	6			1	7	4,67
B	7			2	8	5,67
C	1	9	7	1	7	5,00
D	6	9		1	7	5,75
E	7		6	1	9	5,75
F	8			9	6	7,67
G + N	8	10	9	10	10	9,40
H	3		9	3	7	5,50
I	6		8	10	6	7,50
L	7		6	5	7	6,24
M	7		4	2	6	4,75
O	8			3	8	6,33

$$*: \text{Punteggio medio} = (\sum \text{Punteggio prove}) / \text{Numero prove}$$

Tabella V - "Classifica di merito ecologico" dei tensioattivi

	Posizione	Tensioattivo
Elevata biodegradabilità, basso Impatto ambientale	1	G + N
	2	F
	3	I
	4	O
	5	L
	6	D
	7	B
	8	H
	9	E
	10	C
Bassa biodegradabilità, elevato Impatto ambientale	11	M
	12	A

vi ottenuta è riportata in Tabella V.

Sulla base dei risultati fin qui riportati, ottenuti dallo studio dei tensioattivi trattati mediante un impianto di depurazione a fanghi attivi, è possibile esprimere una misura di "compatibilità ambientale" proprio considerando il valore del "punteggio di merito" attribuito ad ogni prodotto sulla

Tabella VII - Elenco formulazioni detergenti testate

Lavastoviglie		Brillantante	Stoviglie			Superfici dure			Bucato		Lavamani				
LAV-1	LAV-2	BRI-1	STO-1	STO-2	SUP-1	SUP-2	SUP-3	SUP-5	SUP-6	SUP-7	SUP-8	BUC-1	AMM-1	MANI-1	MANI-3

Tabella VIII - Attribuzione dei punteggi ai formulati

Formulati	Punteggi relativi a:					Punteggio medio
	Δ COD	Δ MBAS	Δ BIAS	Δ DHA	SBI	
LAV-1	1	8		10	6	6,25
LAV-2	7	5		10	6	7,00
BRI-1	5	2	5	6	3	4,20
STO-1	4	2	1	7	6	4,00
STO-2	8	6	10	2	6	6,40
SUP-1	7	3	8	5	10	6,60
SUP-2	3	9	10	10	8	8,00
SUP-3	5	7	5	1	6	4,80
SUP-5	7	4	2	4	4	4,20
SUP-6	8	6	9	3	7	6,60
SUP-7	5	10	3	1	7	5,20
SUP-8	4	7		6	2	4,75
BUC-1	7	8	9	3	7	6,80
AMM-1	9	8		3	9	7,25
MANI-1	4	2	10	6	3	5,00
MANI-3	8	9	7	3	6	6,60

Tabella IX - "Classifica di merito ecologico" dei formulati

	Posizione	Formulati
Elevata biodegradabilità, basso impatto ambientale	1	SUP-2
	2	AMM-1
	3	LAV-2
	4	BUC-1
	5	SUP-1, SUP-6, MANI-3
	6	STO-2
	7	LAV-1
	8	SUP-7
	9	MANI-1
	10	SUP-3
Bassa biodegradabilità, elevato impatto ambientale	11	SUP-8
	12	SUP-5, BRI-1
	13	STO-1

cie "mette in moto" una serie di meccanismi di sviluppo e selezione delle specie batteriche presenti che può produrre una migliore disposizione del sistema alla degradazione della matrice "recalcitrante". Risulta infatti evidente che questo risultato, in larga parte atteso, costituisce comunque un limite oggettivo allo sviluppo dello studio, in quanto non supporta adeguatamente eventuali ipotesi di miglioramento; infatti, l'unica via percorribile risulterebbe quella sperimentale.

Questo tipo di attività sperimentale è utilizzato per la validazione delle migliori proprietà delle formulazioni per così dire "finali", alle quali si potrà giungere solo sapendo con una certa precisione quali sono i fattori principali da correggere all'interno di una data formulazione.

I dati sperimentali finora raccolti e le informazioni sulla composizione sono stati oggetto di analisi chemiometrica secondo la tecnica denominata PCA (Principal Component Analysis), utilizzando tutti i dati disponibili (composizioni e risultati sperimentali). Il risultato ottenuto in questo primo

screening è decisamente insoddisfacente in quanto non emergono correlazioni di significato apprezzabile.

È stata sviluppata un'analisi critica dei formulati, in modo da isolare le componenti che, sulla base di diverse considerazioni, possono essere ritenute più critiche nella formulazione stessa.

Sembra infatti evidente che la biodegradabilità del formulato NON dipende (o meglio, NON dipende SOLO) dalla natura e quantità dei tensioattivi presenti. Altre componenti che sicuramente giocano un ruolo fondamentale sui processi di degradazione possono essere infatti:

- Biocidi
- Sequestranti organici (tipo EDTA e simili)
- Antischiuma
- Solventi

Per valutare l'influenza di queste molecole sulla biodegradabilità e l'impatto ambientale, sono state condotte sperimentazioni parallele su formulazioni detergenti contenenti diverse tipologie e quantità di tali componenti (valutazione mediante "punteggi di merito", risultati in Tab. X) rispetto al nucleo originario indagato (Tab. VIII).

