

La disinfestazione con alte temperature

Pest control with high temperatures



In this article, the authors talk about pest control treatment with high temperatures. It is a biological system for the elimination of pests at all stages of their development. Because of its effectiveness, today it is the only alternative to pest control systems using toxic gas, over which it offers many advantages. The system consists of heating infested rooms using electrically powered fan heaters. The treatment is based on the principle that insects and all their life stages (eggs, larvae, pupae, adults) die at a higher than optimum temperature.



di **Di Ciero Stefania***, **Priolo Moreno****, **Priolo Fernando*****

*Tecnologo Alimentare OTA Molise - Thermopest Srl

**Amministratore unico - Thermopest Srl

***Direttore commerciale - Thermopest Srl

**UN SISTEMA
BIOLOGICO
PER IL CONTROLLO
DELLE INFESTAZIONI,
APPLICABILE
IN DIVERSI SETTORI
INDUSTRIALI,
ALIMENTARI E NON**

**A BIOLOGICAL
INFESTATION
CONTROL SYSTEM
APPLICABLE
IN DIFFERENT
INDUSTRIAL, FOOD
AND NON-FOOD
SECTORS**



Sono trascorsi 20 anni da quando, con l'elaborazione del Sesto programma di azione in materia di ambiente (2002-2012), adottato dal Parlamento europeo e dal Consiglio con decisione n. 1600/2002/CE, fu avviata l'elaborazione della "Strategia tematica per l'uso sostenibile dei pesticidi". Con lo svolgersi delle iniziative che hanno portato alla presentazione, da parte della Commissione europea, della proposta di direttiva sull'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, si è evoluta e rafforzata la consapevolezza che una significativa riduzione generale dei rischi associati all'uso dei prodotti fitosanitari sia perfettamente compatibile con l'esigenza di garantire un'efficace protezione delle colture agrarie. Nel 2007, con la messa al bando del bromuro di metile per via della persistenza in atmosfera degli ioni bromo derivanti dal suo utilizzo e al conseguente inserimento di questa sostanza attiva nel Protocollo di Montreal fra gli agenti depletori dell'ozono, le disinfestazioni nelle industrie alimentari (molini e pastifici) vennero eseguite impiegando

LA DISINFESTAZIONE CONVENZIONALE NON È EFFICACE SULLE FORME IMMOBILI DEGLI INSETTI

almeno una volta all'anno il difluoruro di solforile, composto gassoso alternativo al primo, ma altrettanto efficace su tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti (uova, larve, pupe, adulti).

Un rapporto dell'ECHA (European Chemicals Agency) pubblicato il 30 settembre 2015 (ECHA/BPC/073/2015) ha preso in esame il *Global Warming Potential* (GWP) ossia il potenziale di riscaldamento globale del difluoruro di solforile dopo un accurato monitoraggio di questa sostanza in atmosfera. Il rapporto evidenzia come, dopo 10 anni dalla sua introduzione sul mercato come fumigante, accertata la sua reale persistenza nell'atmosfera e visto l'incremento del suo utilizzo previsto per diversi campi di impiego (PT8 e PT18), il suo accumulo in troposfera è

risultato ben 10 volte superiore rispetto alle stime iniziali. Nello stesso rapporto dell'ECHA si legge che 1 kg di difluoruro di solforile immesso in atmosfera comporta un GWP equivalente a 4.800 kg di anidride carbonica (CO₂). Uno studio pubblicato nel 2016 sulla rivista "Science" ha stimato che 1000 kg di CO₂ sono responsabili della scomparsa di 3 m² di ghiaccio polare. Se si considera che per il trattamento di una struttura di 10.000 m³ occorrono 900 kg di difluoruro di solforile, sono ben 4.320.000 i kg di anidride carbonica immessa in atmosfera, potenzialmente causa del scioglimento di 12.960 m² di ghiaccio polare. La necessità di definire sistemi di disinfestazione delle industrie alimentari alternativi all'uso delle sostanze gassose, ma altrettanto efficaci su tutti gli stadi vitali degli insetti e a ridotto impatto sia sulla salute umana sia sull'ambiente e sulla biodiversità (coerentemente alle linee di indirizzo europee in tema di utilizzo sostenibile degli insetticidi) ha trovato soluzione nell'uso delle alte temperature, un metodo innovativo di disinfestazione, sicuro per gli operatori addetti ai lavori e a residuo chimico zero.

