

***ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI
BOLOGNA***

Dipartimento di Scienze Mediche Veterinarie

Corso di Laurea Magistrale in

Sicurezza e Qualità delle Produzioni Animali

**EFFETTI DELL'ACQUA ALCALINA
ELETTROLIZZATA PER CLEANING
DI UNA LINEA DI PRODUZIONE DI
HAMBURGER**

Tesi di Laurea di: Christian Costa
Matricola n° 0001004492

Relatore: Prof.ssa Gazzotti Teresa
Correlatore: Prof. Tassinari Marco

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO	3
1 INTRODUZIONE	4
2 SANIFICAZIONE NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE	7
2.1 <i>Sanificazione aziendale</i>	9
3 ACQUA ELETTROLIZZATA (EW)	14
3.1 <i>Acqua elettrolizzata acida (AEW)</i>	16
3.2 <i>Acqua elettrolizzata leggermente acida (SAEW)</i>	17
3.3 <i>Acqua elettrolizzata alcalina (BEW)</i>	18
4 AQUASOL	20
4.1 <i>Campi di applicazione</i>	21
4.2 <i>Sostenibilità e sicurezza</i>	21
4.3 <i>Sviluppo sostenibile</i>	23
5 OBIETTIVI DELLA RICERCA	25
6 MATERIALI E METODI	26
6.1 <i>Superfici campionate</i>	26
6.2 <i>Tamponi</i>	28
6.3 <i>Prelievi tramite tamponi</i>	29
6.4 <i>Metodica analisi CBT (carica batterica totale)</i>	30
6.5 <i>Metodica analisi enterobatteriacee</i>	31
6.6 <i>Analisi statistica</i>	31
7 RISULTATI	32
7.1 <i>Risultati campioni nastro trasportatore</i>	33
7.1.1 <i>CBT</i>	33
7.1.2 <i>Enterobatteriacee</i>	35
7.2 <i>Risultati campioni tramoggia</i>	36
7.2.1 <i>CBT</i>	36
7.2.2 <i>Enterobatteriacee</i>	38
7.3 <i>Risultati campioni camera pistoni</i>	40
7.3.1 <i>CBT</i>	40
7.3.2 <i>Enterobatteriacee</i>	42
7.4 <i>Risultati di tutti i campioni insieme</i>	44
7.4.1 <i>CBT</i>	44
7.4.2 <i>Enterobatteriacee</i>	45
8 DISCUSSIONE	47
9 CONCLUSIONI	50
BIBLIOGRAFIA	53

RIASSUNTO

AQUASOL Food è un'acqua alcalina (BEW) prodotta per elettrolisi che contiene il 99,83% di acqua pura e lo 0,17% di idrossido di potassio (pH 12,3-12,5) con buona azione detergente e sgrassante. È stata recentemente testata anche la sua efficacia nel ridurre la carica batterica e quella di patogeni (E. coli, Salmonelle e Listeria spp) sulle superfici a contatto con gli alimenti. Obiettivo della ricerca è stato valutare l'efficacia della BEW nella riduzione della carica batterica su una linea industriale di produzione di hamburger. Sono stati utilizzati 2 diversi Protocolli operativi: 1 - prelievo su superficie sporca (T0), poi primo trattamento con BEW e prelievo (T1) e successivamente secondo trattamento con acqua a 60°C e prelievo (T2); 2 - prelievo su superficie sporca (T0) poi primo trattamento con acqua a 60°C e prelievo (T1) e successivamente secondo trattamento con BEW e prelievo (T2). I prelievi al T1 e T2 sono stati effettuati dopo circa 3-5 minuti dal trattamento effettuato. Sono stati effettuati complessivamente 108 campioni (tramoggia in acciaio, camera dei pistoni in acciaio per formatura hamburger e nastro trasportatore in materiale plastico) ed analizzati per la conta della carica batterica totale (CBT) e delle Enterobacteriaceae. L'analisi statistica dei dati (UFC/cm² trasformati in log) ha rivelato che le Enterobacteriaceae hanno subito un totale (100%) e significativo ($p < 0.01$) azzeramento su tutte le superfici testate a seguito del trattamento con Aquasol Food. Per la CBT, il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60°C) ha evidenziato per BEW una significatività statistica ($P = 0,03$) nell'abbattimento della CBT (-79%) rispetto all'uso di acqua calda a 60°C (-30%), confermando l'efficacia di BEW nella forte riduzione della carica batterica. Sembra possibile, pertanto, utilizzare BEW in condizioni operative industriali in modo da ridurre significativamente la carica batterica senza l'uso di prodotti chimici per le operazioni di pulizia.

