



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

## ***Valutazione della sanificabilità dei dispositivi di Trasporto , Stoccaggio e Gestione dei Dispositivi Medici Materiali - Trattamenti superficiali - Geometrie di base***

**Gruppo di Lavoro:** Prof. Riccardo Guidetti (DiSAA), Dott. Laura Franzetti e Dott. Mauro Scarpellini (DeFENS).

### **ABSTRACT**

#### **PREMESSE/SCOPO:**

L'ambiente ospedaliero rappresenta una importante fonte di contaminazione microbica. Nonostante i progressi compiuti negli ultimi anni relativamente all'individuazione dei fattori di rischio e la messa a punto di tecniche di prevenzione, le infezioni ospedaliere continuano ad essere un grosso problema per la Sanità (MeMo 6, 2011), in termini di mortalità, morbilità e costi sociali.

Scopo del presente studio è: individuare la Materia Prima più indicata per la realizzazione dei sistemi di Trasporto, Stoccaggio e Gestione dei dispositivi medici e/o generici (Carrelli, Armadi, Dispositivi, ecc.) da utilizzare preferibilmente in ambiente ospedaliero, al fine di consentire una più efficace e facile sanificabilità operativa ed ambientale.

#### **MATERIALI E METODI:**

- Le materie prime confrontate nel presente studio sono :  
Acciaio Inossidabile Austenitico , Alluminio Anodizzato, Acciaio Generico (Ferro) Verniciato, Acciaio Generico (Ferro) Cromato, Corian® , Baydur® , Polistirene.
- I Microorganismi Test (agenti infettanti) utilizzati sono: *Escherichia coli* DSMZ 30083<sup>T</sup>, *Enterococcus faecalis* DSMZ 20478.
- Il Disinfettante Utilizzato è: disinfettante a base di Ammonio quaternario, ampiamente utilizzato in ambiente ospedaliero.
- Conte Microbiche:  
Per il recupero dei microrganismi dalle superfici contaminate sono state adottate in parallelo la tecnica dei tamponi e delle spugnette, entrambe ritenute idonee per la normativa ISO. Per la conta delle forme microbiche vive e vitali sono stati utilizzati sia terreni selettivi specifici per il microrganismo in oggetto che un terreno generico.



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

### **RISULTATI:**

*Gli Acciai Inossidabili Austenitici sono i materiali più resistenti all'attacco microbico presentando una ridotta adesione microbica di entrambi i microorganismi.*

*L'alluminio Anodizzato e le due tipologie di Acciaio Generico (Ferro) si pongono in posizione intermedia .*

*Polistirene, Corian® , Baydur® , sono i materiali ai quali più facilmente aderiscono i microorganismi.*

### **CONCLUSIONI:**

*La materia prima più indicata per la realizzazione dei sistemi di Trasporto e Stoccaggio e Gestione di dispositivi medici e/o generici (Carrelli, Armadi, Supporti, ecc.) è l' ACCIAIO INOSSIDABILE AUSTENITICO.*

*A consigliarne l'utilizzo, sono le seguenti evidenze:*

- *La miglior sanificabilità*
- *La minore tendenza dello sporco organico (microorganismi) a restarvi adeso.*
- *La minore affinità microbica che favorisce la pulizia e l'allontanamento dello sporco anche dopo un prolungato impiego ed aumento della rugosità (Vasone 2011).*
- *La minor tendenza a sviluppare vaiolature, abrasioni, fessurazioni da usura. Negli altri materiali in particolare quelli plastici-polimerici, quelli rivestiti da strati di vernice, cromo o ossidi; le abrasioni, fessurazioni e vaiolature creano siti all'interno dei quali microorganismi crescono e proliferano, rimanendo protetti dall'azione dei disinfettanti. Inoltre nei materiali stratificati (verniciati, cromati) la possibile sfogliazione dello strato superficiale genera macroimpurità.*



## **1. INTRODUZIONE**

L'ambiente ospedaliero rappresenta una importante fonte di contaminazione microbica. Nonostante i progressi compiuti negli ultimi anni relativamente all'individuazione dei fattori di rischio e la messa a punto di tecniche di prevenzione, le infezioni ospedaliere continuano ad essere un grosso problema per la sanità (MeMo 6, 2011).

Per infezioni ospedaliere si intendono tutte quelle patologie che insorgono nel corso del ricovero in ospedale o immediatamente dopo le dimissioni del paziente: si tratta di infezioni di vario grado di intensità fino ad essere letali.

Le principali cause di trasmissione delle infezioni correlate all'assistenza sanitaria possano essere (da [www.epicentro.iss.it](http://www.epicentro.iss.it)):

1. Contatto diretto tra persona sana e infetta (contatto tramite mani)
2. Trasmissione attraverso fluidi corporei (essudato, ecc.) tra una persona infetta ed una suscettibile;
3. Contatto indiretto tramite dispositivi contaminati (endoscopi, ecc.)
4. Diffusione dell'infezione tramite mezzi condivisi (cibo, sangue, ecc.)
5. Attraverso l'aria che trasporta microorganismi trasmessi a distanza.

Alla base della loro prevenzione è prima di tutto l'adozione di corrette prassi di sanificazione del personale ed una gestione dei flussi in ambito ospedaliero (cause 1, 2 e 4); non deve essere trascurata, però, la detergenza e la disinfezione degli ambienti e delle attrezzature qualsiasi sia il loro impiego (cause 3 e 5). All'interno dei dispositivi presenti nell'ambito ospedaliero, basandosi sulla letteratura EBM (Evidence Based Medicine), è possibile identificare tre tipologie di dispositivi (MoMa, 6):

1. Dispositivi destinati ad entrare in contatto con il paziente solo se sterili (strumenti chirurgici, cateteri, ecc.): sono considerati articoli critici in quanto possono generare infezioni se trasmettono microorganismi indesiderati. Per questo motivo sono sottoposti a trattamenti di sterilizzazione;
2. Dispositivi destinati al contatto con mucose e pelle non integra tipo sonde o endoscopi: sono considerati articoli semicritici in quanto, solitamente, è richiesto un livello non sterile poichè i tessuti in questione riescono a resistere alla eventuale presenza di spore ma non di altri



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

microorganismi per la cui eliminazione è sufficiente un trattamento di pastorizzazione o di detergenza chimica.

3. Dispositivi destinati al contatto con cute intatta ma non con le mucose: sono dispositivi considerati non critici per i quali è necessario prevedere solo una eliminazione/riduzione della carica microbica in quanto la cute intatta costituisce una barriera sufficiente per preservare la salute dell'individuo. Possono costituire un fattore di trasmissione secondaria contaminando le mani degli operatori che poi entrano in contatto con pazienti aventi cute lese.

La sanificazione, pertanto, delle superfici deve costituire una delle principali attività del personale ospedaliero per garantire un livello igienico adeguato alla criticità presente ed eliminare una delle possibili cause di contaminazione (WHO, 2002).

Definendo pertanto la sanificazione come la scienza applicata che ha per oggetto la progettazione, lo sviluppo, l'implementazione, il mantenimento, il ripristino e/o il miglioramento delle procedure e delle condizioni igienico-sanitarie (Mariott e Gravani, 2008) è evidente che il miglior risultato si ottiene agendo sui due fattori principali (tenuto conto che il fenomeno dell'inquinamento non è completamente sotto controllo ed in una valutazione del rischio igienico è opportuno non limitarli) ossia la tipologia/conformazione del materiale e la tipologia del detergente con il suo grado di reattività nei confronti dei principali organismi riscontrabili.

Da qui l'importanza di utilizzare per la progettazione materiali ed una geometria che permettono una facile pulizia da un lato e dall'altro non costituiscano un substrato favorevole alla adesione microbica. (Arnold, 2001). Gli Acciai Inossidabili Austenitici, per le loro proprietà, costituiscono la scelta più logica tra i materiali di fabbricazione degli arredi ospedalieri, tuttavia i materiali polimerici sono spesso preferiti rispetto agli Acciai Inossidabili Austenitici specialmente per il costo contenuto ed il peso inferiori.



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

## 1.1 Rugosità

Qualsiasi superficie, esaminata con un mezzo ottico a sufficiente ingrandimento, rivela scabrosità costituite da solchi e creste. Il grado di finitura delle superfici lavorate è certamente un parametro importante di cui si deve tenere conto. Non è sufficiente ricercare materiali con migliori caratteristiche meccaniche, o attraverso l'adozione di tolleranze dimensionali assai spinte, se tale esigenza non si accompagna ad un buon livello di finitura superficiale.

Secondo le linee guida della European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG, 2004) le superfici a contatto con materiali biologici dovrebbero avere una finitura con un valore di Rugosità Media ( $R_a$ ) accettabile e non presentare imperfezioni come vaiolature, pieghe e fessure. Aree estese di superficie a contatto non dovrebbero superare una  $R_a$  di 0,8  $\mu\text{m}$ , anche se la pulibilità dipende in gran parte dalla tecnologia di finitura superficiale applicata, in quanto può influire sulla topografia della superficie.

Oltre ad essere fondamentale per le caratteristiche igieniche delle superfici, il grado di finitura superficiale è importante per il buon funzionamento di componenti meccanici destinati all'accoppiamento, in particolare il grado di riempimento del profilo influisce sulla resistenza all'usura. Superfici con elevato grado di finitura superficiale presentano migliore resistenza alla corrosione rispetto alle superfici con elevata rugosità. Non è detto tuttavia che un basso valore di rugosità sia sempre la soluzione migliore, anzi in alcune circostanze un minimo di rugosità è indispensabile, come avviene ad esempio per i componenti che necessitano di lubrificazione.

Tuttavia, nonostante le discrepanze nei risultati trovati nella letteratura tecnica riguardo l'adesione batterica e la pulibilità dell'acciaio inossidabile, la maggior parte degli autori concorda nell'affermare che un  $R_a$  ridotto sia correlato a una migliore igiene (Jullien, 2002).