Tabella X - Attribuzione dei "punteggi di merito" ai formulati e alle relative modifiche

Formulati	Punteggi relativi a:					Punteggio medio
	Δ COD	Δ MBAS	Δ BIAS	Δ DHA	SBI	
STO-1	5	7	1	3	0	3,20
STO-1 NEW	5	6	4	4	0	3,80
STO-2	5	7	10	3	0	5,00
STO-2 NEW	7	7	4	1	0	3,80
SUP-3	7		3	0	0	2,50
SUP-3 NEW	6		9	1	0	4,00
SUP-8	6	6		2	0	3,50
SUP-8 NEW	6	8	6	2	0	4,40
BUC-1	7	3	9	1	0	4,00
BUC-1 NEW	7	5	0	7	0	3,80
BRI-1	6		4	4	0	3,50
BRI-1 NEW	6		5	4	0	3,75
SUP-5	6	7	4	7	9	6,6
SUP-5 s.b.*	7	6	10	6	6	7,0
SUP-8	7	7		6	6	6,5
SUP-8 s.b.*	7	8		5	7	6,8
C + D (MANI-3)	4	6	5	6	7	5,6
C + D (STO-1)	2	6	2	1	0	2,2
SOSTITUTO CD	6	8	5	7	6	6,4
MANI-3	8	8	6	8	7	7,4
MANI-3 con**	8	9	7	6	5	7,0
STO-1	6	2	7	5	7	5,4
STO-1 con**	8	10	5	6	6	7,0
PI-3 H	10	9	8	6	10	8,6
PI-3 CI	10	6	6	5	6	6,6
BUC-1 H	9	7	6	5	6	6,6
BUC-1 CI	9	7	4	1	6	5,4
BUC-1	6	2	9	2	0	3,8

*: s.b. = senza biocida

** con = con SOSTITUTO CD

base delle prove sperimentali condotte.

Inoltre, le prove di biodegradabilità condotte impiegando i sistemi di depurazione in continuo confermano i dati di letteratura [2] riguardanti molecole tensioattive analoghe a quelle studiate. Tale risultato è tutt'altro che banale, dal momento che è nota la difficoltà di ottenere dati riproducibili in sperimentazioni complesse e delicate come quelle in esame. Si deve quindi concludere che le metodologie di misura possono essere considerate affidabili per esprimere un giudizio di biodegradabilità dei materiali esaminati.

Da tale sperimentazione si può inoltre concludere che il componente antischiuma, per sua natura e in base alla concentrazione presente nei formulati commerciali, non costituisce un elemento di criticità per la biodegradabilità e l'impatto ambientale dei prodotti detergenti.

VALUTAZIONE DELLA DOMANDA BIOCHIMICA DI OSSIGENO DEI TENSOATTIVI

La misura del BOD₁₀ per i diversi tensioattivi è riportata in Tabella VI. Tale misura consente una nuova classificazione sulla base del rapporto percentuale BOD/COD: esso costituisce una stima della percentuale di biodegradabilità dei diversi tensioattivi; tale rapporto è riportato in Tabella VI.

Risulta assai facile notare come i tensioattivi siano divisi in due gruppi principali: un primo gruppo (evidenziato in corsivo) comprendente i principi attivi che, dopo i periodi di tempo indagati, presentano una elevata biodegradabilità, ed un secondo gruppo (evidenziato in neretto) contenente tensioattivi dotati di bassa biodegradabilità.

È interessante mettere a confronto le classifiche ottenute dai due diversi sistemi di valutazione della biodegradabilità (Tab. V e VI).

Tabella VI - Biodegradabilità dei tensioattivi mediante misura del BOD₁₀. **Neretto** = biodegradabilità ≤ 50 %. *Corsivo* = biodegradabilità > 50 %

Tensioattivi	BOD ₁₀ (mg/l)	% Biodegradabilità calcolata (BOD ₁₀ / COD)
A	7	3%
<i>B</i>	<i>179</i>	<i>70%</i>
<i>C</i>	<i>147</i>	<i>65%</i>
D	4,2	1%
E	33,8	17%
<i>F</i>	<i>170</i>	<i>76%</i>
<i>G + N</i>	<i>244</i>	<i>72%</i>
H	45,1	18%
<i>I</i>	<i>279</i>	<i>73%</i>
<i>L</i>	<i>124</i>	<i>69%</i>
M	46,5	10%
<i>O</i>	<i>194</i>	<i>79%</i>

L'analisi delle classifiche permette di affermare che:

- I tensioattivi G + N, C e D presentano maggiori variazioni della loro posizione in classifica;
- Gli altri tensioattivi non subiscono cambiamenti apprezzabili.

Le diversità riscontrate sono, assai probabilmente, da attribuire ai diversi parametri che determinano la valutazione della biodegradabilità: nel sistema di depurazione a fanghi attivi si valutano gli abbattimenti dei parametri chimici (COD, MBAS, BIAS) e biologici (DHA) e l'impatto ambientale dei prodotti (SBI) sulla composizione del fango; nella misura del

BOD invece si possono confrontare il BOD ed il COD caricato. Non di minore importanza sono certamente le condizioni sperimentali di misura: nel primo sistema la misura avviene in condizioni decisamente aerobiche, nel secondo caso invece, si ha un progressivo consumo di O₂.

Il BOD è comunque un utile strumento predittivo per indagini rapide e semplici della biodegradabilità di una sostanza, da usarsi in analisi di routine.

STUDIO DELLA BIODEGRADABILITÀ DEI FORMULATI MEDIANTE MICRO-VASCHE DI DEPURAZIONE IN CONTINUO

La biodegradabilità e l'impatto ambientale di complesse formulazioni detergenti sono stati studiati mediante microvasche di depurazione in continuo, analogamente alla metodologia validata attraverso l'analogo studio delle molecole di tensioattivi. I formulati testati, siglati secondo quanto riportato in Tabella VII, saranno così selezionati in funzione delle proprietà ecologiche che li caratterizzano, componendo una classifica di merito "per formulato".