1. INTRODUZIONE

L'igiene delle attrezzature e degli utensili nell'industria alimentare è considerata un'azione fondamentale per prevenire il rischio di contaminazione degli alimenti trasformati (Blagojevic e Antic, 2014). L'aumento del consumo, la produzione su larga scala e una distribuzione più efficiente di prodotti alimentari negli ultimi due decenni hanno contribuito ad aumentare il numero di focolai di malattie causati da questo prodotto. Le malattie di origine alimentare sono diffuse in tutto il mondo ed il tributo in termini di vite umane e di sofferenza è enorme. Le infezioni e le intossicazioni acute di origine alimentare sono oggi molto più preoccupanti per l'industria alimentare rispetto a qualche decennio fa. Attualmente si stima che i patogeni di origine alimentare siano responsabili di un terzo delle malattie umane nel mondo. Le malattie zoonotiche di origine alimentare rappresentano una seria e diffusa minaccia per la salute pubblica, con più di 320 mila casi umani riferiti ogni anno nel territorio dell'Unione europea. Nel 2020, 27 Paesi dell'UE hanno segnalato 3086 focolai epidemici di origine alimentare (-47% rispetto al 2019) responsabili di 20.017 casi (-61,3%), 1675 ricoveri ospedalieri (-60%) e 34 decessi (43,3%). La *Salmonella* è l'agente infettivo maggiormente identificato (694 focolai), quello con il maggior numero di casi epidemici e che ha richiesto il maggior numero di ricoveri. Le principali fonti di infezione nei focolai epidemici sono state "uova e prodotti a base di uova" e "carne di maiale" per *Salmonella*, "crostacei, molluschi e prodotti derivati" per norovirus, "pesce e prodotti a base di pesce" per *Listeria*. La prima e la seconda zoonosi più segnalata nell'uomo sono state rispettivamente la campilobatteriosi e la salmonellosi (EFSA e ECDC, 2021). Le informazioni sui casi confermati di zoonosi segnalati dall'Italia all'ECDC indicano anche per il nostro Paese una contrazione delle notifiche nel 2020, per tutte le malattie soggette a sorveglianza ad eccezione della trichinellosi, yersiniosi e dei casi di infezione da virus West Nile.

Poiché l'industria alimentare è divenuta più vasta, più concentrata e più diversificata e poiché parallelamente sono emersi nuovi rilevanti rischi, la sicurezza alimentare e le procedure igienico-sanitarie hanno assunto una nuova importanza per la tutela della salute pubblica. Sebbene gli animali e gli esseri umani siano la principale fonte di contaminazione alimentare batterica, nell'industria alimentare, i prodotti sono spesso contaminati biologicamente per contatto con le superfici di attrezzature, tritatori, affettatrici e taglieri (Serraino et al., 2010). Molte aziende sono fortemente impegnate

a migliorare la sicurezza alimentare nei propri stabilimenti per prevenire malattie o danni ai consumatori derivanti dai pericoli biologici, chimici o fisici (Norman et al., 2008). Di fatto, risulta molto importante utilizzare detergenti, disinfettanti e attrezzature appropriate, in modo tale che il programma di sanificazione possa essere efficacemente attuato.

La corretta sanificazione dei luoghi deputati alla produzione, alla trasformazione, al trasporto e alla vendita di alimenti è assolutamente fondamentale per garantire la sicurezza alimentare, tant'è che la legislazione europea prevede obblighi molto stringenti al riguardo il cosiddetto "pacchetto igiene" e in particolare l'analisi dei rischi e dei punti critici di controllo, tramite il protocollo HACCP (Intra-group, 2020). I prodotti alimentari non devono contenere microrganismi, né loro tossine o metaboliti, in quantità tali da rappresentare un rischio inaccettabile per la salute umana. L'azione nociva dei microrganismi può essere causata o dall'ingestione del microrganismo insieme all'alimento (in questo caso si avrà una tossinfezione alimentare), oppure dalle tossine da essi prodotte (si avrà allora una intossicazione alimentare); le tossinfezioni alimentari più frequenti nel nostro Paese sono le tossinfezioni da *Salmonelle*, da *Clostridium perfringens*, da *Bacillus cereus*; mentre le intossicazioni alimentari più frequenti sono: il botulismo e le intossicazioni da *Staphylococcus aureus* (Ministero della Salute).

Il prelievo di campioni sul luogo di produzione e lavorazione dell'industria alimentare è uno strumento utile per individuare e prevenire la presenza di microrganismi patogeni nei prodotti alimentari. I criteri microbiologici possono essere applicati per la validazione e la verifica di procedure HACCP e di altre misure di controllo dell'igiene; è pertanto opportuno fissare criteri microbiologici che definiscano l'accettabilità dei processi nonché criteri microbiologici di sicurezza dei prodotti alimentari che fissino una soglia oltre la quale un alimento sia da considerarsi contaminato in modo inaccettabile dai microrganismi cui tali criteri si riferiscono (Reg. UE 2073/05).