## 1.2 Progettazione igienica degli impianti e dei dispositivi.

Gli arredi ospedalieri devono essere ottenuti attraverso una progettazione igienica, che prevenga la contaminazione e la moltiplicazione microbica. Una progettazione igienica non adeguata renderà la pulizia più difficoltosa. Nelle fessure e negli spazi morti che si possono con il tempo formare,



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

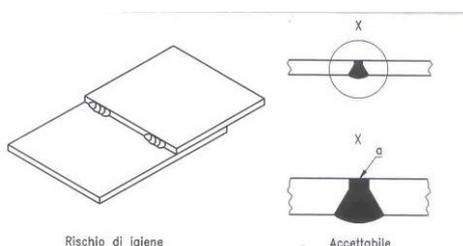
possono infatti rimanere intrappolati dei residui di sporco che permettono ai microrganismi presenti, ma anche provenienti dall'ambiente, di sopravvivere e moltiplicarsi sino a livelli inaccettabili.

Uno degli obiettivi primari della progettazione igienica è quello di assicurare che le strutture siano in grado di svolgere la loro funzione, tuttavia i requisiti igienici talvolta entrano in conflitto con tale obiettivo. Alla ricerca di un compromesso accettabile, bisogna però ricordare che la sicurezza dei pazienti non deve assolutamente mai essere messa in pericolo.

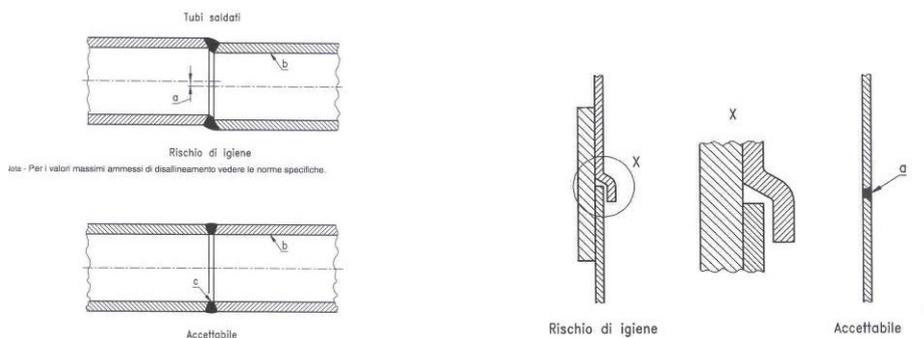
Per la progettazione è importante seguire dei criteri base, in particolar modo per quanto riguarda le superfici e la loro geometria, esse devono essere pulibili. Le superfici devono essere resistenti a tutti i detergenti e disinfettanti in tutta la gamma di condizioni operative (condizioni d'uso previste). Il settore, però, non ha ancora formulato dei criteri oggettivi e condivisi: contrariamente al settore alimentare, dove la legislazione in termini di igiene delle attrezzature ha prodotto una serie di documenti tecnici ormai consolidati, il settore delle attrezzature ospedaliere non ha ancora formulato degli standard precisi. Anche la letteratura degli igienisti si è concentrata sulla definizione delle patologie e sulla identificazione delle cause: i dispositivi non critici (vedi), non sono ancora oggetto di criteri specifici atti a ridurre l'inquinamento da patogeni correlati. Trattandosi, però, sempre di aspetti igienici riconducibili alla rimozione di microrganismi, si è ritenuto marcare i principi propri del disegno igienico che devono ispirare una corretta progettazione dei sistemi anche nel contesto ospedaliero.

Alcune regole per la realizzazione di superfici secondo criteri igienici sono (EHEDG, 1997; EN 1672-2:2009)

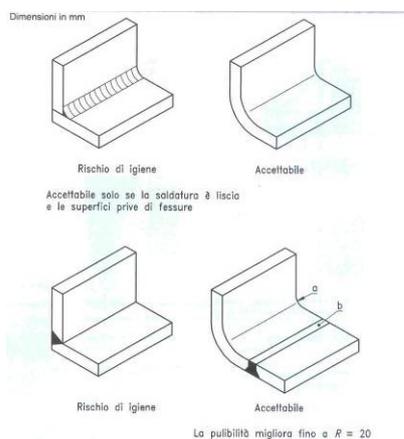
- Evitare giunzioni metallo/metallo dirette, eccetto quelle saldate (il contatto tra metalli può ospitare sporcizia e microrganismi). Nel caso di apparecchiature destinate a lavorazioni in asettico, esiste anche il pericolo che le tenute metallo/metallo non impediscano l'ingresso di batteri.
- Evitare gradini causati da un cattivo allineamento delle connessioni delle apparecchiature e delle tubazioni.



- Nel caso si utilizzino delle tenute o delle guarnizioni, il loro design deve essere tale da non presentare fessure nelle quali residui di sporcizia possano rimanere intrappolati e i batteri si possano accumulare e moltiplicare.



- Gli angoli dovrebbero preferibilmente avere un raggio uguale o superiore a 6 mm; il raggio minimo è di 3 mm. Bisogna evitare gli angoli acuti. In generale, comunque, i raccordi devono essere il più ampio possibile per facilitare le operazioni di pulizia.

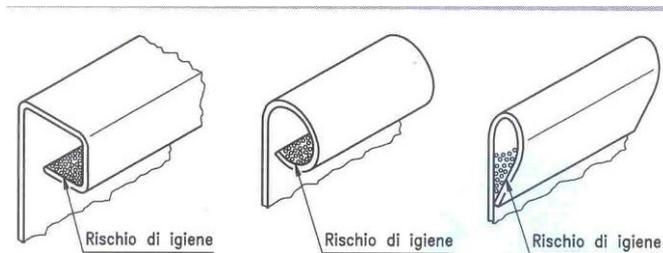


- Se utilizzati come punto di tenuta, gli angoli dovrebbero essere il più possibile “a spigolo vivo” per formare una tenuta stagna nel punto più vicino all’interfaccia prodotto/tenuta. In

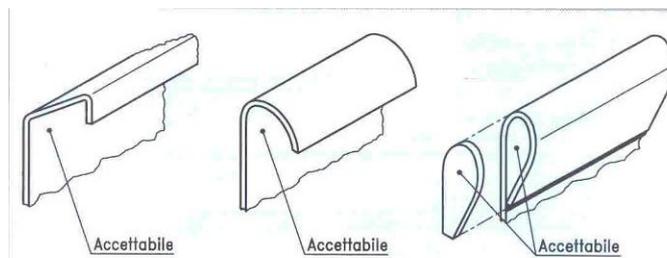


questa situazione potrebbe essere necessario un piccolo smusso o un raccordo di 0,2 mm per evitare danni alle tenute elastomeriche durante i cicli termici.

- La parte finale di una superficie deve impedire l'accumulo di sporcizia/microorganismi in zone realizzate per evitare problemi di sicurezza per gli operatori.



Benché tutte le versioni illustrate per la finitura del piano di lavoro conferiscano una certa rigidità alla costruzione, esse formano spazi in cui possono annidarsi residui di prodotto che risultano difficili da pulire.



Quando viene impiegato questo metodo di costruzione, le estremità aperte dovrebbero essere 'chiusure' al fine di evitare che possano rimanervi intrappolati residui di prodotti. La saldatura deve essere levigata e lucidata al fine di garantire una superficie liscia.

Qualora per ragioni tecniche e funzionali uno o più di questi criteri non potesse essere rispettato, la perdita di pulibilità va compensata e l'efficacia della soluzione adottata deve essere dimostrata mediante prove sperimentali.

- Tutte le superfici a contatto con il prodotto devono essere facilmente accessibili per l'ispezione visiva e la pulizia manuale.
- Si dovrebbe per quanto possibile evitare la formazione di condensa: zone umide favoriscono l'adesione microbica.
- Le apparecchiature e le strutture di sostegno vanno sigillate alla superficie di supporto (pavimenti, pareti, colonne, soffitto) in modo che non vi siano sacche o spazi vuoti. Le zone tra le apparecchiature e la costruzione civile dovranno essere idonee per la pulizia e le ispezioni (EHEDG, 1996).



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

- Le giunzioni permanenti metallo/metallo devono essere saldate in modo continuo e non presentare imperfezioni (EHEDG, 1993)

### **1.3 Adesione batterica**

L'adesione batterica è un fenomeno di carattere generale, che avviene qualunque siano i mezzi, i microrganismi o la natura dei supporti. I batteri aderiscono molto rapidamente alle superfici con cui vengono in contatto siano essi tessuti animali o vegetali, oppure supporti inerti. Per quanto riguarda i supporti inerti, il numero di microrganismi che aderisce alla superficie è relazionabile alla carica della superficie e al suo carattere idrofobico. Un numero maggiore di microrganismi aderisce a superfici idrofobe (teflon, polistirene e polipropilene), un numero inferiore aderisce a superfici metalliche con carica positiva o neutra e ancora meno a substrati idrofili carichi negativamente come vetro, mica e plastiche ossidate (3).

L'adesione batterica alle superfici segue tre tappe fondamentali (figura 1): l'adsorbimento, la fissazione e la colonizzazione (Cerf, 1986).

**Adsorbimento** è un fenomeno molto rapido che avviene in qualche decina di secondi ed è parzialmente reversibile (figure 2a, 2b).

Secondo la teoria di Derjaguine and Landau (1941), Vervey e Overbeek (1948), un microrganismo aderisce ad una superficie quando l'energia libera di interazione tra microrganismo e superficie risulta negativa; questa energia è la risultante di interazioni elettrostatiche ed elettrodinamiche. Le interazioni elettrostatiche, causate dalle cariche del doppio strato ionico, detto di Gouy-Chapman, presente sulla superficie della cellula batterica e sul substrato, generano fenomeni di repulsione se sono di segno uguale e di attrazione se contrari. A favorire l'attrazione intervengono anche delle interazioni elettrodinamiche, le forze di van der Waals, dovute all'accoppiamento delle fluttuazioni elettromagnetiche delle molecole cariche che costituiscono la superficie e il microrganismo. Secondo questa teoria esiste una forte attrazione a corta distanza (2 nm), una zona di repulsione da 2 a 6 nm e una zona di debole attrazione a 6 – 8 nm.

Il limite è rappresentato dal fatto che questa teoria non tiene conto della tensione superficiale dei sistemi interessati, deformazione delle cellule batteriche o la non uniforme distribuzione delle cariche (Gauthier e Isoard, 1989).

