

ATTIVITÀ BATTERICIDA, FUNGICIDA ED INSETTICIDA DELL'OZONO

Bactericide, antifungine and insecticide activities of ozone
in meat industries

Parole chiave: ozono, salumi, antimicrobici, muffe
Key words: ozone, meat products, antimicrobial, moulds

INTRODUZIONE

L'ozono (O_3) è forma allotropica e triatomica dell'ossigeno, fu scoperto nel 1783 da Van Marum, che aveva segnalato la comparsa di un gas dallo strano odore pungente in prossimità di apparecchi capaci di dare scariche elettriche, e ha ricevuto il nome ozono dal termine greco "ozein" che significa odorare.

La scoperta ufficiale è tuttavia dovuta a Schönbein, il quale identificò il gas durante esperimenti di ossidazione del fosforo bianco e di elettrolisi dell'acqua.

L'ozono è un gas altamente reattivo (ossidante), la cui instabilità è utile in quanto nel proprio processo di scomposizione seguente esplica la sua azione ossidante nei confronti di sostanze organiche ed inorganiche, batteri, virus, spore, protozoi, insetti, ecc. I suoi meccanismi di azione sono di tipo additivo, di ozonolisi e catalitico.

Nei confronti di batteri, virus, protozoi e insetti agisce mediante un'ossidazione catalitica delle

proteine e dei lipopolisaccaridi distruggendone le strutture.

Nei confronti di sostanze organiche ed inorganiche agisce sui gruppi portatori di odori con azione ossidante dovuta all'ossigeno atomico, oppure attraverso la formazione di composti instabili (ozonoidi) i quali, decomponendosi, portano alla rottura delle molecole stesse deodorando l'ambiente.

L'ozono tende naturalmente a ritornare alla sua configurazione atomica più consona (O_2) dopo circa 20' (emivita) a temperatura ambiente.

L'ozono può essere prodotto con diverse metodologie. La più efficace è l'effetto corona che prevede il passaggio di aria o di O_2 attraverso un campo elettrico ad alto voltaggio.

La formazione di ozono attraverso scariche elettriche in un gas è basata sulla mancanza di omogeneità della scarica a corona nell'aria o nell'ossigeno. Esistono numerose microscariche distribuite nello spazio attraverso

SUMMARY

Some bibliographic summarizing data on bactericide, fungicide and insecticide activities of ozone have been reported. Experimental results of the same activities, which have been obtained with laboratory tests have been related, together with experimental data, which have been obtained by means of ozone use in some meat industries.

SOMMARIO

Sono riportati i dati bibliografici e i risultati sperimentali ottenuti impiegando l'ozono in salumifici e con prove di laboratorio. L'ozono ha dimostrato di esercitare attività battericida, fungicida e insetticida sia in laboratorio che in industrie delle carni.

so le quali l'ozono è generato. Ciascuna singola microscarica ha una durata di pochi nanosecondi, ma questa risulta 2,5 o anche 3 volte maggiore nell'aria rispetto all'ossigeno puro. L'aria passando attraverso una scarica elettrica, o corona, produce ozono. Per formare la corona è necessaria un'elettricità di almeno 5.000 volt. L'intervallo tipico entro cui si svolgono le reazioni è compreso tra 5.000 volt con una frequenza di 1.000 Hz fino ad un voltaggio di 16.000 volt con una frequenza di 50 Hz.

Il primo generatore di ozono fu messo a punto negli Stati Uniti nel 1888 da Fewson per deodorare gas mefitici. Nel 1902, Siemens e Halske, in Germania, costruirono il primo impianto produttore di ozono per il trattamento delle acque. Più tardi, nel 1904, De la Coux riferì dell'ampio uso dell'ozono negli impianti di produzione di gelatina, caseina e albumina. Durante lo stesso anno a Nizza fu, per la prima volta, utilizzato l'ozono per la potabilizzazione delle acque e molti Paesi adottarono questo sistema per disinfettare. Tra il 1953 e il 1956 si riconobbe l'efficacia dell'uso di aria sottopressione contenente ozono per la sterilizzazione di contenitori per alimenti.