Questi criteri permettono quindi di valutare l'accettabilità di un prodotto alimentare e dei relativi processi di lavorazione, manipolazione e distribuzione, distinguendo:

- criteri di sicurezza alimentare, ovvero "un criterio che definisce l'accettabilità di un prodotto o di una partita di prodotti alimentari, applicabile ai prodotti immessi sul mercato". Individuando, quindi, una soglia di contaminazione oltre la quale il prodotto non può più essere definito sicuro per la salute del consumatore;

- criteri di igiene del processo, ovvero “un criterio che definisce il funzionamento accettabile del processo di produzione”. Questo criterio, che non si applica ai prodotti immessi sul mercato, fissa un valore indicativo di contaminazione al di sopra del quale sono necessarie misure correttive volte a mantenere l’igiene del processo di produzione in ottemperanza alla legislazione in materia di prodotti alimentari.

2. SANIFICAZIONE NELL'INDUSTRIA ALIMENTARE

Nell'industria alimentare la sanificazione prevede tutti quei trattamenti di natura fisica e chimica che sono effettuati affinché una superficie risulti pulita fisicamente (priva di sporco visibile), chimicamente (priva di residui di sostanze utilizzate nel trattamento) e biologicamente (il numero e il tipo di microrganismi inizialmente presenti siano ridotti a un livello accettabile).

Lo scopo della sanificazione è distruggere tutti i batteri patogeni eventualmente presenti e ridurre al minimo la contaminazione batterica generica.

Le operazioni di sanificazione, se condotte in modo appropriato, consentono di eliminare una parte notevole di microrganismi le cui cellule e spore trovano, anche grazie ai residui di lavorazione, condizioni favorevoli alla loro sopravvivenza ed alla loro proliferazione.

Tuttavia, la sola detersione non garantisce, per quanto scrupolosa, il completo allontanamento dei contaminanti microbici.

Una superficie può essere considerata pulita quando è priva di tracce di contaminanti, non è untuosa al tatto, è inodore, non annerisce un fazzoletto di carta bianco strisciato e quando l'acqua versata cola uniformemente senza separarsi in goccioline.

La sanificazione consta di due fasi in successione (detersione e disinfezione), un'efficace disinfezione presuppone sempre un'accurata detersione, solo in casi eccezionali e in ambienti poco insudiciati si possono associare detersione e disinfezione in un'unica fase.

Fase 1: Detersione

Per rimuovere lo sporco occorre fornire energia al sistema e tale energia può essere di tipo fisico (meccanico), chimico o termico (calore); si consiglia di impiegare un mix dei tre tipi.

La detersione fisica consiste nell'asportazione meccanica dei residui grossolani e nel risciacquo con acqua tiepida immediatamente al termine del lavoro; l'azione detergente è affidata al frizionamento manuale e alla pressione dell'acqua.

Il detergente chimico è una sostanza che riduce l'energia meccanica richiesta dal processo di detersione (minor fatica).

Le operazioni di pulizia e detersione sono fondamentali per ottenere una sanificazione efficace: basta pensare che, con una buona detersione, si può eliminare già il 90% della carica batterica delle superfici. Per ottenere questo risultato, però, è necessaria un'attenta selezione delle attrezzature e dei detergenti da utilizzare, che variano caso per caso.

Quando si sceglie il detergente, ad esempio, bisogna tenere in considerazione molti fattori, quali:

- La durezza dell'acqua utilizzata;
- Le modalità di applicazione (tempo di contatto, procedure, attrezzature a disposizione);
- I materiali da pulire (acciaio, legno, piastrelle ecc...);
- Lo stato e la consistenza delle superfici da pulire (porose, lisce ecc...);
- La quantità, la tipologia e lo stato dello sporco (secco, bruciato ecc...);
- Il tipo di sporco da trattare è una delle variabili fondamentali da considerare nella scelta del detergente. Ogni stabilimento e ogni linea di prodotto presenta infatti difficoltà e sfide specifiche.

Fasi della detersione:

a. asportazione meccanica dello sporco grossolano;

b. risciacquo iniziale con acqua calda a temperatura superiore a 45°C per sciogliere i grassi e favorirne il distacco, ma inferiore a 60°C per evitare di "cuocere" proteine, zuccheri o grassi, rendendoli più tenacemente attaccati alle superfici da pulire, per gli utensili e le parti smontabili delle attrezzature è sufficiente che duri circa 15 minuti in immersione

c. applicazione del detergente: poiché la maggior parte dei residui alimentari (proteine e grassi) non si sciolgono nell'acqua, per eliminarli completamente occorre impiegare un detergente che stacchi lo sporco dalla superficie e ne permetta l'allontanamento con il risciacquo successivo

d. risciacquo finale con acqua a temperatura di rubinetto, per almeno 5 minuti se in immersione

Fase 2: Disinfezione

La disinfezione (o decontaminazione) comporta la distruzione certa dei batteri patogeni non sporigeni e la riduzione accentuata della presenza dei batteri non patogeni e non

sporigeni. Alcuni disinfettanti causano una limitata diminuzione delle spore batteriche; altri (glutaraldeide) l'inattivazione totale delle spore; si tratta comunque di ipotesi non percorribili nell'industria alimentare ma praticabili, ad es., in ambito ospedaliero.