Come per i soli tensioattivi, il confronto incrociato dei diversi risultati chimici e biologici permette di stilare, secondo un ordine ben preciso di impatto ambientale, la "classifica di merito ecologico" dei formulati studiati.

Il punteggio relativo ad ogni prova per ciascun formulato è riportato in Tabella VIII, dove è normalizzato per il numero di prove a cui il prodotto risponde. La classifica dei formulati ottenuta è riportata in Tabella IX.

Questa parte dello studio conferma la necessità di mirare gli interventi di miglioramento formulativo soprattutto sui prodotti che danno maggiori problemi ambientali, perché intrinsecamente poco biodegradabili.

Coerentemente con la suddetta impostazione di classificazione, sono state ricercate eventuali correlazioni tra le classifiche dei formulati e quelle dei singoli componenti tensioattivi. Tale approccio ha fornito un esito deludente in quanto risulta che le due classifiche non sono tra loro correlabili; in altri termini, non risulta che l'impiego di tensioattivi a basso impatto ambientale costituisca un requisito sufficiente (per quanto necessario) per ottenere formulati ambientalmente compatibili.

Al contrario, ed in maniera ancora più sorprendente, tensioattivi non molto biodegradabili rispondono meglio del previsto quando presenti in certe formulazioni.

Da questo scaturisce la considerazione che non è possibile prevedere il comportamento reale di un formulato sulla base delle informazioni individuali dei soli tensioattivi, né degli altri componenti delle formule, quali solventi, biocidi, antischiuma. Questo è imputabile all'esistenza di effetti sinergici o inibitori tra i diversi componenti dei formulati che rendono il comportamento di una miscela non prevedibile come semplice somma degli effetti dei singoli componenti della stessa. Da evidenziare che, oltre ai fenomeni di degradazione biologica, l'interazione di un refluo con un fango attivo produce anche notevoli fenomeni di adsorbimento. La presenza, nel refluo, di una componente NON biodegradabile può avere un effetto determinante anche sulla degradazione di una componente facilmente biodegradabile a livello individuale, nel momento in cui la prima componente venisse adsorbita in maniera importante producendo una disattivazione del fango attivo. Al contrario, la biodegradazione di una spe-

Effetto dei biocidi

- BIOCIDA 1: la presenza di tale molecola non risulta di per sé determinante per la scarsa depurazione del formulato SUP-8 da parte del fango attivo; comunque, le percentuali di abbattimento dei parametri chimici sono lievemente maggiori, così come la salute del fango è migliore in assenza del biocida;
- BIOCIDA 2: l'effetto di tale componente sul sistema di depurazione non appare molto importante; infatti, la salute del fango risulta migliore per il formulato che lo contiene (SUP-5); le percentuali di abbattimento di COD e MBAS sono confrontabili.

Effetto dei tensioattivi C e D

- C + D e SOSTITUTO CD: valutando i singoli tensioattivi, il sistema mostra un comportamento alla depurazione nettamente migliore nel caso del SOSTITUTO CD; infatti si ottiene migliore salute del fango ed elevate percentuali di abbattimento dei parametri chimici COD e MBAS, non purtroppo dei BIAS;
- C + D e SOSTITUTO CD nei formulati MANI-3 e STO-1: nel complesso, i risultati appaiono migliori con il SOSTITUTO CD, a conferma di quanto detto sopra per i componenti puri, anche se le differenze di comportamento risultano meno evidenti. Da evidenziare comunque che il formulato MANI-3 presenta un buon comportamento alla depurazione già nella formulazione originale; la sostituzione dei tensioattivi C e D nel formulato STO-1 porta invece a miglioramenti considerevoli dei risultati sperimentali ottenuti.

Effetto combinato delle molecole tensioattivo, sequestrante, solvente e antischiuma

La valutazione degli effetti combinati dei diversi componenti dei formulati complessi indagati può essere integrata mediante i dati di BOD₁₀, riportati in Tabella XI.

STUDIO DELLA BIODEGRADABILITÀ DEI FORMULATI MEDIANTE IMPIANTO DI DEPURAZIONE PILOTA "BIOCHECK"

La rispondenza della EFDL ai requisiti ecologici è stata valutata mediante studio della biodegradabilità e dell'impatto ambientale dei suddetti prodotti, posti a contatto continuo con un impianto pilota di depurazione di dimensioni ridotte, simulante i processi depurativi che avvengono nella realtà di un impianto su scala reale denominato "BIO-CHECK" (rif. Parte 1) [1].

Su tale sistema sono state condotte 2 sperimentazioni distinte, che si sono differenziate per la tipologia di alimentazione in ingresso all'impianto:

- la prima sperimentazione ha impiegato una alimentazione costituita da quei formulati che hanno mostrato il miglior comportamento ecologico e quindi sono stati subito inseriti nella EFDL (LAV-2, STO-2, SUP-1, SUP-2, SUP-6, BUC-1, AMM-1 e MANI-3). Assieme a tali formulati, come refluo di sintesi per l'alimentazione dell'impianto, è stata addizionata la soluzione di "FOOD 2" già studiato in precedenza (rif. Parte 1) [1];
- la seconda sperimentazione ha impiegato, come alimento, un refluo reale costituito dall'acqua di scarico campio-

Tabella XI - Biodegradabilità dei formulati mediante misura del BOD₁₀.

