

Resistenza agli antimicrobici:

cause e conseguenze di un problema per la catena alimentare

Detergenti e disinfettanti sono un'importante misura di protezione della salute pubblica. Sono strumenti fondamentali anche per garantire la sicurezza dei prodotti alimentari

Francesca De Vecchi

Tecnologa alimentare

Le corrette procedure di controllo dell'igiene dei processi di produzione prevedono il ricorso a detergenti e disinfettanti, secondo una metodologia pianificata in relazione ai pericoli connessi con una data produzione. L'utilizzo ha tuttavia alcune controindicazioni o, forse sarebbe più corretto dire, dei punti critici da gestire con particolare attenzione anche in relazione al concetto di sviluppo di una resistenza.

La resistenza antimicrobica (AMR) è infatti la capacità di un microrganismo di resistere all'azione di un agente antimicrobico, mediante una mutazione

genetica o il trasferimento di geni di resistenza da un microrganismo ad un altro. È un fenomeno che avviene naturalmente, con meccanismi diversi, come forma di adattamento all'ambiente per acquisire appunto l'abilità di resistere a molecole potenzialmente in grado di uccidere o arrestare la crescita (1). La conseguenza è dunque che i trattamenti diventano inefficaci e i microrganismi sopravvivono. Il fenomeno coinvolge sia agenti patogeni sia batteri alterativi e commensali che traggono benefici dalla loro associazione con l'uomo (e sono generalmente innocui) ma che possono costituire

un serbatoio di geni di resistenza, trasferiti tra specie batteriche nell'uomo e negli animali.

Va fatta prima di proseguire una precisazione. Per molto tempo si è parlato più comunemente di resistenza agli antibiotici, cioè a farmaci utilizzati per trattare le infezioni batteriche. Si è scelto più di recente di usare il termine "antimicrobico" perché più ampio, comprendendo non solo i farmaci ma anche tutta una serie di altri agenti infettivi come virus, protozoi, funghi responsabili potenzialmente di altrettante malattie. Tanto i primi quanto i secondi meritano la stessa attenzio-



ne quando si ragiona in termini di resistenza, per cui è razionale usare il termine ombrello “antimicrobica”, per un problema - la resistenza - che ha assunto ormai proporzioni globali (2).

L'uso di sostanze ad azione antimicrobica per eliminare i patogeni e controllare la diffusione delle malattie infettive ha rappresentato certamente una svolta nella medicina. Se da un lato

quindi la resistenza ha ripercussioni dirette e indirette sulla salute pubblica, perché diminuisce la risposta alle terapie aumentando il rischio di decessi causati dalle infezioni (sia nell'uomo



ANTIMICROBIAL RESISTANCE: CAUSES AND CONSEQUENCES OF A PROBLEM FOR THE FOOD CHAIN

Detergents and disinfectants are an important public health protection measure. They are also fundamental tools for ensuring the safety of food products

Correct hygiene control procedures for production processes include the use of detergents and disinfectants, according to a methodology planned in relation to the dangers associated with a given production. However, its use has some contraindications or, perhaps it would be more correct to say, critical points to be managed with particular attention also in relation to the concept of developing resistance.

Antimicrobial resistance (AMR) is in fact the ability of a microorganism to resist the action of an antimicrobial agent, through a genetic mutation or the transfer of resistance genes from one microorganism to another. It is a phenomenon that occurs naturally, with different mechanisms, as a form of adaptation to the environment to acquire the ability to resist molecules potentially capable of killing or stopping growth (1).

The consequence is therefore that the treatments become ineffective and the microorganisms survive. The phenomenon involves both pathogens and spoilage and commensal bacteria that benefit from their association with humans (and are generally

harmless) but which can constitute a reservoir of resistance genes, transferred between bacterial species in humans and animals.