I fattori che influenzano l'efficacia di un intervento disinfettante dipendono da:

- tipo e concentrazione del germicida;
- numero e tipo dei microrganismi;
- durata dell'esposizione e temperatura della soluzione;
- pH della soluzione;
- natura della superficie e presenza di sporco.

La disinfezione può avvenire tramite diverse modalità. Alcuni processi di disinfezione sono "fisici", basati sull'utilizzo del calore (fiamma diretta, calore secco o calore umido) o di radiazioni (ionizzanti e UV). Esistono poi tutta una serie di disinfettanti di tipo chimico, composti da sostanze quali cloroderivati, quaternati d'ammonio, componenti a base di iodio, aldeidi, sostanze che liberano ossigeno (es. acqua ossigenata, acido peracetico), alcoli (alcol etilico, alcol metilico, isopropilico, etc).

La scelta della giusta tipologia di disinfezione non è né banale né scontata, e deve tenere in considerazione diversi elementi, come ad esempio:

- Il problema dei residui chimici della disinfezione
- Il problema della corrosione delle superfici, legato all'aggressività degli agenti disinfettanti
- La natura dello sporco – zuccheri, grassi, proteine e lipidi sono più o meno sensibili a determinate sostanze, quindi a ogni prodotto trattato (carni, pasta, frutta e verdura, conserve, dolci, alcolici eccetera) corrisponderà il "giusto" disinfettante

2.1 Sanificazione aziendale

In ambito di igiene dei prodotti alimentari, i regolamenti vigenti e gli standard di certificazione hanno l'importante obiettivo di ridurre a livelli accettabili il rischio microbiologico. Il Regolamento (CE) n. 853/2004 del 29 Aprile 2004 obbliga tutti gli operatori del settore alimentare (OSA) a "tenere puliti tutti gli impianti utilizzati e, ove necessario, dopo la pulizia a disinfettarli in modo adeguato".

I protocolli di pulizia e disinfezione sono identificati nel “sistema qualità” con documenti di classe “CL” o “CL-SSOP-SPS” e descrivono le attività che devono essere condotte dalla ditta sia sulle superfici a contatto diretto e indiretto che non a contatto con l’alimento, prima e durante le lavorazioni, per prevenire la contaminazione diretta e/o l’adulterazione dei prodotti e rappresentano una misura pre-requisito per ciascun stabilimento. Le misure che vengono utilizzate nel piano di pulizia devono essere validate, verificate e gestite in caso di non conformità.

Viene condotta una rivalutazione delle procedure a seguito di qualsiasi cambiamento nel lay-out dello stabilimento o dell’introduzione di nuovi impianti, linee, attrezzature.

Nella terminologia internazionale i protocolli inerenti alla pulizia, sanificazione e disinfezione sono identificati con le seguenti sigle:

- SOPs - Standard Operating Procedures (Procedure Operative Standard), sono rappresentate dalle procedure scritte che contengono le indicazioni operative (SOP) su come debbano essere svolte tutte le attività nell’ambito di una Azienda, incluse le pulizie e disinfezioni;
- SPS (Sanitation Performance Standards/PRP - Pre Requisite Programs): le Sanitation Performance Standards (Standard di Operatività in condizioni di Igiene) sono prerequisiti cogenti da soddisfare allo scopo di produrre in un ambiente in condizioni igieniche adeguate e sono riferite alle superfici non a contatto diretto con l’alimento. Le SPS sono sovrapponibili ai prerequisiti di cui alla normativa comunitaria (PRP) per quanto riguarda l’igiene delle produzioni. L’obiettivo delle SPS/PRP è assicurare le condizioni igieniche generali adeguate affinché il prodotto non sia adulterato, nonché operare in maniera da non interferire con il lavoro dell’Autorità Competente, evitare pertanto la creazione di “situazioni non igieniche” e “l’adulterazione dei prodotti”. Il mancato rispetto o l’inadeguatezza di una SPS non comporta di per sé la contaminazione diretta del prodotto. Il protrarsi di questa condizione può portare però alla contaminazione dei prodotti, per cui le misure di cui al punto precedente devono essere adottate entro i tempi necessari a prevenire l’instaurarsi di condizioni di rischio per i prodotti alimentari.
- SSOP – Sanitation Standard Operating Procedures (Procedure Operative Standard di Sanificazione): le SSOP sono particolari SOP richieste per l’export in taluni Paesi o applicate volontariamente (ove non cogente) che descrivono le attività e registrazioni che devono essere condotte giornalmente dalla ditta

come minimo sulle superfici destinate a venire in contatto in modo diretto o indiretto con l'alimento, prima e durante le lavorazioni, per prevenire la contaminazione diretta o indiretta dei prodotti e/o la loro adulterazione.