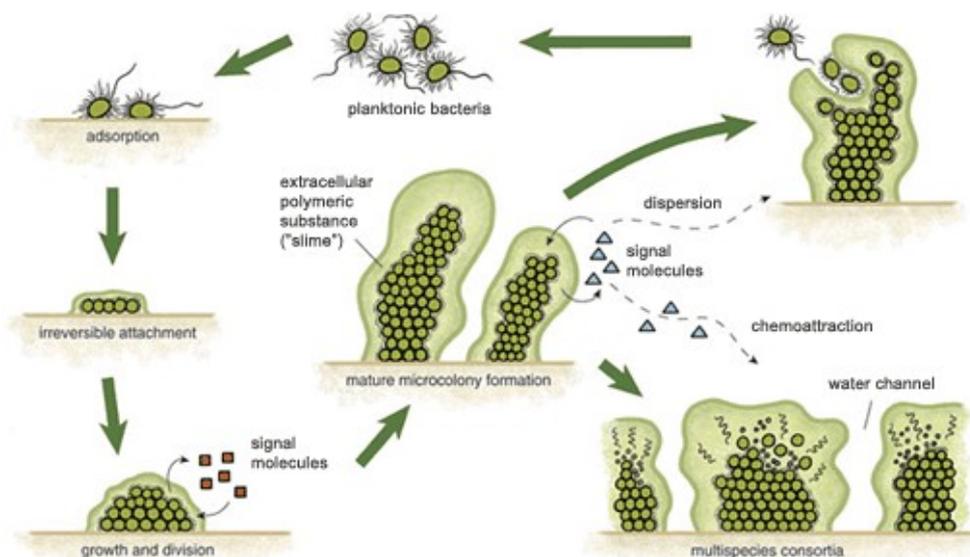


Figura 1 – Meccanismo di adesione batterica

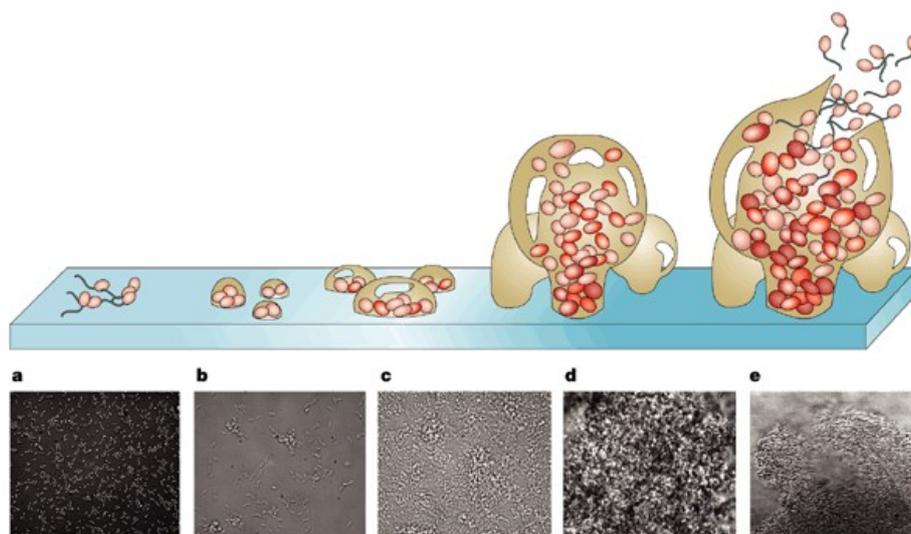
**Fissazione** (figura 2c), è una tappa irreversibile che si realizza ad opera di macromolecole quali polisaccaridi prodotti da alcuni microrganismi; è una fase più lenta di quella precedente in quanto legata al metabolismo della cellula microbica che può trovarsi in condizioni di carenze nutrizionali. I polisaccaridi escreti formano uno strato viscoso che favorisce l'ancoraggio microbico, ma anche la sopravvivenza in un ambiente competitivo di quei batteri che sono in grado di produrlo. Alternativamente l'adesione microbica è legata alla produzione di molecole quali lecitine o adesine (Bazaka *et al.*, 2011).

**Colonizzazione** i batteri una volta adesi alle superfici formano delle micro colonie che unendosi si ingrandiscono sino a originare una massa estesa che costituisce il biofilm (figure 2d, e 2e). La presenza di polisaccaridi, oltre a favorire la fissazione al supporto, può servire anche come riserva alimentare per i batteri e come protezione nei confronti delle soluzioni disinfettanti



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano



Nature Reviews | Drug Discovery

**Figura 2 - Fasi di formazione del Biofilm**

La formazione del biofilm rappresenta un grosso limite alle successive operazioni di pulizia in quanto i microrganismi in esso che lo costituiscono ed in esso intrappolati sono protetti dall'azione dei disinfettanti la cui azione viene così ad essere fortemente ridotta.

L'adesione è influenzata oltre che dalle caratteristiche del substrato dal pH, temperatura, il cui aumento comporta in genere un incremento del fenomeno e dal tempo di contatto con il substrato.

(Dunsmore *et al.*, 1982). In accordo con Fletcher 1977, l'adesione batterica è maggiore quando le cellule sono in fase esponenziale a 20°C che in fase stazionaria a 3°C (Vecchio and Galli, 1990).

La resistenza dei microrganismi ai disinfettanti è poi diversa se questi sono sospesi in un liquido o adesi a una superficie solida; infatti un microrganismo in sospensione presenta una maggior superficie di contatto con il disinfettante, e la diffusione del disinfettante è più rapida in un liquido che in una capsula mucosa (Cerf, 1986). In alcuni studi (Chevalier *et al* 1988,) si è osservato come pure tenendo conto di altri fattori quali le carenze nutrizionali, l'adesione a superfici comportava per alcuni batteri una resistenza al cloro 150 volte maggiore (Vecchio e Galli, 1990).

#### **1.4 Sanificazione delle superfici**

Le superfici di appoggio, trasporto e stoccaggio, con i quali le varie strumentazioni ed apparecchiature ospedaliere vengono a contatto, possono diventare importanti fonti di



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

contaminazione microbica, se non puliti correttamente e con regolarità. I microrganismi provengono dalle attrezzature stesse, dall'aria, dal personale e dalle stesse soluzioni sanificanti. (Leveau, 1988; Snyder jr, 1986). E' pertanto fondamentale una corretta ubicazione degli arredi, la suddivisione dei reparti, le caratteristiche dei locali e di conseguenza di pavimenti, pareti e soffitti, la qualità dell'aria, l'igiene del personale, nonché ovviamente i materiali di costruzione.

Scarsa attenzione, superficialità nelle procedure di pulizia rappresentano la prima causa dell'insorgenza di infezioni ospedaliere le cui conseguenze possono anche essere gravi (Tood, 1985).

La pulizia in generale consta di due differenti e successive operazioni: la detergenza e la disinfezione.

La prima consiste, mediante l'impiego di detergenti, nell'asportazione dei residui grossolani spesso visivamente evidenti. Segue la disinfezione che ha invece lo scopo di ridurre, sino ad eliminare i microrganismi presenti. L'efficacia della disinfezione dipende da come è stata condotta la precedente detergenza, ma è anche fortemente influenzata da fattori quali la concentrazione d'impiego, il tempo di contatto, la temperatura e il pH, la durezza dell'acqua e il tipo di superficie da trattare.

Nella scelta del disinfettante bisogna valutare la presenza di materia organica o di residui degli stessi detergenti e il tipo di microrganismi da eliminare. Occorre considerare anche la tossicità, gli effetti corrosivi, l'attività residua, l'effetto inquinante una volta scaricato, e ovviamente il costo.

Per valutare quanto un sistema di sanificazione sia efficiente si considera la quantità di sporco residuo, il numero di microrganismi sopravvissuti e l'eventuale grado di corrosione (Vecchio e Galli, 1990).

### **1.5 Valutazione dello stato igienico delle superfici**

I metodi per valutare il potere germicida di detergenti e disinfettanti possono essere suddivisi in tre categorie secondo Scheusner (1982):

- test standard di laboratorio
- test effettuati sulle superfici di lavoro e degli impianti
- test che simulano in laboratorio le condizioni di processo

I test di laboratorio, applicabili a un disinfettante miscibile con acqua, stabiliscono:



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

- il numero e il tipo di ceppi microbici che devono essere utilizzati
- la preparazione dell'inoculo
- le condizioni di contatto fra microrganismi e disinfettante
- la concentrazione del disinfettante e il tempo di contatto
- il pH, la presenza di elettroliti o di sostanza organica che può inattivare i disinfettanti
- le procedure di eliminazione dell'attività disinfettante residua (Crémieux, e Fleurette, 1983).

I metodi di controllo batteriologico degli impianti non devono essere costosi, non devono richiedere personale particolarmente esperto e necessitare di apparecchiature particolarmente sofisticate.

Vengono denominati metodi diretti quando viene stabilito un contatto diretto tra microrganismi e terreno colturale e indiretti quando i microrganismi, prelevati con varie tecniche, vengono successivamente trasferiti nel terreno colturale; fra i primi ricordiamo l'impiego delle piastre agar per contatto o delle lastrine di agar, fra i secondi il metodo dei tamponi di cotone o di alginato di calcio e delle spugne di cellulosa. Ognuno di essi presenta vantaggi e svantaggi (Marenzi, 1983; Cousin, 1982; McGoldrick *et al.* 1986).

Per gli impianti chiusi si possono effettuare analisi microbiologiche dell'acqua impiegata per l'ultimo risciacquo dopo i trattamenti di sanificazione (von Bockelmann *et al.*, 1985). Alcuni metodi citati possono essere anche usati per le superfici cutanee degli operatori (Orefice *et al.*, 1988).

I test di terza categoria consistono nell'effettuare con dispositivi idonei deposizione e rimozione dello sporco su strisce test dello stesso materiale con cui è costruito l'impianto. In questo modo è possibile ricostruire in laboratorio, sotto condizioni controllate, ciò che avviene nelle situazioni reali.

I meccanismi di rimozione dello sporco dalle superfici sono molto complessi (Jennings, 1980; Koopal, 1985), ed è anche difficile una valutazione oggettiva del grado di pulizia di una superficie e la quantificazione dello sporco depositato.

Tamplin (1980) definisce pulita una superficie, sia bagnata che asciutta, che non mostri tracce visibili di contaminazione sotto buone condizioni di illuminazione, non deve originare odori, fornire sensazione di unto o di ruvido quando toccata con dita pulite, cambiare il colore di un tessuto di carta bianca strofinato più volte e non deve mostrare segni di rottura dell'acqua mentre si sta asciugando.