A clarification must be made before continuing. For a long time, resistance to antibiotics, that is, to drugs used to treat bacterial infections, was most commonly talked about. More recently it has been chosen to use the term “antimicrobial” because it is broader, including not only drugs but also a whole series of other infectious agents such as viruses, protozoa, fungi potentially responsible for as many diseases. Both the former and the latter deserve the same attention when thinking in terms of resistance, so it is rational to use the umbrella term



sia negli animali da allevamento, per esempio), dall'altro, nella filiera alimentare, può avere importanti ricadute sulla sicurezza dei prodotti, perché limita le possibilità di agire verso patogeni responsabili di tossinfezioni veicolate dal cibo. La catena di approvvigionamento alimentare infatti offre condizioni in cui il trasferimento del gene di resistenza può avvenire attraverso molteplici percorsi, destando preoccupazione per il profilo igienico degli alimenti (3). I batteri resistenti agli antimicrobici derivati da animali destinati alla produzione alimentare inoltre possono diffondersi all'uomo attraverso

l'ingestione o la manipolazione di alimenti contaminati da batteri zoonotici come *Campylobacter*, *Salmonella* o *Escherichia coli*, dal contatto diretto con gli animali o, più raramente, dalla contaminazione ambientale. Le infezioni da batteri resistenti agli antimicrobici diventano un problema di salute pubblica nel momento in cui non riescono ad essere curate con i farmaci solitamente utilizzati e di sicurezza alimentare, se impediscono la cura degli animali da carne. Limitare la diffusione del fenomeno di resistenza è quindi una priorità di salute pubblica globale. Sebbene molti

fattori contribuiscano all'aumento della resistenza antimicrobica nei batteri che infettano l'uomo, l'uso di antibiotici sia in ambito clinico umano che per gli animali da produzione alimentare è fra i principali responsabili. Nel tempo però sono state sollevate alcune preoccupazioni in merito alla possibilità di co-selezione (cioè, tra sostanze chimiche per l'igiene alimentare e la ridotta suscettibilità antimicrobica). Quindi, se fra le cause che hanno elevato il problema a fenomeno planetario, viene anche ipotizzato l'uso di biocidi è corretto ragionare in merito a queste sostanze per diffondere un uso più consapevole fra gli operatori della filiera. Vediamo nell'ordine la situazione attuale e le implicazioni dell'ampio fenomeno della resistenza.

AMR: LA SITUAZIONE EUROPEA
L'Ecdc (Centro europeo per la prevenzione e il controllo delle malattie) ha già lanciato l'allarme sulla crescente minaccia della resistenza antimicrobica, stimando che oltre 35mila persone muoiono ogni anno a causa di infezioni resistenti agli antibiotici nell'Unione europea (UE), in Islanda e in Norvegia. Tanto che il 13 giugno 2023 è stata adottata anche una raccomandazione

“antimicrobial” for a problem - resistance - which has now assumed global proportions (2). The use of substances with antimicrobial action to eliminate pathogens and control the spread of infectious diseases certainly represented a turning point in medicine. Therefore, if on the one hand resistance has direct and indirect repercussions on public health, because it decreases the response to therapies, increasing the risk of deaths caused by infections (both in humans and in farm animals, for example), on the other, in food supply chain, can have important repercussions on product safety, because it limits the possibilities of acting against pathogens responsible for foodborne infections. In fact, the food supply chain offers conditions in which the transfer of the resistance gene can occur through multiple pathways, raising concerns about the hygienic profile of foods (3).

Antimicrobial-resistant bacteria derived from food-producing animals can also spread to humans through ingestion or handling of food contaminated with zoonotic bacteria such as *Campylobacter*, *Salmonella* or *Escherichia coli*, from direct contact with animals or, more rarely, from environmental contamination. Infections caused by bacteria resistant to antimicrobials become a public health problem when they cannot be treated with the drugs usually used and food safety, if they prevent the care of meat animals. Limiting the spread of resistance is therefore a global public health priority. Although many factors contribute to the increase in antimicrobial resistance in bacteria infecting humans, the use of antibiotics in both human clinical settings and for food-producing animals is among the primary

culprits. Over time, however, some concerns have been raised regarding the possibility of co-selection (i.e., between food hygiene chemicals and reduced antimicrobial susceptibility). Therefore, if the use of biocides is also hypothesized among the causes that have elevated the problem to a global phenomenon, it is correct to think about these substances to spread a more conscious use among operators in the supply chain. Let's see in order the current situation and the implications of the broad phenomenon of resistance.