Le SSOP si distinguono in SSOP Pre-Operative e SSOP Operative di seguito descritte:

- Le procedure SSOP PRE-OPERATIVE sono quelle attuate alla fine del ciclo di lavorazione prima dell'inizio del ciclo successivo e sono dirette ad assicurare la rimozione dello sporco visibile, la detersione e la disinfezione delle superfici prima dell'inizio delle lavorazioni.
- Le procedure SSOP OPERATIVE nelle direttive comunitarie sono indicate come "igiene delle lavorazioni". Le procedure SSOP operative sono indirizzate alla gestione delle procedure di pulizia, lavaggio, detersione e disinfezione delle superfici a contatto diretto o indiretto eseguite in corso di lavorazione (compresi gli eventuali interventi attuati tra un turno di lavoro e il successivo o nelle pause di lavorazione).

Per superfici a contatto diretto si intendono tutte le parti di impianti, attrezzature e utensili che sono a contatto diretto o possono entrare a contatto diretto con: le materie prime non protette (carni o ingredienti), il prodotto in corso di lavorazione, il prodotto finito non protetto. Un elenco esaustivo ma non completo delle superfici a contatto include: nastri di trasporto, elevatori, impianti, tavoli, coclee, macchinari (parti interne a contatto), contenitori e carrelli, cassette e cassoni e loro coperchi, attrezzature (es. coltelli, pale).

Tra le superfici destinate a venire a contatto con gli alimenti vanno considerati, a titolo di esempio, i piani di lavoro e di appoggio, gli utensili e le superfici degli impianti che vengono a contatto con gli alimenti, le mani degli operatori.

Tra le superfici a contatto indiretto con gli alimenti sono da ricordare le superfici che vengono toccate dagli operatori durante le normali operazioni di manipolazione degli alimenti (manici di attrezzi, interruttori e pulsanti vari, corrimano, ecc.), come pure il vestiario dei lavoratori (grembiuli, per esempio), se è ragionevole ritenere che possano venire a contatto con gli alimenti.

Un caso particolare di superfici indirettamente a contatto con gli alimenti è costituito da quelle superfici sulle quali si può formare della condensa che può successivamente cadere sui prodotti alimentari sottostanti trascinando eventuali contaminanti presenti sulla superficie da cui origina. La prevenzione della formazione della condensa deve

essere prevenuta nell'ambito dei PRP attraverso una adeguata progettazione e realizzazione dei locali/impianti e una sufficiente ventilazione (vedi anche Reg. CE n. 852/04, Allegato II, capitolo I, punto 2 lettera b), Allegato II, Capitolo II, punto 1, lettera c). Qualora non sia possibile evitare la formazione di condensa che possa implicare la contaminazione diretta degli alimenti, queste superfici devono essere pulite e monitorate giornalmente nell'ambito delle SSOP.

Le superfici non a contatto sono quelle che per posizione ed utilizzo non sono destinate a venire a contatto né diretto né indiretto con l'alimento. È il caso ad esempio di pavimenti, pareti, infrastrutture, porte, telai strutturali di impianti. Le procedure che ne descrivono la pulizia ed il controllo sono classificate come SPS.

Di seguito sono descritte le modalità operative (tabella 1) e pre-operative (tabella 2) di sanificazione e detersione applicate in una linea di produzione di hamburger in una grande azienda italiana.

Tabella 1: Modalità operative di pulizia e sanificazione in una linea di produzione hamburger

Macchina / Area	MODALITA' DI DETERSIONE E SANIFICAZIONE	Frequenza	Apparecchiature
Area formatura Tritacarne Nastro trasportatore Formatura hamburger	<p align="center"><u>Perforatori, Piastre</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pulizia bicchierini, rimozione residui di carne da interno area di caduta hamburger e area movimento pistoni (mettere scarti in cassette da frutta con sacco in polietilene e/o Contenitore a banda bianca con cartello "prodotto Non Conforme destinato al Trattamento termico (suino/bovino), che verrà poi trasferito in cassette frutta su pallet in Area Prodotto Non Conforme destinato al Trattamento termico (suino/bovino). - Smontaggio delle attrezzature metà turno o a necessità. - Deposito delle attrezzature in apposita rastrelliera in locale lavaggi. - Lavaggio con acqua 55°/60°C 	Metà turno	Lancia a pressione Rastrelliera
	A secco: Residui di carne o scoli di liquidi fuoriusciti dagli impianti (tritacarne, Formax, nastri confezionamento) sono rimossi a secco con carta, ed il tutto immesso in apposito contenitore	Metà turno	Carta a perdere Contenitori