Nel settore alimentare i primi trattamenti risalgono al 1902 quando Cologne *et al.* impiegavano l'ozono per disinfettare carne congelata bovina al fine di prolungarne il periodo di conservabilità. Nel 1928 l'ozono fu impiegato per disinfettare il guscio delle uova. Successivamente negli anni 1995-96, il Giappone, la Francia e l'Australia legiferarono in successione permettendo il suo im-

piego nell'industria alimentare. Nel 2001 la FDA (Food and Drug Administration) ha modificato le norme riguardanti gli additivi per rendere possibile l'uso dell'ozono quale agente antimicrobico sia in fase acquosa che gassosa, nel trattamento, conservazione e trasformazione degli alimenti, comprese carni bovine e avicole.

Nel 2002 l'USDA Food Safety Inspection Service (FSIS) ha approvato l'uso di ozono per le REM (carne da pronto consumo) e sulle carni stesse per la sua efficacia antimicrobica senza necessità di indicare in etichetta il trattamento applicato.

Sensibilità dei microrganismi all'ozono

L'ozono ha una capacità antimicrobica molto ampia in quanto è attivo nei confronti di batteri, miceti, virus, protozoi e spore batteriche e fungine (Kadre *et al.*, 2001).

L'inattivazione provocata dall'ozono è un processo complesso in quanto si esercita su vari componenti della membrana e della parete cellulare (ad esempio gli acidi grassi insaturi, le glicoproteine, i glicolipidi e i componenti interni cellulari come gli enzimi e gli acidi nucleici).

Sia l'ozono molecolare che i radicali liberi liberati fanno parte del meccanismo d'inattivazione. I microrganismi muoiono per la distruzione degli involucri o per la disintegrazione dei componenti cellulari. La distruzione, o lisi, è un meccanismo d'inattivazione assai più rapido di quello provocato dagli altri disinfettanti, i quali devono penetrare attraverso la membrana cellulare per poter agire.

Riguardo allo spettro di azione, ciascun microrganismo ha una peculiare sensibilità all'ozono. I batteri sono più suscettibili a questo gas rispetto ai lieviti e ai miceti. I batteri Gram positivi sono più sensibili all'ozono di quanto lo siano i Gram negativi e le spore sono più resistenti rispetto alle cellule vegetative.

Mentre alcuni batteri posseggono un'innata resistenza al cloro, comprese le spore batteriche e i *Cryptosporidium* (Holah, 2003), è stata segnalata pure la resistenza di vari microrganismi ad altri disinfettanti, ad esempio quella di *L. monocytogenes* ai quaternari di ammonio (Lemaitre *et al.*, 1998), viceversa, non vi è la possibilità di resistenza microbica all'ozono a causa del suo meccanismo d'azione, che comporta la lisi della cellula.

Di alcuni virus, l'ozono lederebbe solo i capsidi, reagendo con gli acidi grassi insaturi dell'"envelope" lipidico inibendo, in tal modo, la fissazione del virus alle cellule sensibili (Agolini *et al.*, 1995). Per molti virus lipofili è probabile che l'inattivazione preceda la distruzione fisica e per altri, invece, leso il capsido, l'ozono entrerebbe in profondità e danneggerebbe gli acidi nucleici virali.

Anche per l'attività sporicida, le lesioni del rivestimento esterno delle spore a protezione delle strutture interne avrebbero un'importanza fondamentale (Agolini *et al.*, 1999).

Uso dell'ozono quale igienizzante delle superfici di lavoro ed utensili

Nell'industria alimentare l'ozono può esser impiegato come gas o

Tabella 1
Ozono e sua capacità igienizzante (da Pascual *et al.*, 2007).