AMR: the European situation
The European Center for Disease Prevention and Control (ECDC) has already raised the alarm about the growing threat of antimicrobial resistance, estimating that over 35,000 people die every year from antibiotic-resistant infections in the Europe-

(4) del Consiglio relativa all'intensificazione delle azioni dell'UE per combattere la resistenza antimicrobica in un'ottica "One Health", che interessa cioè la salute umana, la salute animale, la salute delle piante e l'ambiente insieme; l'azione deve avere carattere transfrontaliero perché l'AMR non può essere affrontata da un singolo settore in modo indipendente o da singoli paesi. Gli obiettivi da conseguire entro il 2030 devono raccogliere gli sforzi di tutti e sono: una riduzione del consumo complessivo di antibiotici, preferenze specifiche per gruppi di antibiotici e la mitigazione delle infezioni causate da agenti patogeni che sono spesso resistenti a più antibiotici contemporaneamente.

Efsa (l'Autorità europea per la sicurezza alimentare) ed Ecdc pubblicano annualmente in modo congiunto un monitoraggio sull'antibiotico resistenza nell'Unione. Secondo l'ultimo rapporto (5) emesso la situazione è più o meno stazionaria rispetto agli anni precedenti, ma comincia finalmente ad emergere come la riduzione dell'uso di antibiotici negli animali (allevati per la filiera alimentare e destinati all'alimentazione umana), possa far diminuire il fenomeno, soprattutto relativamente ad alcuni batteri.

Il rapporto presenta i principali risultati del monitoraggio sulla resistenza antimicrobica in *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* e *C. coli* nell'uomo e negli animali destinati alla produzione alimentare e delle relative carni. Tanto per gli animali quanto per le loro carni, vengono analizzati anche i dati sulla resistenza antimicrobica di *Escherichia coli* che svolge la funzione di indicatore commensale (e vedremo in seguito l'importanza di un monitoraggio), su *E. coli* produttrici di beta-lattamasi a spettro esteso (ESBL)-/AmpC beta-lattamasi (AmpC)-/carbapenemasi (CP) e sulla presenza di *Staphylococcus aureus* meticillino-resistente (MRSA).

I risultati e le tendenze descritte dall'ultimo report sono coerenti con quelli degli anni precedenti. La resistenza antimicrobica in *Campylobacter* (in particolare in *C. coli*) e in alcuni ceppi di batteri della *Salmonella* rimane elevata. *Campylobacter* proveniente dall'uomo e da animali destinati alla produzione alimentare continua a mostrare una resistenza molto elevata alla ciprofloxacina, un antimicrobico che viene frequentemente usato per combattere le infezioni nell'uomo. La resistenza combinata agli antimicrobici di importanza critica, definita come

resistenza a due diversi antimicrobici specifici, è risultata bassa, in generale, in *Salmonella*, *Campylobacter* ed *E.coli*. Come anticipato, sebbene siano state riscontrate variazioni individuali fra i vari Stati membri dell'UE, i principali indicatori mostrano che sono stati compiuti progressi significativi nella riduzione della resistenza antimicrobica negli animali destinati alla produzione alimentare in diversi Stati membri. Sebbene siano risultati da tenere monitorati, la buona notizia sarebbe quindi che le politiche di contenimento possono portare a risultati tangibili. Il problema della resistenza dipende non solo dall'uso di antimicrobici nella filiera alimentare ma anche dall'uso umano. L'incidenza delle infezioni da *Klebsiella pneumoniae* resistente è aumentata di quasi il 50% tra il 2019 e il 2022. E sono pochissimi i trattamenti efficaci disponibili. Secondo Andrea Ammon, direttore dell'ECDC, bisogna tenere alta l'attenzione sul problema, perché, nonostante alcuni progressi, la resistenza antimicrobica rimane una sfida significativa nell'UE. Per raggiungere gli obiettivi per il 2030 è indispensabile intensificare gli sforzi per ridurre l'uso non necessario di antibiotici e migliorare le pratiche di prevenzione e controllo delle infezioni".

an Union (EU)., Iceland and Norway. So much so that on 13 June 2023, a Council recommendation (4) was also adopted on the intensification of EU actions to combat antimicrobial resistance from a "One Health" perspective, i.e. affecting human health, animal health, plant health and the environment together; the action must be cross-border in nature because AMR cannot be addressed by a single sector independently or by individual countries. The objectives to be achieved by 2030 must gather everyone's efforts and are: a reduction in the overall consumption of antibiotics, specific preferences for groups of antibiotics and the mitigation of infections caused by pathogens that are often resistant to multiple antibiotics simultaneously. EFSA (the European Food Safety Authority) and ECDC jointly publish annual monitoring of antibiotic resistance in the Union. According to the

latest report (5) issued, the situation is more or less stationary compared to previous years, but is finally starting to emerge as the reduction in the use of antibiotics in animals (bred for the food chain and intended for human consumption), can reduce the phenomenon, especially in relation to some bacteria.