Tabella 2: Modalità pre-operative di pulizia e sanificazione in una linea di produzione hamburger

Macchina / Area	MODALITA' DI DETERSIONE E SANIFICAZIONE	Frequenza	Apparecchiature/ Prodotto
Area formatura Tritacarne Nastro trasportatore Formatura hamburger	1. Apertura della macchina 2. Copertura di tutti i quadri e cavi elettrici 3. Gli utensili vengono posti su appositi carrelli 4. Raccolta di tutti gli sfridi a terra (in questa fase le caditoie delle fogne devono rimanere rigorosamente chiuse). 5. Allontanare i residui solidi grossolani 6. Svuotamento degli stessi nei contenitori a banda nera	Giornaliero	Tiracqua Scopa Paletta
	7. Apertura di tutte le caditoie 8. Prelavaggio con acqua mediante le apposite lance a pressione, facendo attenzione ai quadri e motori elettrici, con flusso d'acqua a ventaglio. La temperatura dell'acqua è di 45-50°C. 9. Applicazione di uno schiumogeno alcalino, lasciandolo agire per 10'/12' minuti. Si utilizzano lance erogatrici con flusso d'acqua a ventaglio dal basso verso l'alto. La temperatura dell'acqua è di 45-50°C. 10. Risciacquare con acqua mediante le apposite lance a pressione, facendo attenzione in prossimità dei quadri e motori elettrici, con flusso d'acqua a ventaglio dall'alto verso il basso. La temperatura dell'acqua è di 45-50°C.	Giornaliero	Lancia a pressione Lancia venturi Hypofoam al 4-5% Lancia a pressione

3. ACQUA ELETTROLIZZATA

La storia dell'acqua elettrolizzata (EW) nello sviluppo commerciale risale a più di un secolo fa. Sebbene il concetto di EW sia stato sviluppato per la prima volta in Russia, è stato ampiamente utilizzato nelle istituzioni mediche in Giappone dal 1980 per vari scopi, tra cui la decontaminazione dell'acqua, la rigenerazione dell'acqua e la disinfezione (Al-Haq et al., 2005; Hricova et al., 2008). Nel corso del tempo, il suo utilizzo si è esteso a vari altri campi come la gestione del bestiame e l'agricoltura (Al-Haq et al., 2002; Buck et al., 2003; Stevenson et al., 2004)

Negli ultimi anni l'acqua elettrolizzata (EW) è stata considerata un nuovo disinfettante (EW contenente HOCl) e detergente (EW contenente NaOH). EW è prodotta da acqua normale senza l'aggiunta di sostanze chimiche dannose e la ragione principale della sua popolarità è la semplicità di produzione e applicazione (Kim et al., 2000). L'accettazione di EW come disinfettante è evidente dal suo utilizzo in una serie di applicazioni in vari campi, tra cui agricoltura, sterilizzazione medica, igiene alimentare, gestione del bestiame e altri campi che impiegano tecniche antimicrobiche (Kim et al., 2000; Huang et al., 2008). EW esibisce attività antimicrobica contro una varietà di microrganismi ed elimina i tipi più comuni di virus, batteri, funghi e spore in un periodo di tempo relativamente breve (di solito entro 5-20 s) nei prodotti alimentari, nelle superfici di lavorazione degli alimenti e nelle superfici non alimentari (Ding et al., 2015; Hao et al., 2015; Hricova et al., 2008; Huang et al., 2008). Sono stati condotti vari studi sull'attività antimicrobica di EW su diversi prodotti tra cui: guanti per la manipolazione degli alimenti (Liu et al., 2006), taglieri (Venkitanarayanan et al., 1999; Monnin et al., 2012), pesce (Phuvasate e Su, 2010; Al-Holy e Rasco, 2015), manzo (Ding et al., 2010; Al-Holy e Rasco, 2015; Mansur et al., 2015), maiale (Rahman et al., 2012; Wang et al., 2012), carcasse di pollame (Rahman et al., 2013; Al-Holy e Rasco, 2015).

L'EW viene prodotta in una camera di elettrolisi contenente una soluzione diluita di NaCl. La camera comprende un diaframma (membrana o setto), utilizzato per separare il catodo e l'anodo (Hricova et al., 2008). La corrente viene fatta passare attraverso il generatore di EW, mentre la tensione viene generata tra gli elettrodi (Al-Haq et al., 2005). All'inizio del processo di elettrolisi, NaCl si scioglie in acqua e si dissocia in ioni con carica positiva e negativa (Na^+ e Cl^- , rispettivamente). Nel frattempo, nella soluzione si formano ioni idrossido (OH^-) e idrogeno (H^+). Gli ioni con carica negativa (OH^- e Cl^-) si muovono verso l'anodo dove vengono rilasciati gli