Applicazione	Trattamento	Microrganismi	Effetti
Biofilm latteo su superfici di acciaio	Acqua ozonizzata, 0,5 ppm per 10'	<i>Pseudomonas fluorescens</i> e <i>Alcaligenes faecalis</i>	Riduzione di 5,6 e 4,6 log rispettivamente
Cyp system	Acqua ozonizzata	<i>S. aureus</i> , <i>Ps. aeruginosa</i> , <i>Candida albicans</i>	Riduzione 99%
Ambienti di lavorazione	Acqua ozonizzata 2 ppm per 10 ppm per 1 min	Non specificato	67,0-95,6%
Contenitori in plastica	Acqua ozonizzata 2 ppm e 10 ppm/minuto	Non specificato	Riduzione 68,8-97,7% di bioluminescenza
Superfici pulite in acciaio	2 ppm di ozono gassoso in atmosfera ambiente, 22°C e 77% H.R. per 4 h	<i>E. coli</i> , <i>S. liquefaciens</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. innocua</i> , <i>Rhodotorula rubra</i>	Riduzione tra 7,56 e 2,41 log
Superfici pulite in acciaio con presenza di latte UHT	2 ppm di ozono gassoso in atmosfera ambiente, 22°C e 77% H.R. per 4 h	<i>E. coli</i> , <i>S. liquefaciens</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. innocua</i> , <i>Rhodotorula rubra</i>	Riduzione tra 5,64 e 2,41 log
Superfici di acciaio pulite	2 ppm di ozono gassoso in camera sperimentale a 20°C e 50% H.R. per 4 h	<i>Micrococcus luteus</i>	Riduzione di 2-3 log
Superfici	2 ppm, ozono gassoso, 2 h di esposizione	Sconosciuto	Riduzione di 2 log
Attrezzature, pareti, tavoli, nastri trasportatori previamente ben lavati	Acqua ozonizzata 3,0-3,5 ppm	<i>Trichophyton mentagrophytes</i> , <i>S. choleraesuis</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Ps. aeruginosa</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Brettanomyces bruxellensis</i> , <i>E. coli</i>	Riduzione di 4-6 log

in fase acquosa, come acqua ozonizzata.

Pascual *et al.* (2007) hanno riassunto in una tabella di seguito riportata (tab. 1) l'efficacia di vari tipi di trattamenti con ozono.

Dall'esame complessivo della tabella si evince come delle dosi moderate di ozono (comprese tra 0,5 e 3,5 ppm) nelle due fasi riducono significativamente la popolazione microbica. Queste concentrazioni sono compatibili con la maggior parte dei materiali plastici e con l'acciaio usati nell'industria alimentare.

Quando l'ozono è applicato come gas, i tempi di esposizione sono considerevolmente più lunghi (1-4 h) rispetto a quelli previsti

Tabella 2
Attività antimicrobica ed igienizzante dell'ozono.

Sanificazione	Dosaggio	Microrganismi suscettibili
Animali	> 100 ppm	- HV1/TME/Reo type 3/murino - virus dell'epatite
More	0,3 ppm	<i>Bothrytis cinerea</i>
Cavoli	7-13 mg/m ³	- aumento durata vita commerciale
Carote	5-15 mg/m ³	- aumento durata vita commerciale
Derivati	60 µL/L	- <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Pesce	5 ppm	<i>Alcaligenes faecalis</i> , <i>P. fluorescens</i>
	0,25 mg/L	<i>P. putida</i> , <i>B. thermosphacta</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>Shewanella putrefascens</i>
	0,111 mg/L	<i>Enterococcus seriolicida</i>
	0,064 mg/L	<i>Pasteurella piscicida</i> , <i>Vibrio anguillarum</i>
Terreno di coltura	3-18 ppm	<i>E. coli</i> O157:H7
Pepe	6,7 mg/L	Riduzione 3-6 log popolazione batterica
Patate	20-25 mg/m ³	Aumento vita commerciale
Pollame	0,2-0,4 ppm	<i>Salmonella</i> spp., <i>Enterobacteriaceae</i>
Gamberi	1,4 mL/L	<i>E. coli</i> , <i>S. typhimurium</i>
Acqua	0,35 mL/L	<i>A. hydrophila</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>E. coli</i> , <i>V. cholerae</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. typhi</i> , <i>St. aureus</i> , <i>Y. Enterocolitica</i>

dall'uso di acqua ozonizzata (1-10 minuti). L'umidità ambientale favorisce l'azione dell'ozono e l'applicazione del gas risulta efficace su superfici liberate da materiale organico.

Pulizia e disinfezione sono essenziali per garantire condizioni igieniche.

Altri dati sull'attività antimicrobica e sull'attività igienizzante dell'ozono nell'industria alimentare sono stati raccolti da Muthukumarappon *et al.* (2000) e presentati qui nella **tab. 2**.

Nella **tab. 3** sono riportati i risultati di prove di igienizzazione di attrezzi utilizzati nella lavorazione di carni suine e bovine effettuate con l'uso di acqua calda (180°C), schiuma e cloro confrontati con quelli ottenuti con il trattamento con ozono.