The report presents the main findings of monitoring of antimicrobial resistance in *Salmonella* spp., *Campylobacter jejuni* and *C. coli* in humans and animals intended for food and meat production. For both animals and their meat, data are also analyzed on the antimicrobial resistance of *Escherichia coli* which acts as a commensal indicator (and we will see the importance of monitoring later), on *E. coli* producing beta-lactamases extended-spectrum (ESBL)-/AmpC beta-lactamase (AmpC)-/carbapenemase (CP) and on the presence of methicil-

lin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). The results and trends described by the latest report are consistent with those of previous years. Antimicrobial resistance in *Campylobacter* (particularly *C. coli*) and some strains of *Salmonella* bacteria remains high. *Campylobacter* from humans and food-producing animals continues to show very high resistance to ciprofloxacin, an antimicrobial that is frequently used to fight infections in humans. Combined resistance to critical antimicrobials, defined as resistance to two different specific antimicrobials, was low overall in *Salmonella*, *Campylobacter* and *E.coli*. As anticipated, although individual variations were found across EU Member States, key indicators show that significant progress has been made in reducing antimicrobial resistance in food-producing animals in several Member States. Although these results need to be

**BIOCIDI E RESISTENZA:
IL PROBLEMA DELLA
CONCENTRAZIONE**

Come dicevamo l'altro imputato è la possibile resistenza generata dall'uso inappropriato di detergenti e disinfettanti. Di recente sono stati pubblicati studi con l'intento di dimostrare un possibile rischio di sviluppo di resistenza antimicrobica, in seguito all'uso di biocidi così come di una relazione tra l'uso di biocidi nella produzione alimentare e lo sviluppo di resistenza. Sebbene molti riportino l'isolamento di ceppi batterici resistenti agli antimicrobici negli alimenti, mancano prove certe che si possa attribuire la resistenza all'uso di biocidi. Inoltre, sebbene esista un rischio teorico di causalità, molti degli studi condotti per dimostrarlo sono studi in vitro, condotti cioè in condizioni non reali: che utilizzano isolati batterici coltivati o addestrati in laboratorio, trattati con concentrazioni subletali (al di sotto di quelle raccomandate dall'industria alimentare) di disinfettanti o agenti igienizzanti.

I biocidi o gli agenti igienizzanti svolgono un ruolo cruciale in varie fasi della filiera alimentare. Sono ampiamente utilizzati per la pulizia e la disinfezione delle aree di allevamento del bestia-

me, comprese le strutture e i veicoli di trasporto. Trovano largo impiego nella produzione alimentare, nella disinfezione delle attrezzature, dei contenitori e degli ambienti di produzione e di vendita al dettaglio. Il loro utilizzo, come dimostrato nel corso dei secoli, garantisce lo stato igienico degli ambienti di lavorazione, controllando lo

sviluppo di patogeni e di microrganismi alterativi. Un dato inequivocabile arriva dall'Interagency Retail *Listeria monocytogenes* Risk Assessment degli Stati Uniti che ha stimato che il rischio previsto di listeriosi, derivante dal consumo di prodotti pronti al consumo affettati o preparati nei reparti di gastronomia al dettaglio, aumenta di circa il