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

In verità il problema è molto più complesso; infatti la valutazione visiva delle condizioni di pulizia è estremamente soggettiva ed è influenzata da intensità della luce, dal fatto che film di residui possono essere invisibili se la superficie è bagnata o difficilmente identificabili, come per esempio le proteine, anche quando sono asciutte.

Sono stati quindi proposti altri metodi; fra gli altri ricordiamo le pesate di precisione delle strisce test sporcate con alimenti, prima e dopo le operazioni di sanificazione, la valutazione della luce trasmessa attraverso superfici di vetro, o la luce deviata dallo sporco facendo incidere un raggio luminoso con intensità costante sulla superficie test, la valutazione con misure turbidometriche della presenza di latte in miscele di latte, detergente e acqua o il monitoraggio dei residui di latte durante il risciacquo usando la conduttività elettrica.

È stato anche suggerito l'utilizzo di traccianti radioattivi utilizzando alimenti marcati con  $^{32}\text{P}$ ,  $^{14}\text{C}$  e  $^{45}\text{Ca}$  per studiare la rimozione dello sporco (Jackson, 1984).

Anderson *et al.* (1986) hanno sviluppato due metodi, quello di Lowry modificato e il metodo "Chemstrips GH", generalmente applicato nel campo delle analisi cliniche, per evidenziare residui di proteine sulle superfici di contatto con gli alimenti.

Di più recente introduzione è l'utilizzo del bioluminometro; le rilevazioni bioluminometriche (luce emessa dall'ATP cellulare che reagisce con il sistema luciferina/luciferasi) sono un supporto valido al monitoraggio in quanto danno in tempo reale, una misura della presenza di ATP residua, indice di contaminazione, che può essere di origine microbica e/o organica.

L'utilizzo del bioluminometro non sostituisce il controllo microbiologico tradizionale, in quanto questo strumento non è atto a misurare il numero di microrganismi, ma completa e rende oggettivo e documentabile il controllo delle superfici eseguito a fine lavaggio.

Un ottimo indice di pulizia per quelle superfici ove si lavorano o si confezionano prodotti a base proteica è la ricerca delle proteine residue sulle superfici di lavorazione. I test presenti sul mercato danno esito positivo per la presenza di proteine se il tampone ha prelevato almeno 50  $\mu\text{g}$  di proteine residue, limite sotto cui questi test non funzionano.

Naturalmente queste prove sono valide se le contaminazioni contengono proteine (lavorazione delle carni, formaggi, prodotti a base di latte, prodotti di gastronomia, conserve di carne, lavorazione del



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

pesce, ecc.), mentre sono del tutto inutili su superfici contaminate da sostanze non proteiche (acque minerali, soft drink, vino, ecc.) o comunque a bassissimo contenuto proteico.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Materiali utilizzati

	<b>Materiale</b>	<b>Descrizione</b>
1	Acciaio Inossidabile Austenitico (Finitura Superficiale Lucida)	AISI 304 - X5CrNi1810 finitura superficiale BA
2	Acciaio Inossidabile Austenitico (Finitura Superficiale Scotch-Brite)	AISI 304 - X5CrNi1810 finitura superficiale SB
3	Alluminio Anodizzato	5005H24 Ossidatura per Anodizzazione Argento
4	Ferro Cromato (Acciaio Generico Cromato)	S235JR Fe 360 Cromatura Superficiale
5	Ferro verniciato (Acciaio Generico Verniciato)	S235JR Fe 360 Verniciatura Epossidica
6	Corian®	Commerciale generico ad uso Ospedaliero
7	Baydur®	Commerciale generico ad uso Ospedaliero
8	Polistirene	HIPS Commerciale generico ad uso ospedaliero

### 2.2 Microrganismi test

Sono stati utilizzati due microrganismi aventi origini e comportamento diverso. Per entrambi sono stati utilizzati ceppi di collezione internazionale. La scelta permette di verificare le due principali specie di microrganismi riconducibili a quelle presenti in ambito ospedaliero ([www.epicentro.iss.it](http://www.epicentro.iss.it)).

a) *Escherichia coli* DSMZ 30083<sup>T</sup> Bastoncino Gram negativo anaerobio facoltativo mesofilo relativamente poco esigente e psicrotrofo. Microrganismo di origine fecale il cui ritrovamento, soprattutto in ambito ospedaliero, è sicuramente indice di una contaminazione organica. In generale non patogeno comprende però ceppi patogeni responsabili di serie forme gastroenteriche (intossicazioni e infezioni).



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

b) *Enterococcus faecalis* DSMZ 20478. Cocco Gram positivo anaerobio, termoresistente, appartenente al gruppo dei batteri lattici (fermentazione lattica). Microrganismo ritrovato in numerosi ambienti tra i quali l'intestino di mammiferi uomo compreso. Anch'esso generalmente non patogeno il suo ritrovamento in elevate quantità in ambiente ospedaliero indica una scarsa attenzione all'igiene al punto di essere considerato uno dei più importanti responsabili di infezioni nosocomiali. La sua importanza clinica è legata anche alla capacità di alcuni ceppi di essere resistenti a trattamenti con antibiotici (ceppi vancomicina resistenti).

### 2.3 Disinfettanti

E' stato preso in considerazione un disinfettante a base di Ammonio quaternario, ampiamente utilizzato in ambiente ospedaliero.

### 2.4 Conte Microbiche

Per il recupero dei microrganismi dalle superfici contaminate sono state adottate in parallelo la tecnica dei tamponi e delle spugnette, entrambe ritenute idonee per la normativa ISO. Per la conta delle forme microbiche vive e vitali sono stati utilizzati sia terreni selettivi specifici per il microrganismo in oggetto che un terreno generico.

Per la conta di *Enterococcus faecalis* è stato utilizzato come terreno selettivo Kanamicina Esculina Azide Agar (KEA VWR International) mentre per la conta di *Escherichia coli* è stato utilizzato il terreno TBX (TBX, VWR International) entrambi sono stati incubati a 37°C per 48 e 24 ore rispettivamente.

Come terreno generico è stato utilizzato il terreno Tryptic Soy Agar (TSA, VWR International) incubazione alle medesime condizioni.

Tutte le conte sono state eseguite in doppio e l'interpretazione dei risultati, espressi come ufc/cm<sup>2</sup>, è stata effettuata, in accordo con la norma ISO 18593 (2004), utilizzando la seguente formula:



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

$$N_s = (N \times F/A) \times D$$

dove

$N_s$  = numero di ufc contate

F = quantità in millilitri di diluente aggiunti nella provetta del tampone o sacchetto per omogeneizzare

A = superficie campionata in  $\text{cm}^2$

D = fattore di diluizione

### 3. RISULTATI

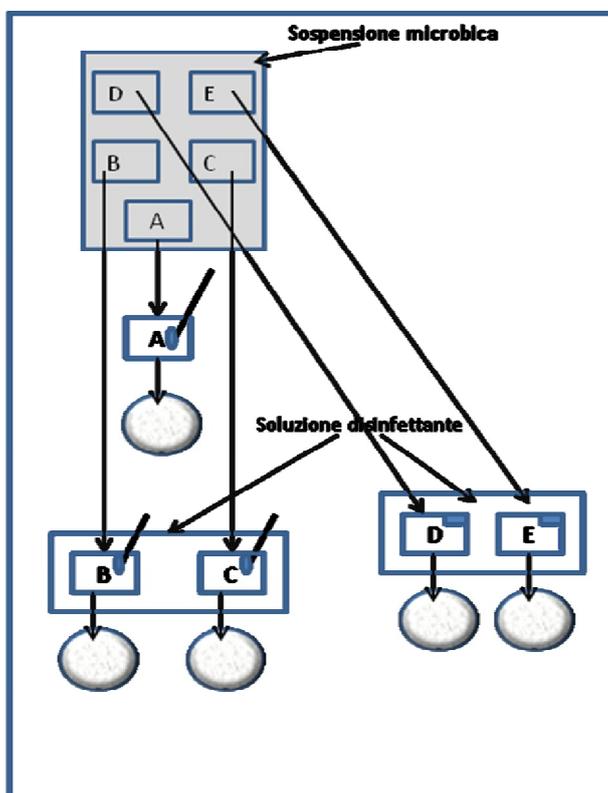
#### 3.1 Messa a punto del protocollo sperimentale

La prima parte del lavoro è consistita nella messa a punto del protocollo sperimentale ed ha previsto l'allestimento di prove caratterizzate da differenti passaggi ed operatività. In tutte le prove è stato utilizzato come microrganismo test *Escherichia coli* DSMZ 30083<sup>T</sup>. Sono state elaborate tre diverse modalità operative.

Protocollo 1 (figura 3).

- **Contaminazione:** i materiali sono stati posti in una sospensione microbica a concentrazione nota, per 1 ora (contaminazione per immersione)
- Estrazione dei provini, sgocciolatura ed asciugatura sotto cappa all'aria per 10 minuti
- **Provino A:** striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Disinfezione:** i provini B, C, D ed E sono stati lasciati immersi in una soluzione disinfettante al 5%; il tempo di contatto è stato di 1 min (B e D) e 5m (C ed E).
- **Provini B ed D:** striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provini C ed E:** tamponati mediante spugne sterili imbibite con Sale triptone ed analisi mediante diluizioni decimali