Efficacia e campi di applicazione del trattamento con alte temperature

Il trattamento di disinfestazione con alte temperature è un sistema assolutamente biologico per l'eliminazione degli insetti infestanti, in tutte le loro fasi di sviluppo. Il sistema è versatile e applicabile in svariati settori (FIGURA 1):

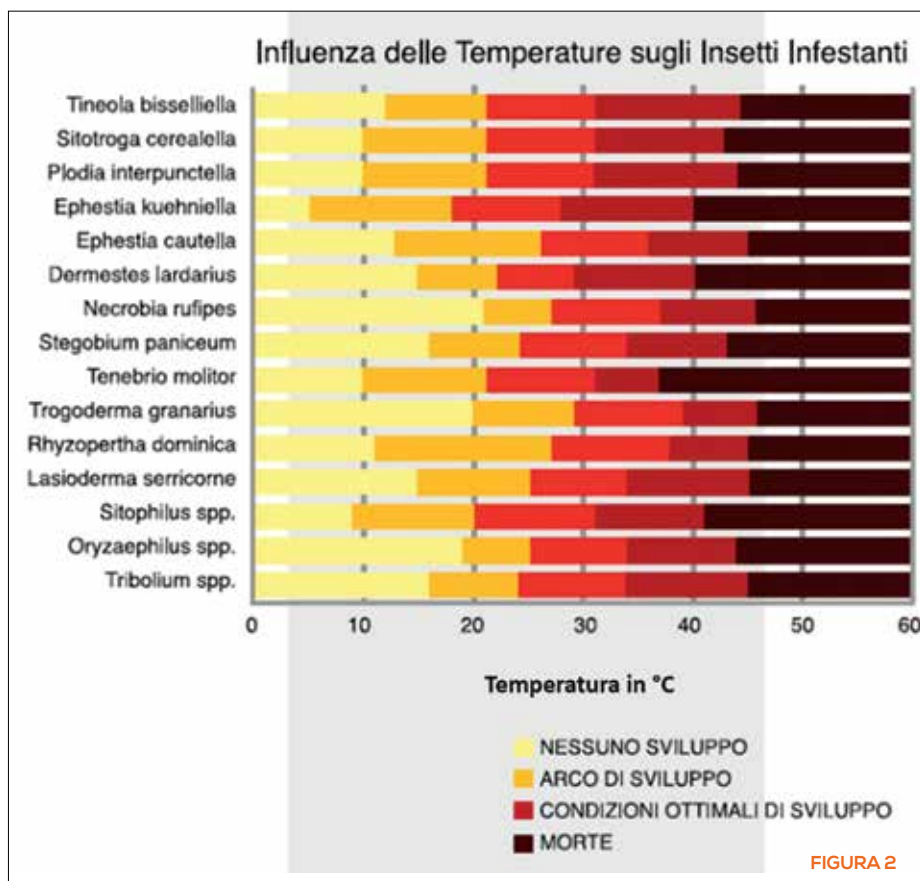
- agro-alimentare;
- trasporti pubblici;
- turistico-alberghiero;
- civile;
- spettacolo;
- zootecnico;
- industria del legno.

Per la sua efficacia, rappresenta oggi l'unica alternativa ai sistemi di disinfestazione con gas tossico, rispetto ai quali offre numerosi vantaggi:

- atossico per persone e alimenti;
- ridotto impatto sull'ambiente;
- non lascia residui;
- non necessita l'evacuazione degli ambienti adiacenti a quelli trattati;
- non sono richieste autorizzazioni o licenze particolari per eseguire il trattamento;



FIGURA 1



- applicabile in stabilimenti che lavorano produzioni biologiche e baby food;
- i locali trattati sono immediatamente rioccupabili, così come i tempi di riavvio delle produzioni, che risultano assai ridotti;

Il sistema consiste nel riscaldare i locali infestati mediante termoventilatori alimentati elettricamente. Il trattamento si basa sul principio per cui gli insetti e tutti i loro stadi vitali (uova, larve, pupe, adulti) muoiono a partire da una temperatura superiore a quella ottimale, per effetto di alterazioni irreversibili su (FIGURA 2):

- coagulazione proteica;
- composizione lipidica;

- denaturazione enzimatica.