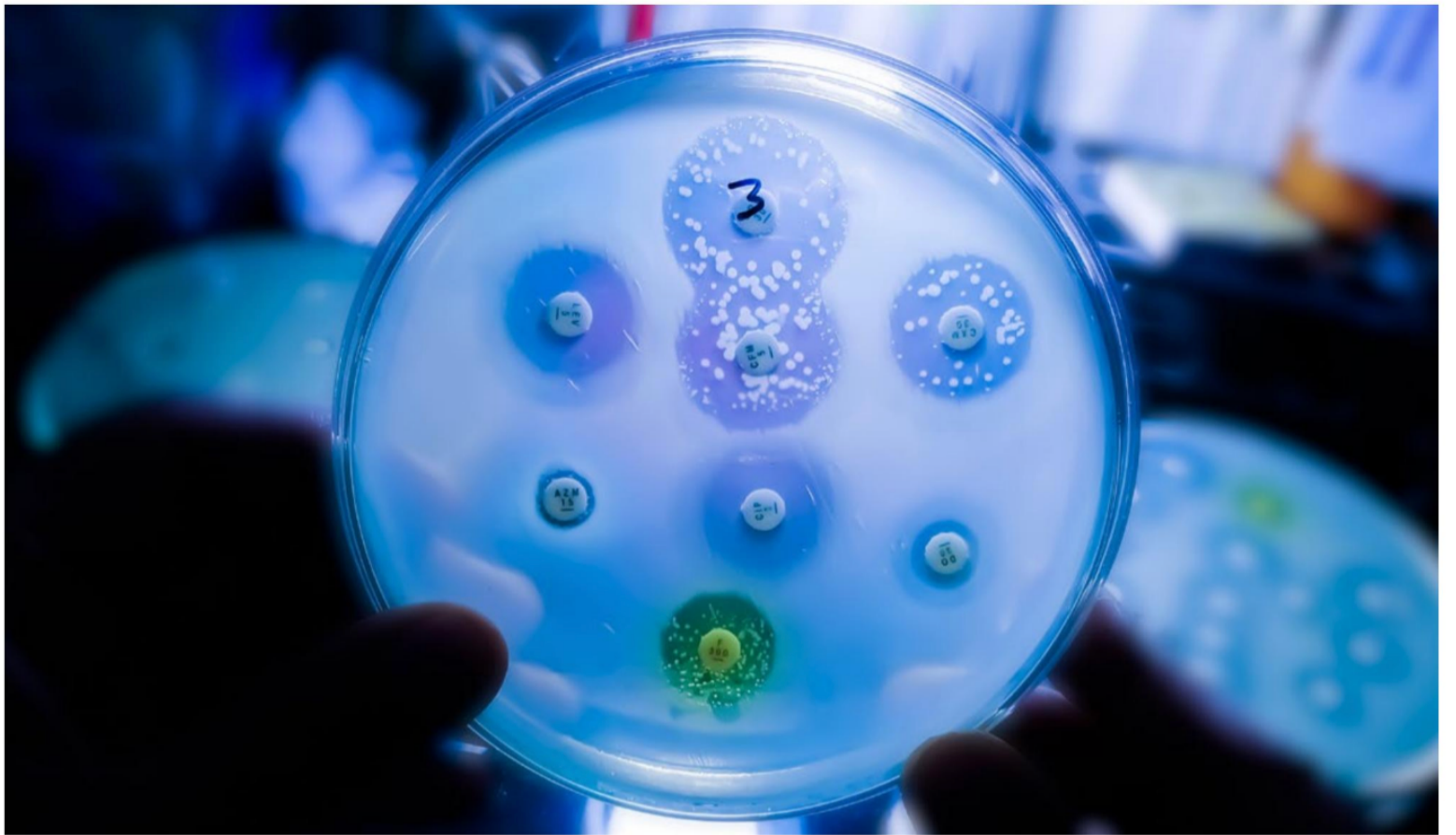
monitored, the good news would therefore be that containment policies can lead to tangible results. The problem of resistance depends not only on the use of antimicrobials in the food chain but also on human use. The incidence of resistant *Klebsiella pneumoniae* infections increased by almost 50% between 2019 and 2022. And there are very few effective treatments available. According to Andrea Ammon, Director of the ECDC, attention must be kept high on the problem, because, despite some progress, antimicrobial resistance remains a significant challenge in the EU. To achieve the 2030 goals, it is essential to intensify efforts to reduce unnecessary use of antibiotics and improve infection prevention and control practices.”

Biocides and resistance: the problem of concentration

As we were saying, the other defendant is the possible resistance generated by the inappropriate use of detergents and disinfectants. Studies have recently been published with the aim of demonstrating a possible risk of development of antimicrobial resistance following the use of biocides as well as a relationship between the use of biocides in food production and the development of resistance. Although many report the isolation of antimicrobial-resistant bacterial strains in foods, there is a lack of clear evidence that resistance can be attributed to the use of biocides. Furthermore, although there is a theoretical risk of causality, many of the studies conducted to demonstrate it are in

vitro studies, i.e. conducted in non-real conditions: using bacterial isolates grown or trained in the laboratory, treated with sublethal concentrations (below those recommended by the food industry) of disinfectants or sanitizing agents.