Figura 3 - Protocollo 1

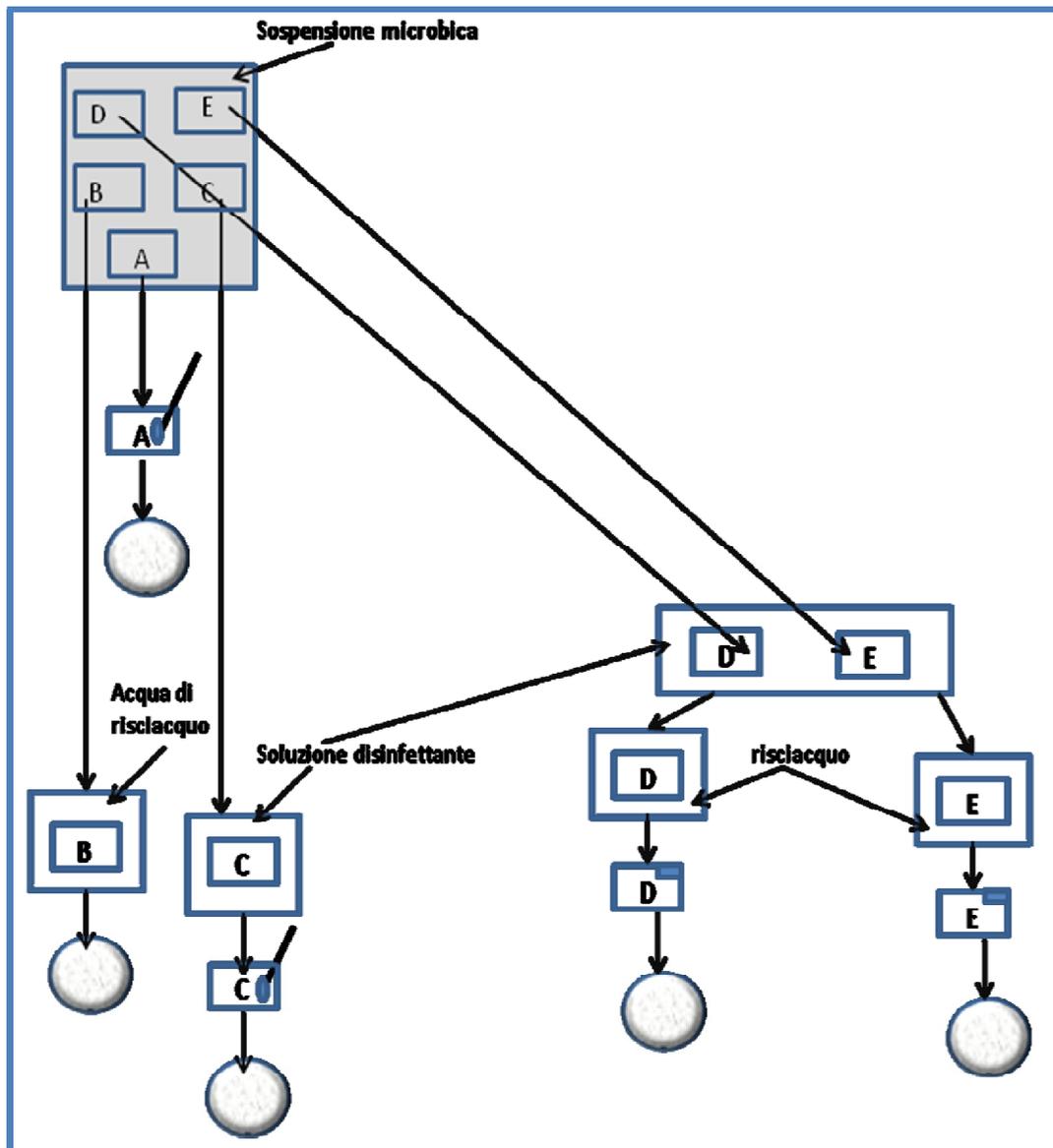


Protocollo 2 (Figura 4 )

- **Contaminazione:** i materiali sono stati posti in una sospensione microbica a concentrazione nota, per 1 ora (contaminazione per immersione)
- Estrazione dei provini, sgocciolatura ed asciugatura sotto cappa all'aria per 10 minuti
- **Provino A:** striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provino B:** risciacquo in acqua sterile per 5 min analisi mediante diluizioni decimali
- **Disinfezione:** i provini C D ed E sono stati lasciati in immersione in una soluzione disinfettante al 5%; il tempo di contatto è stato di 1 min
- **Provino C:** striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provino D:** risciacquo in acqua sterile e tamponati mediante spugne sterili imbibite con Sale triptone ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provino E:** risciacquo in LPT e tamponati mediante spugne sterili imbibite con Sale triptone ed analisi mediante diluizioni decimali



Figura 4 - Protocollo 2



### Protocollo 3 (figura 5)

- **Contaminazione** dei materiali con sospensione microbica a concentrazione nota (0) mediante spruzzatore, tempo di contatto 1 ora
- Asciugatura sotto cappa all'aria per 10 min
- **Provino A**: Striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali



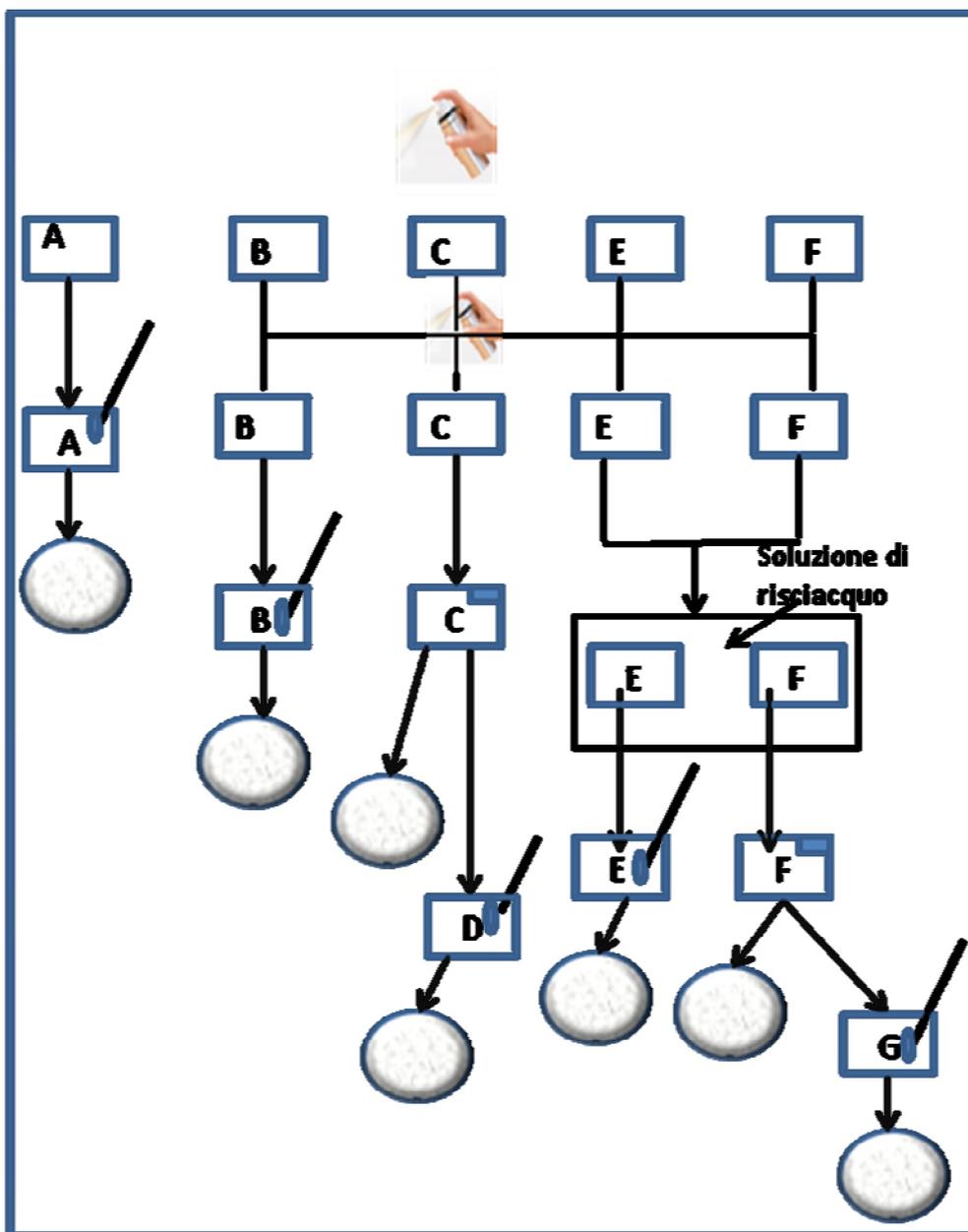
**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

- **Disinfezione** a spruzzo con sospensione di disinfettante al 5% per 2 min dei provini B C E ed F
- Asciugatura sotto cappa all'aria per 10 min
- **Provino B:** striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provino C:** prelievo con spugne sterili bagnate con sale triptone sterile ed analisi mediante diluizioni decimali
- **Provino D:** Striscio con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali del provino C
- **Provino E ed F** trattamento in soluzione neutralizzante ad immersione (LPT) per 1 min.
- Asciugatura all'aria per 10 min.
- **Provino F.** Striscio con spugna ed analisi mediante diluizioni decimali (F)
- **Provino G:** provino F passato con tampone a secco ed analisi mediante diluizioni decimali



Figura 5- Protocollo 3



I risultati ottenuti con il primo protocollo operativo evidenziano che, indipendentemente dai materiali e dai tempi di contatto adottati, il trattamento disinfettante elimina ogni forma microbica,



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

pertanto è stato scartato. Probabilmente la presenza di tracce di disinfettante, prelevate con tampone e/o spugna, non neutralizzato, va ad inficiare l'analisi.

Tabella 1 - Risultati protocollo 1

Provini	AISI 304	Ferro verniciato
0	$3.0 \times 10^6$	$6.0 \times 10^6$
A	$2,4 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$
B	<1	<1
C	<1	<1
D	<1	<1
E	<1	<1

Nel secondo protocollo è stata pertanto introdotta dopo disinfezione, una fase di risciacquo ed in alternativa una fase di neutralizzazione al fine di eliminare ogni traccia di disinfettante. In questo caso si conferma la maggior affinità all'adesione microbica del materiale Fe verniciato rispetto all'AISI 304 BA, che risulta più facilmente pulibile, anche con il solo risciacquo con acqua. Anche questa soluzione operativa è stata però abbandonata poichè nuovamente dopo detergenza non si sono rilevate differenze importanti.

Tabella 2 - Risultati protocollo 2

Provini	AISI 304	Ferro verniciato
0	$1,1 \times 10^6$	$9 \times 10^6$
A	$6.0 \times 10^5$	$7 \times 10^5$
B	$3.0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^4$
C	<1	<1
D	<1	<1
E	<1	<1



Tabella 3 - Risultati protocollo 3

Provini	AISI 304	Ferro verniciato
0	$2.0 \times 10^7$	$5.0 \times 10^7$
A	$4.7 \times 10^6$	$1.0 \times 10^6$
B	<1	<1
C	<1	<1
D	<1	<1
E	<1	<1
F	<1	<1
G	<1	<1

Si è proceduto quindi alla messa a punto di un terzo protocollo operativo per porsi più vicino alla realtà: tutte le operazioni (ad esclusione della neutralizzazione) sono state effettuate mediante spruzzazione.