Neretto = biodegradabilità ≤ 25%

Neretto corsivo = biodegradabilità 25-50%

Corsivo = biodegradabilità > 50%

Formulati	BOD ₁₀ (mg/l)	% Biodegradabilità calcolata (BOD ₁₀ / COD)
LAV-2	9,9	3
BRI-1	88,8	22
STO-1	206	52
STO-2	176	44
SUP-1	131	33
SUP-2	46,5	12
SUP-3	73,3	18
SUP-5	263	66
SUP-6	49,3	12
SUP-8	217	54
BUC-1	144	36
AMM-1	110	28
MANI-3	147	37
BUC-1 H	60,6	15
BUC-1 CI	8,5	2
PI-3 H	88,8	22
PI-3 CI	87,4	22
SUP-5 senza biocida	220	55
SUP-8 senza biocida	70,5	18
MANI-3 con sostituto CD	95,8	24
STO-1 con sostituto CD	145	36
STO-1 NEW	289	72
STO-2 NEW	200	50
SUP-3 NEW	172	43
SUP-8 NEW	262	66
BUC-1 NEW	186	47
BRI-1 NEW	120	30

nata presso un'importante struttura alberghiera con sede a Livorno di seguito definita Hotel. Quest'ultima è stata presa come Centro di Sperimentazione che ha utilizzato, nel periodo di prova, esclusivamente i formulati facenti parte della EFDL definitiva. Essa è stata stilata sulla base dei risultati sperimentali ottenuti dalle prove con microvasche, di esigenze produttive e richieste di mercato; la EFDL, quindi, è costituita da: LAV-2, BRI-1, STO-2, SUP-1, SUP-2, SUP-3, SUP-6, SUP-8, BUC-1, AMM-1 e MANI-3. Dove necessario, il refluo è addizionato anch'esso con il "FOOD 2" in modo da garantire sempre un apporto costante di COD in entrata al depuratore.

Tale sistema è messo in funzione alimentando il fango con il "FOOD 2" per 8 giorni, al fine di acclimatare la biomassa a tali condizioni e prepararla per le sperimentazioni successive (Parte 1) [1].

IMPIEGO DEL "BIOCHECK" PER LO STUDIO DELLA BIODEGRADABILITÀ DI UN REFLUO DI SINTESI

In seguito alla messa a punto dell'impianto "BIOCHECK" (Parte 1), è stata condotta la sperimentazione per la determinazione della biodegradabilità di una miscela di formulati, i quali sono sicuramente da includere nella EFDL: tali prodotti, infatti, hanno mostrato un buon comportamento in termini di biodegradabilità e di impatto ambientale durante le speri-

mentazioni singole eseguite mediante i sistemi di depurazione pilota e le misure di BOD₁₀.

Tali prodotti sono i seguenti: LAV-2, STO-2, SUP-1, SUP-2, SUP-6, BUC-1, AMM-1 e MANI-3.

Tali formulati costituiscono un primo nucleo di prodotti che, tra quelli testati, hanno mostrato risposte adeguate a specifiche esigenze della detergenza, nel rispetto degli obiettivi ambientali prefissati.

Successivamente, a questi formulati ne sono stati aggiunti altri, necessari per le esigenze di detergenza non coperte dai precedenti, scelti tra le formulazioni testate secondo i criteri impostati nel presente studio.

L'alimentazione di sintesi è quindi preparata in modo tale che il COD totale sia pari a 400 mg/l: 200 mg/l forniti da alimento biologico e 200 mg/l dalla miscela dei formulati. In tal modo il refluo di sintesi impiegato per lo studio della biodegradabilità dei formulati contiene concentrazioni di tensioattivi pari a circa 32 mg/l di MBAS e 11 mg/l di BiAS.

La valutazione dell'impatto ambientale di tali prodotti sul sistema di fanghi attivi è condotta mediante valutazione dei seguenti parametri:

- COD, MBAS, BiAS, BOD₁₀, DHA, SBI, SSV, OURs;
- SPME-GC-MS: tale tecnica permette di rilevare le sostanze presenti nell'alimentazione in entrata al depuratore e quelle riscontrabili anche nel refluo in uscita allo stesso.

Valutando complessivamente i risultati forniti dalle diverse prove condotte sul fango e sul refluo in uscita dall'impianto pilota, è possibile concludere che questa miscela di formulati (non ancora contenente la EFDL definitiva), a concentrazioni di utilizzo molto elevate, provoca un immediato peggioramento delle condizioni generali del fango; successivamente, il sistema prosegue con un assestamento dei parametri in esame; quindi si ha un peggioramento finale sia della salute del fango, che della sua conseguente capacità depurativa.

In definitiva comunque, i risultati della sperimentazione non devono essere letti in maniera negativa, in quanto le concentrazioni delle formulazioni impiegate sono enormemente maggiori rispetto a quelle reali, con un apporto di tensioattivi totali particolarmente elevato, come è possibile osservare da un confronto dei valori ottenuti dalla campagna sperimentale presso l'Hotel.

IMPIEGO DEL "BIOCHECK" PER LO STUDIO DELLA BIODEGRADABILITÀ DI UN REFLUO REALE

La definitiva composizione della EFDL è la seguente: LAV-2, BRI-1, STO-2, SUP-1, SUP-2, SUP-3, SUP-6, SUP-8, BUC-1, AMM-1 e MANI-3.

Tali prodotti sono stati forniti all'Hotel, che è il Centro di Sperimentazione presso cui è stato campionato il refluo reale con cui alimentare l'impianto pilota "BIOCHECK".