elettroni e si generano acido ipocloroso (HOCl), ione ipoclorito ($-OCl$), acido cloridrico (HCl), ossigeno gassoso (O^2) e cloro gassoso (Cl^2). Gli ioni con carica positiva (Na^+ e H^+) si spostano verso il catodo dove guadagnano elettroni, generando idrossido di sodio (NaOH) e idrogeno gassoso (Al-Haq et al., 2005; Hricova et al., 2008). Vengono generati contemporaneamente due tipi di EW. All'anodo si produce una soluzione acida con un pH compreso tra 2 e 3, un potenziale di riduzione dell'ossidazione (ORP) >1100 mV e una concentrazione di cloro disponibile (ACC) compresa tra 10 e 90 ppm. Questa soluzione viene definita acqua acida elettrolizzata (AEW) o acqua ossidante elettrolizzata (EOW). Al catodo, invece, si produce una soluzione basica con un pH compreso tra 10 e 13 e un ORP compreso tra -800 e -900 mV, definita acqua elettrolizzata basica (BEW, AIEW o ERW). Recentemente, diversi ricercatori hanno riportato la generazione di acqua neutra elettrolizzata (NEW) con un pH di 7-8 e ORP di 750-900 mV (Al-Haq et al., 2005; Deza et al., 2007) e di acqua elettrolizzata leggermente acida (SAEW) con pH compreso tra 5 e 6,5 e ORP di circa 850 mV (Nan et al., 2010), utilizzando camere a cella singola (Figura 1). NEW viene prodotta mescolando la soluzione anodica con ioni OH^- o utilizzando un'unità a cella singola (senza diaframma) da NaCl o HCl (Hricova et al., 2008), mentre SAEW viene prodotta dall'elettrolisi di HCl da solo o in combinazione con NaCl in un'unità a cella singola senza diaframma (Forghani et al., 2015).

L'acqua elettrolizzata (EW) può anche essere immagazzinata per un uso futuro conservandola al buio (Len et al., 2002) o convertendola in cubetti di ghiaccio (Koseki et al., 2002).

L'acqua elettrolizzata (EW) può essere quindi classificata in 4 tipologie: acqua elettrolizzata acida (AEW), acqua elettrolizzata leggermente acida (SAEW), acqua elettrolizzata neutra (NEW) e acqua elettrolizzata basica (BEW).

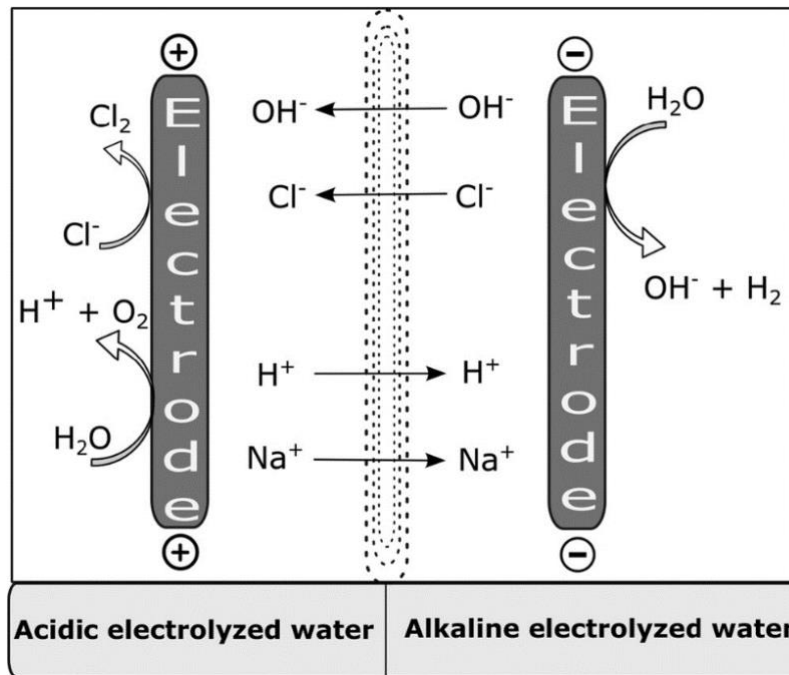


Figura 1: Generazione di AEW e BEW in una cella elettrolitica, costituita da anodo e catodo collegati tramite un alimentatore esterno e separati da un setto o diaframma. Le reazioni chimiche avviate simultaneamente a ciascun elettrodo. AEW si ottiene dall'anodo, mentre BEW si ottiene dal catodo.