I risultati ottenuti, non si discostano molto dai precedenti: si evidenzia la differenza di adesione del microorganismo alle due superfici, mentre la disinfezione non sembra avere effetti differenti sino a questo punto. Questo protocollo è risultato tuttavia quello più consono all'obiettivo di questo lavoro, pertanto le successive prove hanno seguito il medesimo iter operativo.

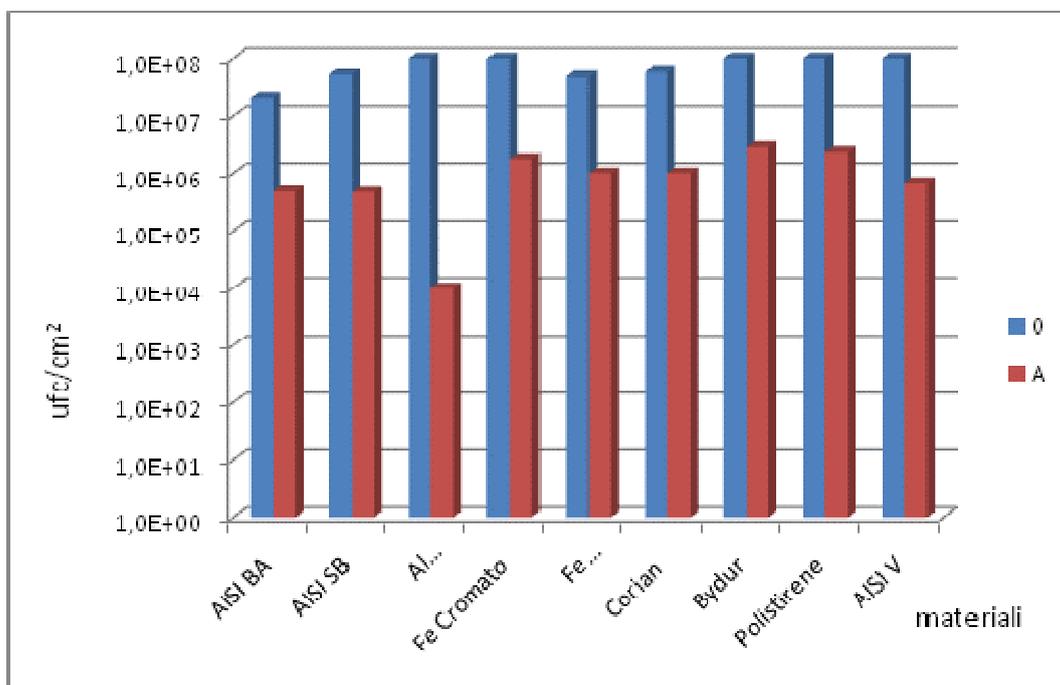
Alla luce del fatto che il trattamento di sanificazione appare più che efficace, indipendentemente da microorganismo e dalla superficie considerata, le successive prove sono state mirate sulla valutazione della capacità di adesione dei microrganismi sulle superfici, utilizzando il protocollo 3 (spruzzazione) per realizzare la contaminazione.



### 3.2 Prove con *Escherichia coli*

A fronte di una contaminazione elevata iniziale (prelievo 0 colonna blu) le operazioni di pulizia si sono rivelate sempre più che efficaci. Più interessante invece un confronto tra le colonne 0 e le colonne A.

Figura 6 - Risultati delle prove condotte con *E. coli*.



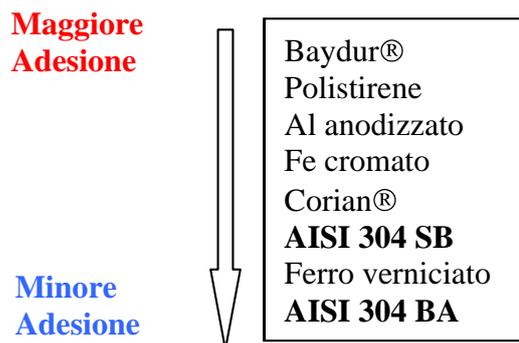
La colonna 0 (colonna blu) indica il numero di microrganismi seminati sul provino e realmente aderiti alla superficie (valore più elevato, maggiore quantità di microrganismi aderiti); la colonna A (colonna rossa) invece indica la quantità di microrganismi che sono stati asportati con l'operazione di pulizia realizzata mediante passaggio di una spugnetta, pertanto più elevato è il numero (prelievo A colonna rossa), più efficace è l'asportazione microbica ed il materiale rimane più pulito. E' pertanto possibile affermare che materiali testati mostrano una differente affinità all'adesione microbica: il risultato finale dovrà valutare entrambi gli aspetti (adesione e asportazione). I materiali sui quale i microrganismi aderiscono meglio sono il Bydur<sup>®</sup> e il Polistirene, seguiti da Al anodizzato. Non si osservano differenze particolari tra Corian<sup>®</sup>, AISI 304



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

SB e Ferro verniciato. Il materiale al quale i microrganismi aderiscono meno è AISI 304 BA. La scala di affinità microbica dei materiali nei confronti di *E. coli* è pertanto la seguente.



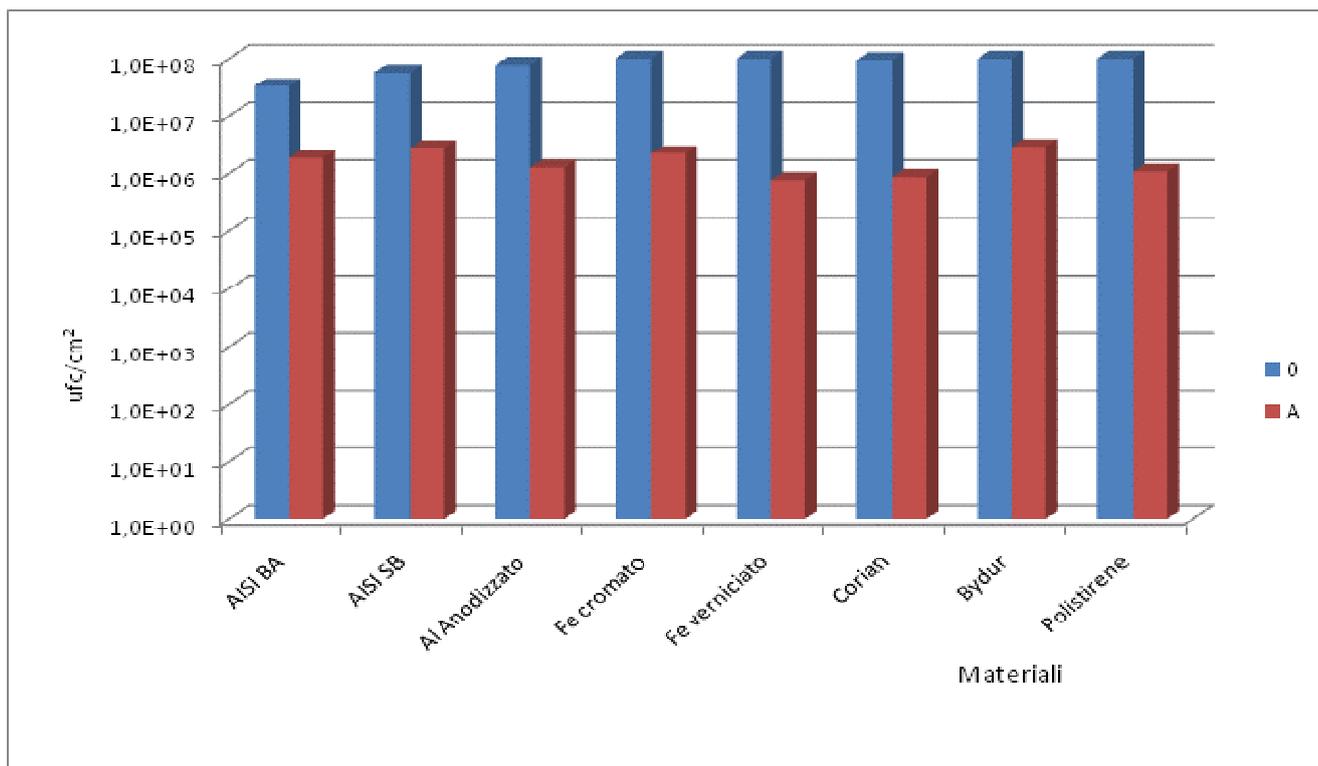
Dopo aver calcolato L'ANOVA, il calcolo del valore di Fisher's LSD (Least Significant Difference) ha evidenziato che i materiali nei confronti dell'adesione di *E. coli* sono tutti tra loro significativamente differenti ad eccezione di polistirene e Baydur® sono tra loro simili (AISI BA<sup>a</sup>; AISI SB<sup>b</sup>; Fe verniciato<sup>c</sup>; Fe cromato<sup>d</sup>; Alluminio anodizzato<sup>e</sup>; Corian<sup>f</sup>; Bydur<sup>g</sup>; Polistirene<sup>g</sup>)

### 3.3 Prove con *Enterococcus faecalis*

I risultati delle prove condotte utilizzando *Enterococcus faecalis* sono riportati in figura 7. Nonostante alcune differenze dovute alla diversa natura del microrganismo, rispetto ai materiali, i risultati ottenuti confermano nel complesso quanto già osservato per *E. coli* (vedi 3.2). In presenza di una contaminazione iniziale compresa tra  $10^7$  ufc/ml e  $10^8$  ufc/ml, la differenza tra il campione 0 (inoculo iniziale) ed il campione A (quantità asportata con spugnetta), anche in questo caso, è inferiore per i due materiali AISI 304 BA e AISI 304 SB, rispetto a tutti gli altri;



Figura 7 - Risultati delle prove condotte con *Enterococcus faecalis*

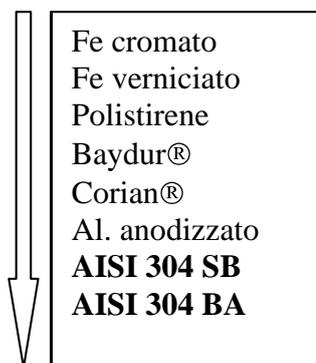


Questo risultato dimostra che il microrganismo test (*Enterococcus faecalis*) aderisce meno facilmente alle due tipologie di Acciaio Inossidabile Austenitico.