SCOPO DEL LAVORO

In questo lavoro sono riportate le informazioni più recenti riguardanti l'attività microbica o inattivatrice dell'ozono pubblicate nella letteratura internazionale specifica a partire dal 2005 e dati sperimentali da noi ottenuti con prove di laboratorio e con applicazioni pratiche dell'ozono in salumifici. I nostri dati riguardano l'attività microbica, fungistatica e acaricida dell'ozono.

Attività dell'ozono nei confronti di batteri e muffe

Le notizie da noi riportate si aggiungono alle monografie di Kim *et al.* (1999), Guzel-Seydim *et al.* (2004), Mahopatra *et al.* (2005), Karaca e Vellogni (2007), Pascual

et al. (2007) e i lavori a cui facciamo riferimento sono riportati di seguito in ordine cronologico.

Manousaridis *et al.* (2005) hanno studiato l'effetto dell'ozono in soluzione acquosa (concentrazione di O₃ = 1 mg/L, tempo di ozonizzazione 60 e 90') su mitili (cozze) privi di guscio refrigerati, riscontrando un effetto battericida di 0,7-2,1 log (per ciclo di trattamento) di popolazione batterica totale, di 0,5-1 log (per ciclo di trattamento) di *Pseudomonas* spp., e di 0,3-0,5 log di batteri lattici, di 1,1-2,5 log di batteri produttori di H₂S, di 0,3-1,4 log di *Brochotrix thermosphacta* e di 0,5-1,5 log di *Enterobacteriaceae* rispettivamente per ciclo di trattamento. Alla diminuzione dei batteri è corrisposto l'aumento della durata commerciale fino 12 gg rispetto alla durata di 9 gg dei soggetti non trattati.

Robbins *et al.* (2005) hanno valutato l'efficacia di ozono, cloro e H₂O₂ per la distruzione di *L. monocytogenes* e dei biofilm, riscontrando l'inizio della distruzione delle cellule di *L. monocytogenes* dopo esposizione a 0,25 ppm di ozono (8,29 log riduzione, CFU per mL) e la loro completa eliminazione con 4 ppm di O₃ (8,07 log riduzione CFU trattamento), mentre per la distruzione dei biofilm risultarono necessari 4 ppm di O₃ (7,47 log di riduzione).

Rodriguez-Romo e Yoususef (2005) hanno somministrato O₃ gassoso con O₃ a 15/lb/nich² per 0-20 minuti a uova in guscio contaminate con *S. enterica*, serovar *Enteritidis* in concentrazioni di 8,0×10⁵ e 4,0×10⁷ cfu/g di guscio, riscontrando riduzioni di 5,9 log o più.

Al-Haddad *et al.* (2005) hanno trattato con >2.000 ppm di O₃

Tabella 3

Vari trattamenti igienizzanti paragonati a quelli ottenuti con ozono.

	Batteri per cm ²		Batteri per cm ³ ozono
	- acqua 180°C - cloro - schiuma dopo 5 fasi		
1) contenitore per il trasporto	CBT	10	2
2) coltello	CBT	7	1
3) lama di sega 1	CBT	3	0
4) lama di sega 2	CBT	3	1
5) rotazione trasporto casse/masse	CBT	4	0
6) carrello trasportabile	CBT	17	0
7) nastro trasportatore baldresche	CBT	20	0
8) rastrelliera	CBT	3	0
9) trasportatore ossa	CBT	3	0
10) tavolo di taglio	CBT	6	0
11) cutter	CBT	0	0
12) lama sega	CBT	29	0
13) manico sega	CBT	3	0
14) rastrelliera uncinaia carne 2	CBT	25	0
15) tavola di taglio	CBT	8	0
16) tavola	CBT	22	0
17) trasportatore carne	CBT	10	0

Legenda:

- fasi 1) lavaggio con H₂O a 180°C
2) schiumaggio per rimuovere grasso
3) lavaggio con H₂O calda
4) trattamento con disinfettante con cloro
5) lavaggio con H₂O

(dati: www.ozonesafetoof.com)

per 30' e con >2.000 ppm di O₃ petti di pollo con pelle, verificando la riduzione del numero di salmonelle e di *Pseudomonas* spp., rispettivamente del 97 e del 95%. Vaz-Velho *et al.* (2006) hanno effettuato studi per valutare l'efficacia di O₃ gassoso sulla crescita di *Listeria innocua* insemata su baffe di salmone *Oncorhynchus mykiss*, durante il ciclo produttivo. Dopo insemamento delle baffe, durante la fase di affumicamento somministrarono ozono nella camera fino a raggiungere concentrazioni di $0,1 \times 10^3$ g/L, ottenendo la riduzione di 1 log in tutti i campioni insemati.