Studi sulla valutazione degli effetti delle alte temperature sugli insetti infestanti le derrate evidenziano che, a valori di temperatura superiori a quelli ottimali, la risposta degli insetti passa attraverso 3 fasi (TABELLA 1):

- prima fase (40-45 °C) la deposizione delle uova diminuisce fino ad arrestarsi, la schiusa delle uova e lo sfarfallamento degli adulti dalle pupe diventano difficili da portare a termine, la fecondità si riduce, la vita degli adulti è più breve e la popolazione comincia a morire;
- seconda fase (45-55 °C) gli insetti sopravvivono solo per alcune ore, vivendo

UN'UMIDITÀ RELATIVA SUPERIORE AL 50% PUO' ESTENDERE LA SOPRAVVIVENZA DEGLI INSETTI INFESTANTI

un severo stress idrico.

- terza fase (>55 °C) si verifica una rapida mortalità; l'intera popolazione di insetti muore in pochi minuti.

Fattori influenzanti la mortalità degli insetti

La mortalità di un insetto esposto ad alte temperature è dunque funzione della temperatura e del tempo di esposizione. Diversi sono i fattori che possono influenzare la mortalità degli insetti esposti ad alte temperature: prima di tutto, le proteine da shock termico. Gli insetti hanno una naturale capacità di adattarsi allo stress termico grazie all'espressione di particolari proteine definite "da shock termico" (Heat shock Proteins - HSPs) che proteggono le cellule e l'organismo dallo stress prevenendo la denaturazione proteica. Queste proteine sono sempre presenti negli insetti e la loro capacità di espressione varia in relazione a:

- specie infestante; le diverse varietà rispondono in modo diverso alle alte temperature indipendentemente dalla loro etologia;
- fase di sviluppo dell'insetto; diversi studi hanno dimostrato che la resistenza al calore degli insetti varia in funzione a tale elemento;
- età dell'insetto.

TABELLA 1 RISPOSTA DEGLI INSETTI A VARI INTERVALLI DI TEMPERATURA (ADATTATA DA FIELDS, 1992)

FASE	RANGE DI TEMPERATURA (°C)	EFFETTO
LETALE	> 62	Morte in meno di 1 minuto
	50-62	Morte in meno di 1 ora
	45-50	Morte in meno di 1 giorno
	35-42	La popolazione inizia a morire, gli insetti si spostano verso ambienti più freschi
SUB-OTTIMALE	35	Temperatura massima per la riproduzione
	32-35	Lento aumento della temperatura
OTTIMALE	25-32	Tasso massimo di incremento della popolazione

TABELLA 2 LT₉₉* DI *TRIBOLIUM SPP* ESPOSTE A DIVERSI VALORI DI TEMPERATURA ALLE MEDESIME CONDIZIONI DI UR (22%) E SOTTOPOSTE ALLO STESSO METODO DI RISCALDAMENTO (CONVETTIVO)

SPECIE	FASE DI SVILUPPO**	LT ₉₉ (IN ORE) - TEMPERATURA (°C)												
		46 °C	48 °C	50 °C	51 °C	52 °C	53 °C	54 °C	55 °C	56 °C	57 °C	58 °C	59 °C	60 °C
<i>Tribolium castaneum</i>	A	8.29		0.93	0.84	0.75	0.68	0.61	0.55	0.49	0.44	0.40	0.36	0.32
	P	13.01		1.45	1.21	1.01	0.84	0.69	0.58	0.48	0.40	0.33	0.28	0.23
	Ol	9.19		1.26	1.16	1.07	0.98	0.90	0.83	0.76	0.70	0.64	0.59	0.54
	Yl	7.18		7.21	5.22	3.78	2.74	1.98	1.43	1.04	0.75	0.54	0.39	0.29
	e	10.60		1.76	1.42	1.14	0.92	0.74	0.59	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
<i>Tribolium confusum</i>	A	3.56	2.56	1.20				0.96				0.57		0.25
	P	4.19	2.54	0.81				0.43				0.20		0.17
	Ol	4.99	2.94	1.50				0.93				0.64		0.40
	Yl	3.14	2.25	0.74				0.26				0.20		0.10
	e	3.48	1.95	0.69				0.27				0.20		0.11

*LT₉₉: tempo di esposizione a una temperatura per indurre alla morte il 99% delle specie infestante presa a riferimento.