La prima settimana di prove si è provveduto all'acclimatamento del fango in vasca: al termine di tale periodo il fango ha mostrato un ottimo stato di salute, concentrazione di DHA, e quindi di capacità ossidativa del fango, abbastanza alta; molto alta risultava anche la quantità di biomassa presente (SSV).

Le prove di depurabilità dello scarico proveniente dall'Hotel sono state condotte alimentando l'impianto pilota con un refluo avente un COD costante e pari a 400 mg/l, ad eccezione di un periodo di 4 giorni nei quali il fango è stato alimentato con 500 mg/l di COD poiché la sua salute complessiva era assai peggiorata.

Il prelievo dei campioni di acque reflue è stato effettuato in un pozzetto di ispezione della rete fognaria dell'albergo, che si trova a valle di tutte le immissioni inquinanti caratteristiche.

Per cogliere al meglio le caratteristiche dei reflui prodotti dall'attività, disomogenea da giorno a giorno ma anche nell'arco della medesima giornata, si è provveduto ad effettuare un campionamento continuo dei reflui presenti nel pozzetto, mediante un idoneo sistema di aspirazione con pompa peristaltica. Il refluo medio ottenuto (mediamente 50 litri/giorno) è considerato rappresentativo dello scarico giornaliero medio dell'attività.

Allo scopo di correlare la qualità dei reflui prodotti all'attività e alle caratteristiche ambientali delle stesse, ogni giorno, prima del prelievo delle acque reflue medie campionate automaticamente nelle 24 ore precedenti, sono stati determinati i consumi ponderali dei singoli prodotti della fornitura ecologica, effettuando le pesate di tutti i contenitori in uso presso l'Hotel; tali consumi specifici dei detersivi sono diversi da giorno a giorno.

In Figura 1 sono riportati gli andamenti percentuali dei consumi totali giornalieri e le presenze percentuali calcolate sul totale dei giorni in cui sono stati effettuati i campionamenti. Dal grafico è possibile osservare il buon accordo tra le percentuali dei consumi dei formulati e le presenze in Hotel.

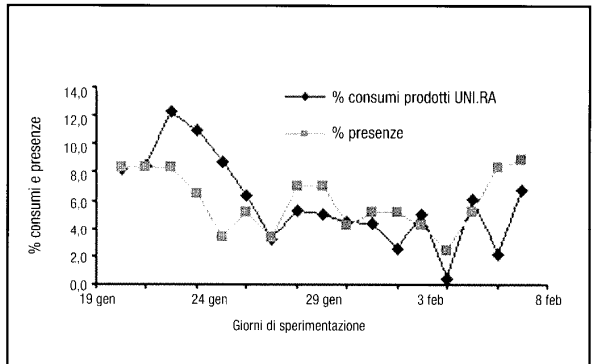


Figura 1 - Andamenti percentuali consumi formulati e presenze presso l'Hotel Mediterraneo nei giorni di sperimentazione

Ai fini di una corretta gestione delle prove, ogni scarico medio giornaliero dell'attività, prima di essere alimentato all'impianto pilota, è stato caratterizzato mediante la misura del pH, conducibilità, Domanda Chimica di Ossigeno (COD), contenuto di tensioattivi anionici (MBAS) e tensioattivi non ionici (BiAS).

Le Figure 2 A, B e C mostrano come tutti i parametri chimici in esame siano ben correlati con gli andamenti dei consumi dei prodotti ecologici e, di conseguenza, con la percentuale delle presenze presso il Centro di Sperimentazione. La sostanziale correlazione dei suddetti parametri permette di affermare che la qualità dei reflui prodotti dall'attività è influenzata in maniera esclusiva dall'uso dei suddetti prodotti, per cui la sperimentazione può essere ritenuta effettivamente rappresentativa della depurabilità degli stessi.

Si può altresì concludere, visti gli andamenti dei parametri chimici, che questi sono tra loro strettamente correlati, per cui la misura del COD diviene, indirettamente, una misura di ognuno degli altri due parametri (MBAS e BiAS), e viceversa.

La sperimentazione in oggetto si è sviluppata in un arco

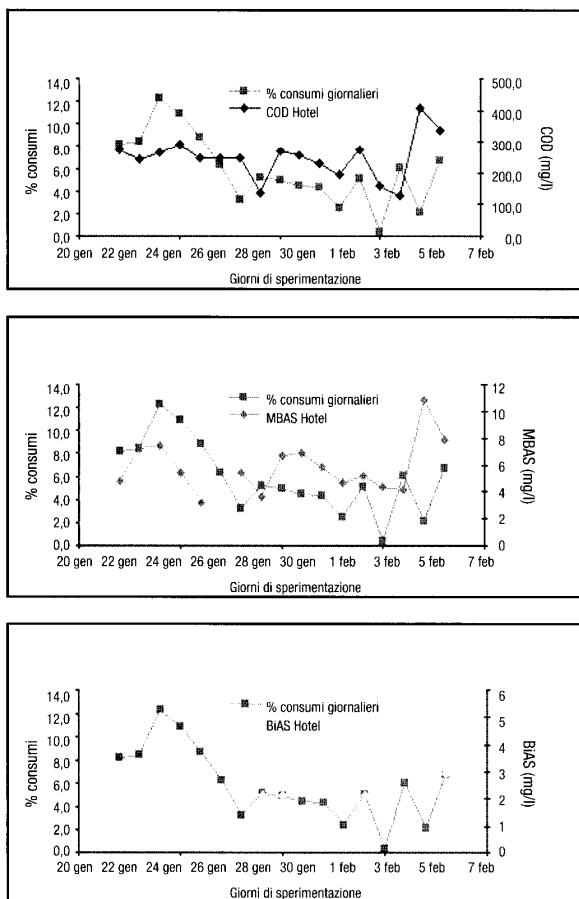


Figura 2 - Correlazioni % consumi rispetto ai parametri chimici: COD, MBAS, BIAS dello scarico campionato presso l'Hotel Mediterraneo

temporale di 17 giorni effettivi di campionamento e corrispondenti attività di studio degli effetti del refluo campionato sul sistema di fanghi attivi.