Biocides or sanitizing agents play a crucial role at various stages of the food supply chain. They are widely used for cleaning and disinfecting livestock areas, including transport facilities and vehicles. They are widely used in food production, disinfection of equipment, containers and production and retail environments. Their use, as demonstrated over the centuries, guarantees the hygienic state of the processing environments, controlling the development of pathogens and spoilage microorganisms. An unequivocal data comes from the



41% se non vengono eseguite attività di pulizia, lavaggio e sanificazione. Sebbene i biocidi siano fondamentali per la sicurezza e l'igiene alimentare, qualsiasi prova che il loro uso corretto o improprio possa contribuire alla comparsa di batteri con un fenotipo

resistente agli antibiotici, non dovrebbe comunque essere ignorata (6). Al di là del mancato nesso di causalità sperimentalmente provato fra biocida e resistenza, vanno comunque osservate le corrette modalità di impiego. Non solo l'uso (o abuso) di farmaci,

dunque, ma anche l'utilizzo di sostanze ad azione antimicrobica può favorire il fenomeno della resistenza rendendo sempre più difficile trovare strategie per limitare o contenere la diffusione di microrganismi indesiderati. Negli ambienti di produzione alimentare

Interagency Retail *Listeria monocytogenes* Risk Assessment of the United States which estimated that the expected risk of listeriosis, deriving from the consumption of sliced or prepared ready-to-eat products in retail delicatessen departments, increases by approximately 41% if no cleaning, washing and sanitizing activities are carried out. Although biocides are critical to food safety and hygiene, any evidence that their correct or improper use may contribute to the emergence of bacteria with an antibiotic-resistant phenotype should not be ignored (6). Beyond the lack of experimentally proven causal link between biocide and resistance, the correct methods of use must still be observed. Not only the use (or abuse) of drugs, therefore, but also the

use of substances with antimicrobial action can favor the phenomenon of resistance, making it increasingly difficult to find strategies to limit or contain the spread of unwanted microorganisms. In food production environments, compliance with the manufacturer's instructions for use must be guaranteed, as well as avoiding dilution of the biocide's active agent, for example by applying it in contexts where biofilm is present. The biofilm present in processing environments offers protection to microorganisms against cleaning and disinfectant agents by reducing or preventing their access through the presence of exopolysaccharides, polymers that make up the external skeleton of the biofilm, which increases in thickness with the passage of time. Furthermore, the state of nutrient de-

privation of the organisms within the biofilms acts as a further stress factor, increasing, given the mutual proximity, the possibility of genetic exchanges and therefore the passage of resistance between one organism and another. The discussion must be extended to the application of good production practices and therefore not only to the correct use of sanitizing products or the elimination of biofilm from all contact surfaces through appropriate practices, but ultimately to the application of GMP as a method of work to mitigate the risk of resistance arising. Disinfectants are complex formulations, containing one or more biocides and a series of excipients or adjuvants that enhance their activity or have their own activity. It is true that the concentrations of chemical

deve essere garantito il rispetto delle istruzioni per l'uso del produttore, nonché l'evitare la diluizione dell'agente attivo del biocida, per esempio applicandolo in contesti dove sia presente biofilm. Il biofilm presente negli ambienti di lavorazione offre protezione ai microrganismi contro gli agenti detergenti e disinfettanti riducendone o impedendone l'accesso attraverso la presenza di esopolisaccaridi, polimeri che costituiscono lo scheletro esterno del biofilm, che aumenta di spessore con il passare del tempo. Inoltre, lo stato di privazione di nutrienti degli organismi all'interno dei biofilm agisce come ulteriore fattore di stress aumentando, visto la vicinanza reciproca, la possibilità di scambi genetici e dunque il passaggio di resistenza fra un organismo e un altro.