La scala di adesività verso i materiali testati in ordine crescente per *Enterococcus* è la seguente

**Maggiore  
Adesione**

**Minore  
Adesione**





**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

In questo caso la situazione appare più complessa, il calcolo dell'ANOVA sui dati ottenuti ha mostrato che esistono differenze significative tra i materiali (AISI BA<sup>a</sup>; AISI SB<sup>ab</sup>; Alluminio anodizzato<sup>ab</sup>, Corian<sup>bc</sup>; Bydur<sup>cd</sup>; Polistirene<sup>cd</sup>, Fe cromato<sup>d</sup>; Fe verniciato<sup>d</sup>)

Il calcolo del valore di Fisher's LSD (Least Significant Difference) ha evidenziato i materiali sono raggruppabili in 4 gruppi

I gruppo: AISI 304 BA, AISI 304SB Al anodizzato

II gruppo: AISI 304SB Al. Anodizzato, Corian®,

III gruppo: Corian®, Baydur®; Polistirene

IV gruppo: Fe verniciato, Ferro cromato, Baydur®, Polistirene

Si può osservare anche che i valori del campione F+G, che rappresenta la quantità di microrganismi asportati dal provino dopo disinfezione e neutralizzazione, mediante prelievo dei microrganismi residui con spugna + tampone è maggiore su AISI 304 BA ed AISI 304SB.

### **3.4 Influenza tempo di contatto**

Si è a questo punto proceduto operando sempre una contaminazione a spruzzo dei diversi materiali, ma lasciando il microrganismo a contatto con la superficie per 24 h al fine di verificare se il maggior tempo di contatto modificasse la quantità di microrganismi adesi e simulare così una normale giornata di lavoro quando solo al termine della quale viene effettuata la pulizia.

I microrganismi distribuiti mediante spruzzazione di una sospensione a concentrazione nota, sono stati asportati mediante spugnetta al fine di simulare le operazioni che normalmente vengono effettuate con panni. Le differenze osservate dopo 1 ora di contatto tendono ad annullarsi: la quantità di microrganismi asportata è molto simile tra i vari materiali. Questo conferma come il fenomeno dell'adesione microbica sia un processo che procede rapidamente (entro 30'), dopo di che si assiste alla formazione del biofilm, di difficile asportazione, e i livelli di concentrazione microbica tendono ad uniformarsi, indipendentemente dal materiale (Vasone, 2011). L'azione di pulizia sarà tanto più efficace quanto più rapidamente si interviene. Tuttavia l'acciaio AISI BA si dimostra sempre il materiale al quale i microrganismi aderiscono meno, mentre i materiali plastici,



nonostante la loro particolare liscezza sono quelli a cui i microrganismi aderiscono maggiormente. Le figure 8 e 9 confermano la scala di adesività già estrapolata con le precedenti prove.

Figura 8 – Microrganismi (*E. coli*) asportati mediante spugna dopo 24 ore di contatto.

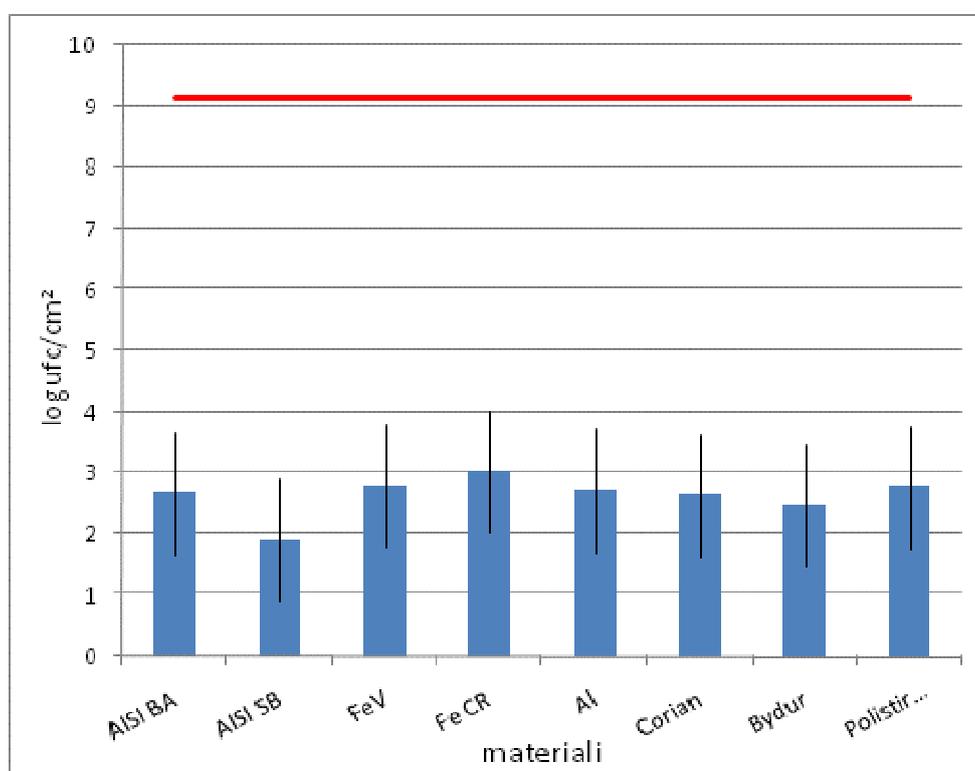
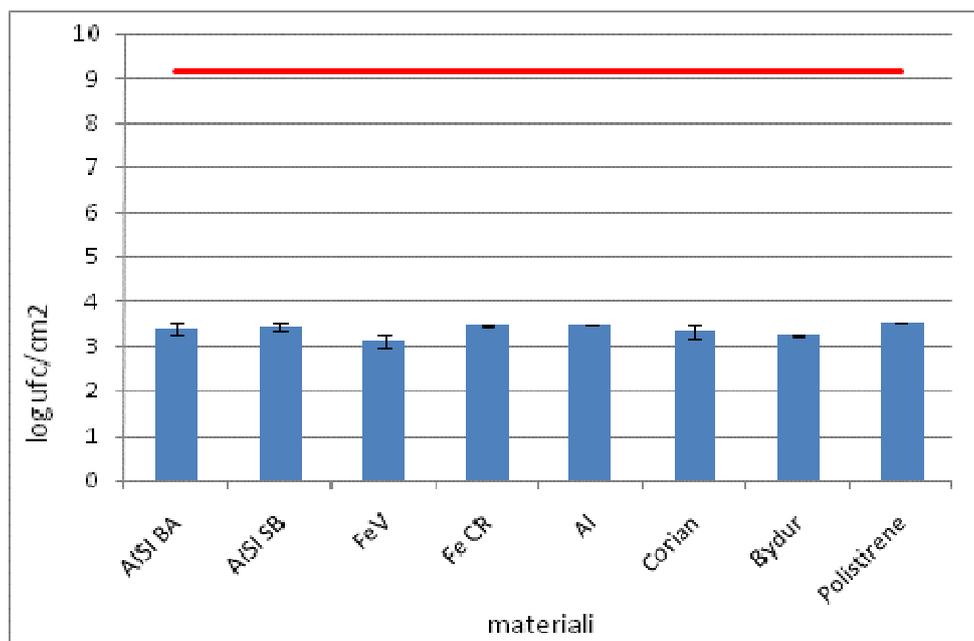




Figura 9 – Microrganismi (*Enterococcus faecalis*) asportati mediante spugna dopo 24 ore di contatto.



Il differente comportamento a livello di adesione microbica dei vari materiali sono meglio evidenziate nelle foto dalle quali è possibile osservare la differente distribuzione della sospensione microbica sulle varie superfici.

La sospensione microbica, ovvero lo sporco, si distribuisce uniformemente su Corian® e ferro verniciato, ma soprattutto su Baydur® e Polistirene, sui quali forma uno strato superficiale omogeneo, dimostrando così verso questi materiali una maggiore affinità. Segue Al anodizzato sul quale la patina microbica si distribuisce abbastanza uniformemente. Su ferro cromato la distribuzione appare come gocce di differenti dimensioni, ma distribuite su tutta la superficie. Decisamente meno omogenea è la distribuzione della sospensione microbica su AISI 304SB e soprattutto su AISI BA sui quali lo sporco tende a non fermarsi. Tali materiali, si confermano pertanto come quelli aventi minore affinità all'adesione microbica.



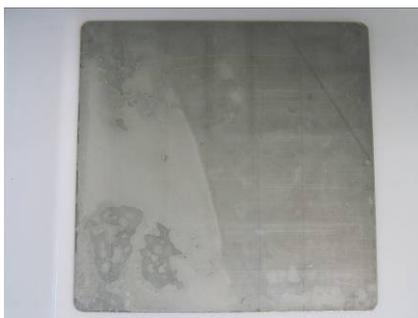
**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali - Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

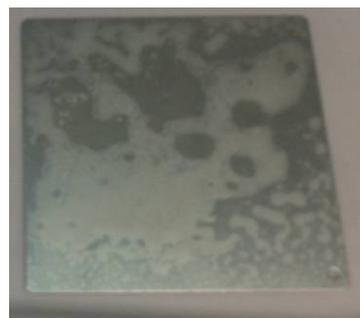
AISI 304 BA



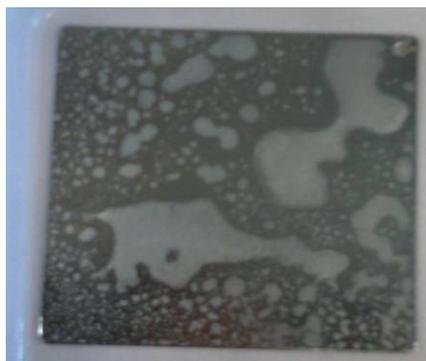
AISI 304 SB



Alluminio anodizzato



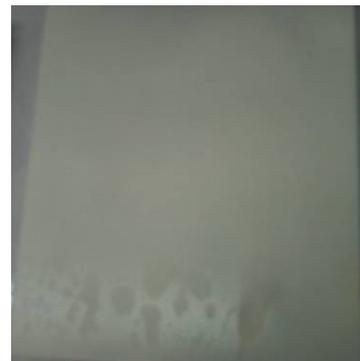
Ferro Cromato



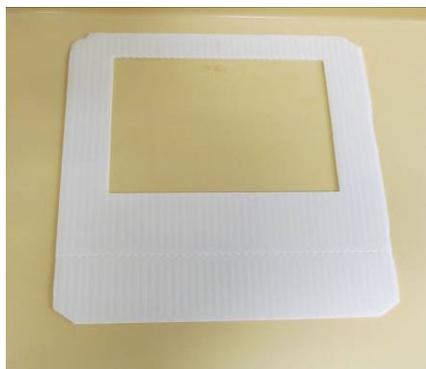
Ferro verniciato



Corian®



Baydur®



Polistirene





#### **4. CONCLUSIONI**

Le prove effettuate hanno permesso di evidenziare come tra i materiali analizzati ci sia un diverso comportamento in termini di reazione alla presenza dei microrganismi: il grado di affinità e la conseguente ritentività batterica dei materiali si è rivelata significativamente diversa. Volendo entrare nello specifico si può dire che:

- **i due Acciai Inossidabili Austenitici risultano i materiali più resistenti all'attacco microbico per tempi di contatto brevi, in particolare AISI 304 BA appare il migliore seguito da AISI 304SB (il primo materiale ha mostrato una minore adesione microbica con entrambi i microrganismi, vedi prove);**
- l'Alluminio Anodizzato, il Ferro Cromato ed il Ferro Verniciato si pongono in posizione intermedia (risultati altalenanti in funzione del microrganismo per il ferro, posizione sempre intermedia per l'alluminio);
- i materiali ai quali più facilmente aderiscono i microrganismi sono Polistirene, Corian® e Baydur®.

Tali differenze tendono a ridursi se i tempi di contatto tra i microrganismi ed il materiale aumentano (24h). Le operazioni di disinfezione eliminano qualsiasi forma microbica, ma solo se condotte in maniera regolare e nel rispetto dei tempi e delle concentrazioni indicate in etichetta. A sconsigliare l'utilizzo dei materiali diversi dall'Acciaio Inossidabile Austenitico non è tanto la diversa pulibilità quanto piuttosto la minore tendenza dello sporco organico (microrganismi) a restarvi adeso. Questo è ben evidente dalle foto dove la dispersione della soluzione può essere assunta come ulteriore indice per l'affinità dei materiali con i microrganismi.

Altro aspetto importante è legato all'usura del materiale: originariamente (intesi come materiali nuovi) i materiali plastici (Corian® Baydur® e polistirene) risultano molto lisci e, quindi, apparentemente pulibili facilmente (a meno dei fenomeni di maggiore ritentività di cui si è già parlato); con il tempo a seguito dell'impiego quotidiano in ambiente ospedaliero (apertura cassette, sportelli, ecc.) ed a caratteristiche superficiali che mostrano maggiore attitudine verso abrasioni, fessurazioni ecc. rispetto all' dall'Acciaio Inossidabile Austenitico, permettono la formazione di un ambiente caratterizzato da geometrie e micro-geometrie utili per l'annidarsi dei microrganismi, che



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

saranno protetti dall'azione del disinfettante e diventeranno quindi nicchie di crescita microbica. A questo punto la loro usura renderà inefficace il trattamento di sanificazione in modo direttamente proporzionale alla loro usura.

La minore affinità microbica osservata per l'Acciaio Inossidabile Austenitico, invece favorisce la pulizia e l'allontanamento dello sporco (nicchia ecologica che favorisce lo sviluppo microbico) che risultano più facili da effettuare anche in seguito ad un prolungato impiego dei detergenti stessi, indipendentemente dalla rugosità ed usura dei materiali (Vasone 2011) ed al mantenimento di una situazione superficiale stabile più a lungo (minore alterazione superficiale).

## 5. BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2011), MeMo 6 – Antisepsi e disinfezione in ambito sanitario e socio-sanitario, Regione Emilia Romagna, Bologna.
- Anderson M.E., Huff H.E., Marshall R.T., Naumann H.D. (1986). *J. Food Prot.*, 49, 342-346.
- Arnold J.W., Boothe D.H, Bailey G.W. (2001). Parameters of treated stainless steel surfaces important for resistance to bacterial contamination. *Am. Soc. of Agricultural Engineers*, 44(2): 347–356.
- Bazaka K., Crawford R.J., Nazarenko E.L., Ivanova E.P. (2011). Bacterial Extracellular Polysaccharides. *Adv. Exp. Med. And Biol.*, 715: 213-226.
- Cerf O. (1986) *Technique Laitière*, 1005, 30-32
- Cousin M.A. (1982) *J. Food Prot.*, 45, 615-619.
- Crémieux A. Fleurette J. (1983). in “*Disinfection, Sterilization and Preservation*”. S.S. Block ed., Lea & Febiger, Philadelphia.
- Derjaguin B.V., Landau L.D. (1941) “*Acta Physicochim. URSS*”, 14, 633-640.
- Dunsmore, D.G. and Bates P.J. (1982). Attachment of bacteria gloss surfaces immersed in milk. *The Austr. J. Dairy Technol.* 37: 35-36.
- EHEDG Document No 13 (1996). Hygienic design of equipment for open processing. Also as an extended abstract in *Trends in Food Science & Technology*, 6(9), 305-310.



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio, Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

- EHEDG Document No 16 (1997). Hygienic pipe couplings. Also as an extended abstract in *Trends in Food Science & Technology*, 19(2), 142-149.
- EHEDG Document No 9 (1993). Welding stainless steel to meet hygienic requirements. Also as an extended abstract in *Trends in Food Science & Technology*, 4(9), 306-310
- EHEDG Guidelines. (2004). Doc. 8. Criteri per la progettazione igienica delle apparecchiature 2 ed.
- Fletcher M., Loeb G.I., (1979). Influence of substratum characteristics on the attachment of a marine pseudomonad to solid surfaces. *Appl. Environ. Microbiol.* 37(1): 67–72.
- Gauthier Y, Isoard P. (1989). L'adhésion des bactéries. *Industries Alimentaires Agricoles*, 106(1-2): 31-33.
- ISO 18593 International Standard Organisation (2004) Microbiology of food and animal feedingstuffs — Horizontal methods for sampling techniques from surfaces using contact plates and swabs
- Jackson A.T. (1984) in “Developments in food preservation. 3<sup>th</sup> ed., S. Thorne ed., Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Jennings W.J. (1980). Theory and Practice of Hard-Surface Cleaning. *Adv. Food Res.*, 14, 325-458.
- Jullien C. Bénézech T., Carpentier B., Leuret V., Faille C. (2002) Identification of surface characteristics relevant to the hygienic status of stainless steel for the food industry *J. Food Engin.*, 56, 77-87.
- Koopal L.K. (1985). Physico-chemical aspects of hard-surface cleaning 1. Soil removal mechanisms. *Neth. Milk Dairy J.* 39:127-154.
- Le Chevalier M.W., Cawthon C.D., Lee R.G., (1988). Factors promoting survival of bacteria in chlorinated water supplies. *Appl. Environm. Microbiol.*, 54: 649-654.
- Le Chevalier M.W., Cawthon C.D., Lee R.G., (1988). Inactivation of biofilm bacteria. *Appl. Environm. Microbiol.* 54, 2492-2499.
- Lelieveld H.L.M. (1990). “Processing Equipment and Hygienic Design” Microbiological and Environmental health Issues Relevant to the food and Catering Industries. Symposium



**DeFENS**  
dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente  
**DiSAA**  
dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia

Via Celoria, 2 - 20133 Milano

Proceedings, Campden & Chorleywood Food Research Association Group, Chipping Campden, 6-8 February 1990.

- Leveau J.Y. (1988) *Latte*, 12, 141- 147
- Marenzi (1983) *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 1, 301-309
- Marriott, N.G., Gravani, R.B. Vecchio, A.M. ,2008, *Sanificazione nell'industria alimentare*, 28-29
- Mc. Goldrick K.F., Fox T.L., McAllister J.S. (1986). Evaluation of a dry medium for detecting contamination on surfaces. *Food Technol.*, 40: 77-80.
- Orefice L., Gizzarelli S., De Felip G. (1988) *Riv. Soc. Ital. Sci. Alim.*, 17, 121-128
- Scheusner D.L. (1982) *J. Food Prot.*, 45, 1257-1260
- Snyder jr. O.P. (1986) Microbiological quality assurance in foodservice operations. *Food Technol.*, 40: 122-130.
- Tamplin T.C. (1980) in *"Hygienic design and operation of food plant"*, R. Jowitt ed., Ellis Horwood Ltd., Chichester
- Thomas T.R. T (1999) *"Rough Surfaces, 2<sup>nd</sup> ed."*, Imperial College Press, London
- Todd E.C.D. (1985) *J. Food Prot.*, 48, 169-180
- Vasone L. (2011). Materiali a contatto con alimenti: Adesione microbica e azione dei disinfettanti sulle superfici. Tesi di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie Alimentari A.A. 2010-2011.
- Vecchio A., Galli A. (1990) I microrganismi e le superfici: problemi di sanificazione. *Ind. Al.* 29: 1081-1086.
- Verveij E.J.W, Overbeek J.Th. (1948) *"Theory of the stability of liophobic colloids"*, Elsevier, Amsterdam
- von Bockelmann I., Fluckiger E., Heeschen W., Mabbit L.A. (1985). Application of principal component analysis to the study of microbial populations in refrigerated raw milk from farms. *Milchwissenschaft*, 40, 19-23.
- WHO (2002). *Prevention of Hospital-Acquired Infection: a practical guide*. 2° edition. 33-34.



**DeFENS**  
*dipartimento di Scienze per gli alimenti, la nutrizione e l'ambiente*  
**DiSAA**  
*dipartimento di Scienze agrarie e ambientali – Produzione, Territorio,  
Agroenergia*

*Via Celoria, 2 - 20133 Milano*

## 6. SITOGRAFIA

- [http://www.epicentro.iss.it/problemi/infezioni\\_correlate/infezioni.asp](http://www.epicentro.iss.it/problemi/infezioni_correlate/infezioni.asp)
- [www.sanita.it](http://www.sanita.it)