Risultati parametri chimici

In ragione delle migliori condizioni di alimentazione, che prevedono un efficace ricambio del surmatante della vasca di ossidazione del "BIOCHECK" nell'arco dei 3 giorni, è prevedibile che una corretta valutazione comparativa ingresso - uscita richieda di "sfalsare" i dati appunto di 3 giorni.

In realtà, dalla sperimentazione effettuata, è stato verificato che i risultati più attendibili si hanno confrontando tra loro le caratteristiche di un refluo medio trattato dal "BIOCHECK" con quelle dell'alimentazione attivata 48 ore prima (quindi con uno sfasamento di solo 1 giorno tra ingresso ed uscita).

I risultati riportati nella Figure 3 A e B dimostrano che i limiti di legge sono ampiamente rispettati sui reflui trattati sia per il COD che per la concentrazione di tensioattivi totali presenti. Gli abbattimenti percentuali dei parametri chimici risultano ottimi per il COD e gli MBAS, abbastanza buoni per i BIAS.

Gli andamenti dei BOD₁₀ dello scarico campionato presso l'Hotel con il relativo refluo in uscita dal BIOCHECK confermano il buon comportamento ecologico di tali prodotti.

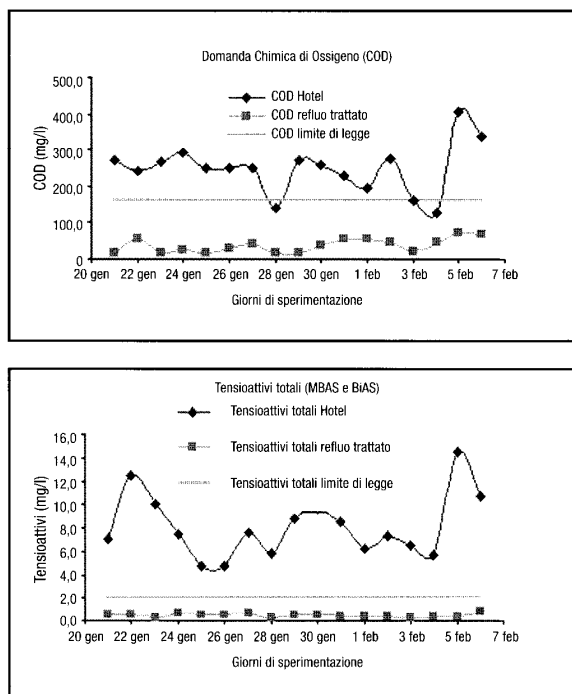


Figura 3 - Andamento parametri chimici acque di scarico campionate presso l'Hotel Mediterraneo e dello stesso refluo trattato con fanghi attivi: COD, Tensioattivi totali

Si tratta, in definitiva, di un rendimento assai buono e confrontabile con i migliori risultati di impianti di depurazione civili a piena scala.

Risultati parametri biologici

I risultati relativi ai parametri biologici sono osservabili in Figura 4.

Dopo tre giorni dall'inizio dell'alimentazione della biomassa con il refluo dell'Hotel, la qualità del fango è notevolmente peggiorata e i valori dell'enzima si sono abbassati notevolmente; è stata quindi aumentata la concentrazione della componente FOOD nell'alimento in entrata all'impianto.

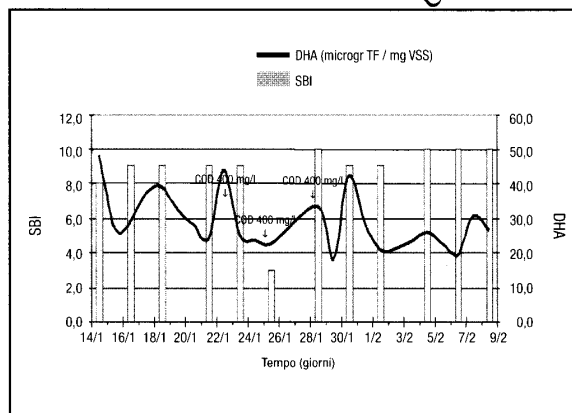


Figura 4 - Andamento dei parametri biologici - Refluo Hotel

Questa scelta si è rivelata effettivamente idonea alla situazione perché, così facendo, dopo soli tre giorni, la qualità della microfauna è nuovamente cambiata, passando da "pessima" a "ottima", così come i valori dell'enzima deidrogenasi, che hanno ricominciato a salire. Alla fine della sperimentazione il fango si presentava di qualità ancora ottima.