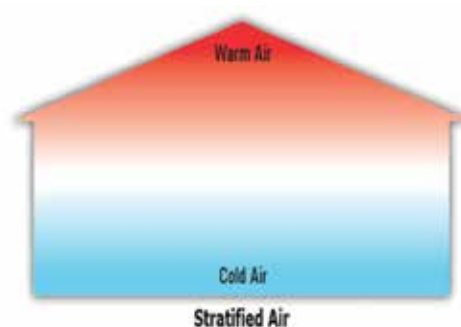
**A: adulto; P: pupa; Ol: larva matura; Yl: larva giovane; e: uovo.

Tratta da: Heat treatment for Postharvest Pest Control - J. Tang, Mitcham. E. Mitcham. E., Wang. S. Wang. S., S. Lurie - ed. 2007.

Nelle tecniche di disinfestazione chimica convenzionale è infatti noto che le forme immobili degli insetti (uova e pupe) sono più resistenti delle forme mobili (larve e adulti); questo discorso non è altrettanto valido nelle applicazioni con alte temperature. La termotolleranza degli insetti infestanti varia sia tra specie diverse sia nell'ambito della stessa specie (TABELLA 2). Studi condotti nel 2003 hanno evidenziato che le giovani larve di *Tribolium castaneum* sono più termotolleranti in un range di temperatura tra i 50 e i 58 °C rispetto uova, pupe e larve mature; nel *Tribolium confusum* le forme più termotolleranti (in un range di temperature tra i 46 e i 60 °C) sono le larve mature rispetto a uova, giovani larve, pupe e adulti della medesima specie.

L'espressione delle proteine da shock termico dipende dal tempo e dalla temperatura di esposizione; pertanto, per indurre alla morte gli insetti occorre mirare a combinazioni tempo/temperatura superiori alle soglie di tolleranza termica. In generale l'esposizione a temperature superiori ai 50 °C per almeno 24 ore sono tali da garantire la morte degli stadi più termotolleranti degli insetti. Un ulteriore fattore è la distribuzione del calore: anche questa, negli ambienti, influisce sulla mortalità degli insetti, quindi sul successo degli interventi. È noto che in condizioni normali, l'aria all'interno dei locali non è uniformemente distribuita, ma si presenta stratificata per via della sua differente densità: l'aria calda, meno densa dell'aria fredda, tende

a occupare le parti più alte dei locali spingendo l'aria fredda verso il basso.



Attraverso la ventilazione forzata, è possibile destratificare l'aria accelerando il processo di distribuzione uniforme del calore. Se alla ventilazione forzata si aggiunge un sistema di riscaldamento (come una batteria di resistenze elettriche opportunamente dimensionate), si ottiene un graduale e uniforme riscaldamento dell'aria all'interno del locale. Diversa è invece la risposta dei materiali presenti nel locale riscaldato, la cui velocità di riscaldamento è funzione della loro conducibilità termica ossia l'attitudine di un materiale a trasmettere il calore (TABELLA 3).

Quanto più è alta la conducibilità termica di un materiale, tanto più esso è un buon conduttore di calore; viceversa, più è bassa la conducibilità termica, più il materiale è isolante. Altro parametro fisico da considerare durante le applicazioni con alte temperature è il coefficiente di dilatazione termica dei materiali (TABELLA 4), ossia quel fenomeno che si riscontra quando un

TABELLA 3 CONDUCIBILITÀ TERMICA DI ALCUNI MATERIALI

Materiale	Conducibilità termica k (W/mK)
Alluminio	209
Acciaio inox	17
Calcestruzzo	1,6
Mattone	0,4-0,7
Vetro	1
Plastiche	0,12-0,65
Legno	0,12

TABELLA 4 COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA LINEARE DI ALCUNI MATERIALI

Materiale	Coefficiente di dilatazione termica lineare
Alluminio	$24 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Acciaio inox	$12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Calcestruzzo	$10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Mattone	$6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Vetro	$9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Plastiche	$80 - 200 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Legno	$15 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

corpo modifica il suo volume (dilatazione volumetrica), la sua superficie (dilatazione superficiale) o la sua lunghezza (dilatazione lineare) a seguito di una variazione della sua temperatura.