Il discorso va esteso all'applicazione delle buone pratiche di produzione e quindi non solo all'uso corretto dei prodotti sanificanti o all'eliminazione del biofilm da tutte le superfici di contatto attraverso pratiche appropriate, ma in definitiva all'applicazione alle GMP come metodo di lavoro per mitigare il rischio che insorga una resistenza. I disinfettanti sono formulazioni complesse, contenenti uno o più biocidi e una serie di eccipienti o

coadiuvanti che ne potenziano l'attività o hanno una propria attività. È pur vero che le concentrazioni di sostanze chimiche, che possono favorire l'adattamento fenotipico del microrganismo (e quindi sviluppare una resistenza), sono significativamente al di sotto dei livelli raccomandati per l'uso ai fini dell'igiene alimentare ma un'applicazione inappropriata per esempio con la diluizione dei principi attivi, o il mancato raggiungimento delle popolazioni microbiche (ad esempio, se rimane sporcizia organica sulle superfici o biofilm) possono costituire un rischio per la resistenza antimicrobica.

In conclusione, la limitazione dell'uso di antimicrobici nella produzione agricola primaria di prodotti alimentari (vegetali e animali) è senz'altro l'azione prioritaria a livello globale per ridurre al minimo il rischio che si sviluppino una resistenza alle molecole e ai principi attivi di difesa dai patogeni e dovrebbe essere raggiunta aderendo alle buone pratiche agricole e alle buone pratiche veterinarie in materia di farmaci, con uno sforzo collettivo. Per quanto riguarda i biocidi e l'applicazione in ambito alimentare è comunque bene, sia in un'ottica generale di prevenzione della resistenza sia di efficacia dell'azione di pulizia e disinfezio-

ne degli ambienti, attenersi a una corretta applicazione secondo le istruzioni del produttore. Non ultimi - secondo gli esperti - particolare impegno va dedicato all'elaborazione e messa in pratica di programmi di pulizia che dovrebbero considerare gli scenari peggiori. Le attività di verifica e monitoraggio dovrebbero comprendere l'ispezione visiva e altri mezzi per garantire la rimozione dei materiali proteici o dello sporco organico durante la pulizia e l'applicazione della concentrazione effettiva o del tempo di contatto del biocida. ■

Fonti consultate per questo articolo

- 1) Piano Nazionale di Contrasto all'Antibiotico-Resistenza (PNCAR) 2022-2025
- (2) FAO, 2020
- (3) Antibiotic Resistance and Food Safety: Perspectives on New Technologies and Molecules for Microbial Control in the Food Industry. <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/3/550>
- (4) Gazzetta ufficiale dell'Unione europea
- (5) [Efsa.europa.eu](https://efsa.europa.eu)
- (6) Relationship of Sanitizers, Disinfectants, and Cleaning Agents with Antimicrobial Resistance <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22102310>

substances, which can favor the phenotypic adaptation of the microorganism (and therefore develop resistance), are significantly below the levels recommended for use for food hygiene purposes but an inappropriate application for example with the dilution of active ingredients, or failure to reach microbial populations (for example, if organic dirt remains on surfaces or biofilms) can pose a risk for antimicrobial resistance.

In conclusion, the limitation of the use of antimicrobials in the primary agricultural production of food products (vegetable and animal) is certainly the priority action at a global level to minimize the risk of developing resistance to the molecules and active ingredients defense against pathogens and should be achieved by adhering to good agricul-

tural practices and good veterinary practices regarding medicines, with a collective effort.

As far as biocides and application in the food sector are concerned, it is still best, both from a general perspective of preventing resistance and the effectiveness of the cleaning and disinfection action of environments, to follow correct application according to the manufacturer's instructions. Last but not least - according to experts - particular effort must be dedicated to the development and implementation of cleaning programs that should consider the worst-case scenarios. Verification and monitoring activities should include visual inspection and other means to ensure removal of protein materials or organic fouling during cleaning and application of the effective concentration

or contact time of the biocide.

Sources consulted for this article

- 1) Piano Nazionale di Contrasto all'Antibiotico-Resistenza (PNCAR) 2022-2025
- (2) FAO, 2020
- (3) Antibiotic Resistance and Food Safety: Perspectives on New Technologies and Molecules for Microbial Control in the Food Industry. <https://www.mdpi.com/2079-6382/12/3/550>
- (4) Gazzetta ufficiale dell'Unione europea
- (5) [Efsa.europa.eu](https://efsa.europa.eu)
- (6) Relationship of Sanitizers, Disinfectants, and Cleaning Agents with Antimicrobial Resistance <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X22102310>