Risultati parametri tossicologici

Le misure di tossicità cronica sono state eseguite giornalmente monitorando il comportamento del fango tal quale (ovvero in presenza del suo surnatante) e del fango a contatto con l'alimentazione che ha ricevuto nelle 24 ore precedenti. Sulla base della correlazione esistente tra i parametri chimici (COD, MBAS e BIAS) caratterizzanti i campioni giornalieri prelevati presso l'Hotel ed i consumi dei formulati facenti parte della EFDL, sono state studiate le possibili dipendenze delle caratteristiche di tossicità delle acque di scarico dal COD dello scarico stesso. In Figura 5, sono riportati gli andamenti di COD del refluo dell'Hotel e OURs del fango tal quale. Si rileva facilmente che esiste una correlazione inversa tra l'OURs del fango tal quale ed il COD, ovvero quando il COD è in crescita, l'OURs scende. Questo significa che il fango "sente" la presenza delle sostanze presenti nel refluo, e reagisce con una minore capacità di degradazione (coerentemente con quanto rilevato dal parametro DHA). In definitiva, quanto maggiori sono i consumi dei formulati e maggiori sono le concentrazioni di MBAS e BIAS nello scarico e quindi il COD, tanto minore è l'OURs e quindi maggiore è la tossicità del refluo campionato e la difficoltà da parte del fango nel depurarlo. Questo tipo di andamento testimonia una buona risposta del fango alle famiglie di tensioattivi che compongono la EFDL.

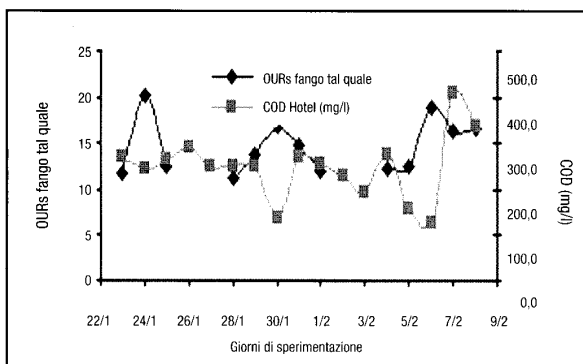


Figura 5 - Andamenti OURs fango tal quale e COD del refluo campionato presso l'Hotel Mediterraneo

Una serie di prove è stata dedicata alla valutazione della tossicità acuta della miscela sintetica di detergenti EFDL che è usata per la sperimentazione.

È stata preparata una miscela dei detergenti in rapporti ponderali corrispondenti ai consumi ricavati nel periodo di sperimentazione presso l'Hotel. Tale miscela (denominata MIX) è stata diluita con acqua di rete per produrre miscele aventi valori di COD crescenti fino a 215.000 mg/l.

È quindi stato messo a confronto il valore del rapporto tra OURs e OURs endogeno del fango sia in presenza delle diverse miscele MIX, che del FOOD 2 in concentrazioni di COD paragonabile.

Il risultato che si ottiene, illustrato in Figura 6, dimostra una

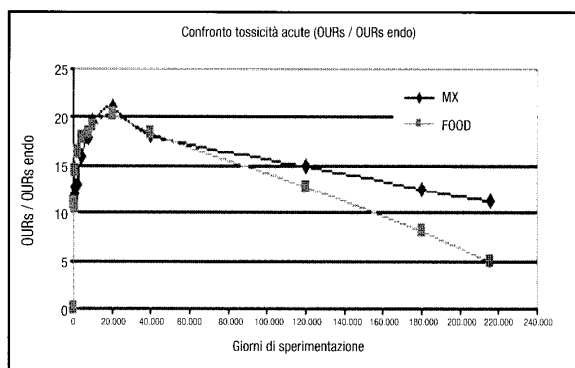


Figura 6 - Confronto tossicità acute tra alimentazione biologica (FOOD 2) e miscela formulati EFDL

sostanziale confrontabilità nella tossicità acuta della miscela di detergenti rispetto a quella dell'alimento biodegradabile, a patto che il fango con cui si effettua la prova sia stato preventivamente acclimatato alla tipologia dei composti specifici.

Risultati delle analisi cromatografiche SPME-GC-MS

Lo studio dei cromatogrammi dei reflui in ingresso ed in uscita al BIOCHECK evidenzia che le specie rilevabili nel refluo in ingresso risultano tutte completamente abbattute; nel refluo in uscita si ritrovano concentrazioni minime di un composto, identificato tentativamente come alcol 3-esanolo o n-ottanolo, che non è rilevata nell'alimentazione, e che deriva ragionevolmente dalla metabolizzazione parziale di un componente dei formulati.

Risultati analisi chemiometriche

Per comprendere fino in fondo le correlazioni esistenti tra i risultati ottenuti dalla sperimentazione condotta, i dati sperimentali sono stati analizzati mediante analisi statistica multivariata PCA.

Dall'elaborazione dei risultati relativi ai reflui in ingresso (IN) ed in uscita (OUT) dal "BIOCHECK", si notano le seguenti correlazioni:

- SUP-2, MANI-3 e $BiAS_{IN}$ sono correlati, come ad indicare che sono questi due formulati a contribuire maggiormente alla positività dell'analisi $BiAS$ del refluo dell'Hotel;
- Si evidenziano correlazioni tra BOD_{10IN} , SUP-3, SUP-1 e STO-2, come se l'uso di questi formulati fosse associato al maggior contributo di carico organico maggiormente biodegradabile del refluo dell'hotel;
- Il COD_{OUT} è inversamente correlato a SUP-3 e STO-2; ciò significa che l'uso di tali formulati è associato ad un apporto al carico del refluo dell'Hotel, che viene metabolizzato dal fango attivo in modo più efficace rispetto al carico associato all'uso di altri formulati;
- $BiAS_{OUT}$ è correlato a BRI-1 (in misura meno rilevante con LAV-2 e SUP-8); quindi, è questo formulato il responsabile del maggiore carico inquinante (in termini di $BiAS$) non metabolizzato dai fanghi;
- BUC-1 e AMM-1 non risultano influenzare le risposte e, pertanto, si può concludere che in questo contesto (ovvero con la presenza di altre tipologie di formulati e delle loro relative quantità) non hanno alcun effetto sulla qualità delle acque;

- MANI-3 e SUP-2 risultano correlati a OF/OE* in modo diretto, ovvero il loro incremento genera un aumento del valore di tale rapporto e, quindi, una diminuzione della tossicità cronica del refluo;
- La misura dell'ossigeno disciolto in vasca (O₂) è correlata inversamente con MANI-3 e SUP-2.