Bialka e Demirci (2007a) applicarono O₃ acquoso a lamponi e fragole nella fase di lavaggio in concentrazioni comprese tra 1,7-8,9 mg/L a 20°C per 2-64 minuti, e con una concentrazione di 21 mg/L a 4°C per 64'. La riduzione massima di patogeni nei lamponi risultò di 5,6 e 4,5 log/cfu/g per *E. coli* O157:H7 e di *Salmonella* a 4°C, mentre nelle fragole le riduzioni furono di 2,9 e 3,3 log/cfu/g per *E. coli* O157:H7 e di *Salmonella* rispettivamente a 20°C dopo 64 minuti.

Sempre gli stessi sperimentatori (Bialka e Demirci, 2007b) applicarono agli stessi frutti l'ozono in fase gassosa dopo averli contaminati, come nelle prove precedenti, con *E. coli* O157:H7 e *Salmonella enterica*. I frutti furono trattati con quattro diversi trattamenti di O₃ gassosa: 1) flusso continuo (5% p/t/p/t) per 2, 4, 8, 16, 32 e 64 minuti; 2) ozono pressurizzato (KPA) per 2, 4, 8, 16, 32 e 64 minuti; 3) ozonizzazione continua per 64 minuti seguita da trattamento con ozono pressurizzato per 64 minuti; 4) vuoto seguito da 64 minuti di ozono sotto pres-

sione. La massima riduzione, sia per i lamponi che per le fragole, si ottenne col terzo trattamento. La riduzione sulle fragole fu di 2,60 e 2,96 log per *Salmonella* ed *E. coli*, rispettivamente. Per i lamponi le riduzioni risultarono di 3,55 e 3,75 log per *Salmonella* ed *E. coli* O157:H7.

Alla fine delle loro sperimentazioni i ricercatori hanno concluso sull'utilità di tale trattamento per decontaminare questi frutti.

Benli *et al.* (2008) vollero determinare gli effetti dell'esposizione all'ozono dei batteri presenti in budelli suini immersi in acqua ozonizzata a 7 mg/L per 0, 2, 4 h a 16°C. I risultati delle analisi batteriologiche dimostrarono la riduzione di *E. coli* biotipo I di 0,4-0,6 log₁₀ cfu/4,5 cm di budello.

Per valutare l'effetto dell'ozono sulle muffe, Vijayanandraj *et al.* (2006) trattarono con ozono la muffa *Aspergillus niger*. Gli Autori constatarono la germinazione delle spore micetiche in tutti i trattamenti sebbene in quantità ridotta perché poche spore germinarono rapidamente producendo 2-3 germi per provetta, poche rispetto ai controlli. Alcune colonie micetiche sviluppatasi dalle spore non produssero spore e tali colonie evidenziarono un netto cambiamento del colore del micelio senza spore, che risultò grigio e non più nero. Tutto ciò dimostrò l'efficacia del trattamento con ozono sulla sterilizzazione della muffa.

Prove di laboratorio

Con prove di laboratorio abbiamo voluto valutare l'attività dell'ozono nei confronti di germi contaminanti gli alimenti in grado di conferire caratteristiche organo-

lettiche peculiari dell'alimento (formaggi, salami) o di alterare alimenti non abituali per sopportare la loro crescita. I batteri sottoposti a trattamento con ozono sono riportati di seguito.

Prove sperimentali in industrie alimentari

O₃ è stato somministrato in tempi diversi e a concentrazioni comprese tra 1 e 3 ppm in salumifici produttori di speck (n. 5), sale di stagionatura di salame (n. 4), locali di sezionamento carni (n. 1).

La capacità ossidante dell'ozono è stata saggiata nei confronti di acari, *L. monocytogenes* e muffe come specificato di seguito.