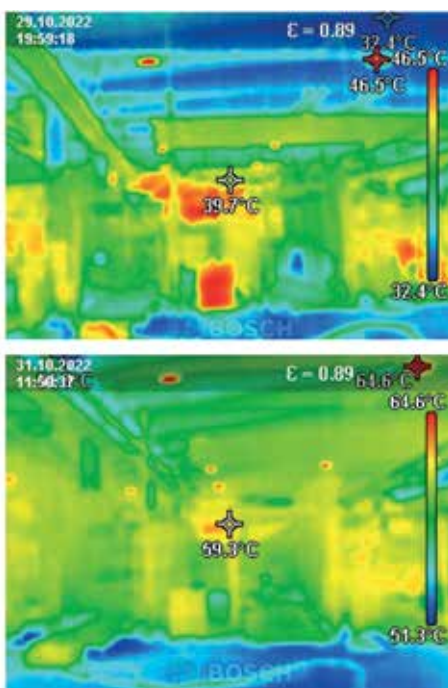


FIGURA 3

Poiché in una struttura di produzione alimentare sono contemporaneamente presenti materiali diversi di differente natura e talvolta accoppiati tra loro, è necessario riservare al trattamento le giuste tempistiche per garantire un riscaldamento uniforme delle superfici e una omogenea distribuzione del calore in tutti i punti dei locali trattati. L'ultimo fattore da tenere in considerazione riguarda l'umidità relativa degli ambienti esposti a trattamento: questa influenza la mortalità degli insetti in quanto mitiga l'effetto delle alte temperature. Valori di umidità relativa superiore al 50% possono estendere la sopravvivenza degli insetti infestanti. In generale, durante un trattamento di disinfestazione con alte temperature, l'umidità relativa dell'ambiente diminuisce

all'aumentare della temperatura e, a temperature superiori ai 50 °C, l'UR scende al di sotto del 25% dopo circa 20 ore di esposizione. Ciò suggerisce che, per trattamenti termici strutturali efficaci, occorre un'esposizione continuativa di almeno 24 ore a temperature superiori ai 50 °C (FIGURA 3).

La tecnica e gli impianti

L'innalzamento termico dei locali sottoposti a disinfestazione con il sistema delle alte temperature è realizzato mediante specifici impianti alimentati elettricamente, opportunamente distribuiti all'interno dello stabilimento e in numero variabile in relazione:

- alle volumetrie da trattare;

LA DISTRIBUZIONE DEL CALORE NEGLI AMBIENTI INFLUISCE SUL SUCCESSO DEGLI INTERVENTI

- alla conducibilità termica dei materiali presenti nelle aree;
- al periodo stagionale nel quale si effettua il trattamento.

Preliminarmente al trattamento occorrono pochi e semplici accorgimenti:

- rimuovere i cumuli di polvere e/o residui alimentari dove gli insetti possano crearsi un rifugio fresco e umido;
- svuotare gli impianti e i silos (ove possibile);
- allontanare materiali e prodotti sensibili alle alte temperature (bombole in pressione, contenitori con liquidi infiammabili);
- chiudere finestre, porte e qualsiasi altra apertura, al fine di minimizzare la dispersione termica e garantire il raggiungimento delle temperature ottimali di processo nel minor tempo possibile;
- effettuare delle sigillature, laddove necessario;

Gli impianti consistono in aerotermini elettrici collegati a un distributore elettrico il quale, a sua volta, si collega ai quadri elettrici interni alla struttura, resi disponibili per il trattamento dall'azienda committente (FIGURE 4, 5, 6, 7).

Il trattamento ha una durata complessiva di almeno 48 ore durante le quali le temperature vengono gradualmente portate a valori compresi tra i 50 °C e i 57 °C.



FIGURA 4



FIGURA 5



FIGURA 6



FIGURA 7



Monitoraggio del trattamento e validazione

Durante il trattamento, è necessario effettuare periodici controlli nei locali esposti alle alte temperature e finalizzati a verificare il raggiungimento delle temperature critiche in tutti i punti della struttura. Questi rilievi vengono effettuati mediante:

- termo-igrometri digitali;
- termometri manuali a infrarossi;
- termocamere in grado di rilevare i diversi gradienti di temperatura.

Per poter valutare l'effettiva mortalità di tutti gli stadi vitali degli insetti infestanti e decretare quindi l'efficacia del trattamento, è possibile:

- posizionare test biologici - barattoli contenenti vari stadi vitali degli insetti - nei locali sottoposti a trattamento;
- dimostrare il mantenimento di temperature superiori ai 50 °C in tutti i punti della struttura per almeno 24 ore.