Risultati test dermatologici

I test dermatologici sono stati eseguiti al fine di valutare il potenziale irritante per le cute di due detergenti inclusi nella EFDL, il cui utilizzo comporta il diretto contatto con la pelle.

Sono effettuati due test di irritazione cutanea: un test di uso (*wash test*) e un test di stress (*patch test*). I test sono condotti in accordo con le metodologie più usate per la valutazione della capacità irritante di un detergente mancando, al momento, una normativa di legge nazionale che disciplini la materia per i detergenti e, di conseguenza, le modalità per riportare in etichetta la dicitura "dermatologicamente testato", come è invece per altre categorie merceologiche.

I risultati relativi a tali indagini sono i seguenti:

- Il detergente MANI-3 presenta un'ottima tollerabilità, evidenziata sia dal test d'uso che dal test di stress, non inducendo alterazioni cliniche né variazioni dell'idratazione cutanea di rilievo clinico.
- Il detergente STO-2 presenta un'elevata tollerabilità, ad entrambi i test, non evidenziando alterazioni dell'idratazione cutanea di rilievo. Clinicamente sono apprezzate minime alterazioni in alcuni soggetti, senza alcuna sintomatologia, tali da non modificare il giudizio di elevata tollerabilità del prodotto.

CONCLUSIONI

Lo studio ha consentito di costituire un "pacchetto" di detergenti, in grado di soddisfare le diverse esigenze di detergenza di una collettività, cui attribuire il marchio distintivo EFDL, in ragione delle sue caratteristiche di elevata biodegradabilità e compatibilità ambientale.

Il lavoro sperimentale è inizialmente dedicato alla messa a punto di impianti di depurazione su scala di laboratorio per la valutazione della biodegradabilità e dell'impatto ambientale, al fine di qualificare i singoli formulati ed, all'interno di essi, le diverse materie prime componenti.

La valutazione del comportamento ambientale di formulazioni ha permesso di acquisire esperienze ed evidenze che testimoniano come, in alcuni casi, sia possibile conseguire

(*) Nota: OF = OURs del fango tal quale
OE = OURs del fango endogeno

un migliorato comportamento del formulato con la sostituzione di componenti critici. In altri casi, invece, le sostituzioni operate e le riformulazioni dei prodotti non hanno portato a sostanziali benefici.

Sulla base degli elementi raccolti, sono stati individuati 11 formulati che sono andati a costituire la EFDL.

Nell'impostazione generale del progetto, uno degli elementi di fondo è costituito dalle particolari condizioni sperimentali: le caratteristiche di compatibilità ambientale sono dimostrate non solo in test predisposti allo scopo, ma anche nelle reali condizioni d'uso, dove numerosi fattori possono sovvertire le previsioni basate sulla conoscenza dei comportamenti dei singoli componenti delle complesse miscele in gioco.

Per questo motivo, la fase decisiva e conclusiva del lavoro è stata dedicata allo studio del comportamento dei suddetti formulati facenti parte della EFDL in una sperimentazione "su campo" appositamente progettata.

Tale sperimentazione ha permesso di riscontrare che l'impiego esclusivo dei detergenti della EFDL da parte di una collettività produce reflui che possono essere agevolmente depurati e ricondotti nei limiti di accettabilità per lo scarico in acque superficiali (abbattimento medio MBAS 96,8%; BiAS 83,3%, COD 90,5%).

È inoltre dimostrato che l'uso della suddetta famiglia di detergenti, pur richiedendo una inevitabile acclimatazione da parte del fango, non produce fenomeni di tossicità né a livello acuto, né cronico; inoltre i detergenti impiegati hanno un comportamento sostanzialmente omologo dal punto di vista della depurabilità.

I prodotti della suddetta linea maggiormente soggetti a venire a contatto con la cute (MANI-3 e STO-2) sono stati sottoposti a test di tipo dermatologico, evidenziando l'assenza di effetti indesiderati anche ad un uso prolungato.

L'attribuzione del marchio EFDL alla suddetta categoria di prodotti risulta quindi ampiamente giustificata in quanto documentata su una base sperimentale ampia e scientificamente non eccezionale.

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. VALENTINI, S. CARIGNANI, F. GAMBINERI, F. BRACA, A. BAZZICHI, F. CERVELLI, F. TITTA, I. TURINI, G. REGOLI, Studio di formulazioni di detergenti per collettività caratterizzate da elevata biodegradabilità e basso impatto ambientale. Nota I: Messa a punto impiantistica di sistemi di depurazione su scala di laboratorio per la valutazione della biodegradabilità e dell'impatto ambientale Riv. Ital. Sostanze Grasse 80 (3-4) (2003)
- [2] R. D. SWISHER, Surfactant biodegradation - 2nd edition