MATERIALI E METODI

Prove di attività antibatterica eseguite in laboratorio

Per le prove sperimentali sono state allestite delle brodoculture (TSA brodo) a concentrazione nota dei seguenti microrganismi ottenuti dalla collezione interna dell'Istituto: *Brevibacterium linens*, *Brevibacterium permense*, *Arthrobacter* spp., *Plantibacter flavus*, *Brachybacterium alimentarium*, *Corynebacterium flavescens*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Weissella viridescens*.

Si è effettuata la semina delle brodoculture su terreno TSA agar mediante spatolamento. Le piastre insemate sono state quindi collocate in contenitore ermetico in acciaio inox dalle dimensioni di 60×60×65 cm e sottoposte al trattamento con ozono gassoso, prodotto da un generatore d'ozo-

no con effetto corona. Il trattamento è stato effettuato con una concentrazione di ozono di 1 ppm pari a 1,96 mg (m³), alla temperatura di 20°C con un'umidità relativa del 60%.

La concentrazione media di ozono all'interno della camera è stata monitorata in continuo con rivelatore portatile. Le prove sono state effettuate applicando tempi scalari di esposizione all'O₃, fino ad un massimo di 1 ora. I microrganismi sopravvissuti e insemenati nel terreno colturale sono stati poi incubati a temperatura ottimale di crescita (30°C). L'abbattimento batterico è stato espresso come differenza logaritmica tra il titolo iniziale (piastra non sottoposta ad ozonizzazione) e il titolo rilevato sulle piastre sottoposte al trattamento.

Somministrazione di O₃ gassoso in aziende produttrici di speck

La somministrazione di ozono è stata effettuata allo scopo di eliminare gli acari infestanti le superfici degli speck in stagionatura. Il trattamento è stato applicato al 5°-6° mese di stagionatura con questo ciclo di distribuzione:

48 h di trattamento continuo e ogni 8 ore al giorno fino alla totale scomparsa degli acari sulla superficie.

La quantità di O₃ erogata è stata pari a 4 g/h per 40 quintali di prodotto presente nella stanza di stagionatura, con concentrazione rilevata compresa tra 0,8 e 1 ppm.

Somministrazione di O₃ gassoso in locali di stagionatura di salame tipo Calabro e Napoli

L'ozono è stato distribuito nella stessa concentrazione prima indicata in locali di stagionatura dei salami indicati per tempi alterni (2 h di trattamento + 2 h di riposo) allo scopo di impedire lo sviluppo di muffe.

Somministrazione di O₃ gassosa in locali di sezionamento

Il trattamento con l'ozono gassoso di questi locali è stato effettuato allo scopo di eliminare *L. monocytogenes* dalle superfici di lavorazione precedentemente lavate. Le concentrazioni utilizzate sono state pari a 3 ppm (5,88 mg/m³) per 5 h.

RISULTATI

Prove batteriologiche in laboratorio: efficacia dell'ozono nei confronti di batteri contaminanti

I risultati sono espressi in tab. 4.

Eliminazione acari in aziende produttrici speck

In queste aziende si è ottenuta la progressiva eliminazione degli acari fino alla loro definitiva scomparsa dagli speck.

Inibizione dello sviluppo fungino dalla superficie di salami

Il trattamento ha impedito completamente lo sviluppo fungino sulle due specialità di salumi sottoposte al trattamento (salsiccia Calabra e salame Napoli).

Eliminazione di *L. monocytogenes* in locali di sezionamento

Il trattamento ha permesso di constatare l'assenza continua di *L. monocytogenes* su superfici di utensili, impianti e nelle vaschette di scarico dei liquami della lavorazione. Le rilevazioni sono state eseguite in un periodo di 6 mesi.

CONCLUSIONI

In sintesi, i trattamenti descritti hanno permesso di ottenere questi risultati:

- 1) eliminazione degli acari dalle sale di stagionatura con il beneficio di evitare la toielettatura finale dei prodotti infestati;
- 2) eliminazione dello sviluppo di muffe dalle superfici dei tipi di salami indicati.

Tabella 4
Titolo medio prima e dopo trattamento con O₃ gassoso.

	ufc/mL	diminuzione log/ufc/mL
Primo gruppo		
Titolo iniziale	100.000.000	-
dopo 10'	15.000.000	1
dopo 30'	350.000	3
dopo 1 h	50.000	4
Secondo gruppo		
Titolo iniziale	100.000.000	-
dopo 10'	1.500.000	2
dopo 30'	4.500	5
dopo 1 h	120	6