Effetti secondari del trattamento: pulizia e sanificazione delle strutture

L'attività deumidificante del trattamento termico e l'esposizione prolungata a temperature relativamente alte, oltre a incidere sui tempi di sopravvivenza degli insetti, esplicano dei positivi effetti secondari; nello specifico favoriscono:

- il distacco di incrostazioni alimentari

(cariche di muffe e batteri) dalle parti interne dei macchinari con conseguente miglioramento delle condizioni igieniche delle parti interne degli impianti di lavorazione, delle tubazioni e dei trasportatori;

- la significativa riduzione della carica batterica e micotica aerodispersa con conseguente miglioramento della qualità dell'aria degli ambienti trattati. Studi condotti sui livelli di contaminazione microbica ambientale, stimata effettuando prelievi di aria pre e post trattamento mediante SAS (Surface Air System) nei locali sottoposti a disinfestazione, evidenziano un notevole abbattimento della carica micotica e batterica aerodiffusa, confermando l'effetto sanificante (TABELLA 5).

TABELLA 5 VARIAZIONE DEI LIVELLI DI CONTAMINAZIONE AMBIENTALE RILEVATI PRE E POST TRATTAMENTO TERMICO ALL'INTERNO DI UN PASTIFICIO INDUSTRIALE

Area - Punto di prelievo	Fase del campionamento	Data del campionamento	Conta lieviti e muffe (UFC/m ³)	Conta microrganismi a 20 °C (UFC/m ³)	Conta microrganismi a 37 °C (UFC/m ³)	IGCM/m ³ (*)	Categoria di contaminazione dell'aria (**)
Pastificio - produzione Zona testata	pre-trattamento	30/06/2022	3000	440	720	4160	intermedia
	post-trattamento	03/07/2022	10	107	330	447	molto bassa
Pastificio - area confezionamento	pre-trattamento	30/06/2022	3000	3000	3000	9000	alta
	post-trattamento	03/07/2022	170	230	35	435	molto bassa

* IGCM (Indice Globale di Contaminazione Microbica) = UFCbat (37 °C) + UFCbat (20 °C) + UFCmic. ** Categorie di contaminazione microbiologica dell'aria proposti da Dacarro e collaboratori (2000) - Fonte INAIL "Il monitoraggio microbiologico negli ambienti di lavoro - edizione 2010"

Conclusioni

Il presente lavoro, finalizzato ad ampliare il campo delle informazioni già note sugli effetti delle alte temperature e a definire con maggiore chiarezza i fattori che influenzano l'efficacia del trattamento termico, permette di esprimere le seguenti considerazioni:

- affinché la disinfestazione con il sistema delle alte temperature sia efficace occorrono almeno 48 ore di trattamento, durante le quali le temperature devono essere portate gradualmente a valori compresi tra i 50 °C e i 57 °C;
- considerando la termotolleranza degli

insetti (che varia in funzione della specie, della fase di sviluppo e dell'età dell'insetto), per avere certezza della morte degli stadi di sviluppo più resistenti al calore occorrono tempi di esposizione di almeno 24 ore a temperature superiori ai 50 °C, il cui raggiungimento occorre si concretizzi nelle prime 24 ore di trattamento;

- Il mantenimento di elevate temperature per tempi relativamente lunghi e il conseguente effetto deumidificante esplicito dal trattamento, rendono il sistema efficace anche per la sanificazione dell'aria ambientale e per la disinfezione degli impianti.

Questi aspetti, unitamente a quelli ampiamente richiamati in questo lavoro, confermano la grande versatilità del sistema delle alte temperature, applicabile non solo per la disinfestazione ma anche per la sanificazione e disinfezione delle strutture di produzione alimentare, senza il ricorso a sostanze chimiche e potendo perseguire contemporaneamente obiettivi diversi (disinfestazione, sanificazione e disinfezione) con l'applicazione di un solo metodo di trattamento.

Stefania Di Ciero,
Fernando Priolo, Moreno Priolo



AGRINOVA
ARTICOLI & RICAMBI PER MOLINI, AGRICOLTURA e INDUSTRIA

Ricambiamo tutto. Specialmente la Vostra Fiducia.

RIVENDITORE UFFICIALE
S E F A R

SAVIGLIANO (CN) • **WWW.AGRINOVA.IT** • INFO@AGRINOVA.IT • TEL. **0172 71 54 88**