3.1 *Acqua elettrolizzata acida (AEW)*

L'acqua elettrolizzata acida (AEW) ha proprietà fisiche e chimiche uniche, come l'elevato potenziale di riduzione dell'ossidazione (ORP), il basso pH e l'effetto sinergico dell'elevata concentrazione di cloro disponibile, che può efficacemente sopprimere un'ampia gamma di microrganismi (Chen et al., 2019, Sun et al., 2022). AEW con un pH basso (2,5-3,5), ORP elevato (1000-1200 mV) e cloro libero (30-90 ppm) viene generata dall'anodo dove si formano anche cloridrato, HOCl, cloro e ossigeno gassoso. L'AEW a basso pH può anche essere utilizzata per i dispositivi industriali. Inoltre, l'ampereaggio e la tensione più elevati danno luogo a una soluzione più acida con un ORP più elevato e una maggiore concentrazione di cloro libero. L'acqua elettrolizzata acida (AEW), come tecnologia di sterilizzazione sostenibile ad ampio spettro, ad alta efficienza, è stata ampiamente utilizzata in agricoltura, protezione ambientale, medicina, alimenti e altre industrie. Al momento, la ricerca sull'AEW per uccidere i microrganismi è relativamente matura; L'AEW funziona principalmente distruggendo l'integrità delle pareti cellulari, provocando cambiamenti nella permeabilità delle membrane cellulari microbiche e la loro lisi osmotica, con conseguente rapida fuoriuscita di DNA e proteine dalle cellule (Ding et al., 2015; Zeng et al., 2014). L'AEW ha un pH basso e questo è noto per essere responsabile della

diminuzione della produzione di batteri e per rendere le cellule batteriche più vulnerabili al cloro dinamico rendendo il loro strato esterno più suscettibile a HOCl (Park et al., 2004). Park et al. (2004) hanno esaminato l'influenza del cloro e del pH dell'AEW nell'inattivazione di microrganismi come *Listeria monocytogenes* e di *Escherichia coli* O157:H7. L'AEW ha dimostrato di essere estremamente efficace nell'inattivare questi organismi in un'ampia gamma di pH (da 2,6 a 7,0), se sono disponibili quantità adeguate di cloro libero (> 2 mg/L). Alcuni ricercatori hanno proposto che l'ORP elevato sia il fattore principale che determina l'azione antimicrobica dell'AEW (Kim et al., 2000; Liao et al., 2007; Huang et al., 2008). A causa dell'elevato ORP dell'AEW, può verificarsi ossidazione, che danneggia vari strati di cellule, causando l'ossidazione delle miscele sulfidriliche sulle superfici cellulari e disturbando le vie metaboliche all'interno della cellula. In linea di principio, il basso pH e l'alto ORP di AEW agiscono in sinergia con HOCl nell'inattivare i microrganismi (Park et al., 2002 e 2004; Bari et al., 2003; Liao et al., 2007). AEW agisce quindi come un disinfettante antimicrobico, rispettoso dell'ambiente.

3.2 Acqua elettrolizzata leggermente acida (SAEW)

L'EW leggermente acida (SAEW) con un pH di 5,0-6,5 e un ORP di 800-900 mV è prodotta dall'elettrolisi di HCl o in combinazione con NaCl in apparecchiature di generazione di EW utilizzando una camera di elettrolisi senza membrana di separazione (Forghani et al., 2015). Il cloro libero principale è l'HOCl, che ha un'efficacia di disinfezione 80 volte superiore a quella di una concentrazione equivalente di ClO⁻ nelle stesse condizioni di trattamento. Si tratta di un metodo interessante ed efficace per l'industria alimentare grazie alla facilità di produzione, ai materiali a basso costo, all'elevata efficacia di disinfezione e all'ampio spettro di attività di disinfezione (Hao et al., 2017; Koide et al., 2011). In molti studi la SAEW è stata utilizzata in combinazione con ultrasuoni con effetto disinfettante e conservante, oppure in combinazione con BEW: queste tecnologie sono state testate in vari alimenti come tonno (Liu et al., 2023) e carne di pollo (Kong et al., 2022).

L'acqua elettrolizzata leggermente acida (SAEW) è un disinfettante alimentare sostenibile, efficiente e promettente, che ha il vantaggio di ridurre al minimo i residui di cloro e la sua influenza sulla salute e sulla sicurezza umana (Jiang et al., 2020). L'attività antimicrobica di SAEW è principalmente dovuta al potenziale danno ossidativo dell'acido ipocloroso (HOCl) sulle biomolecole (Issa-Zacharia et al., 2011).

Hao et al. (2015) hanno scoperto che SAEW aveva una maggiore efficacia antibatterica contro *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus subtilis* rispetto a AEW. Recenti studi hanno dimostrato che gli ultrasuoni combinati con SAEW possono danneggiare rapidamente ed efficacemente le membrane e le sostanze intracellulari delle cellule microbiche, esercitando un buon effetto di sterilizzazione (Li et al., 2023). Park et al. (2015) hanno scoperto che il trattamento combinato di ultrasuoni e SAEW ha migliorato l'effetto battericida di *E. coli* e *Vibrio parahaemolyticus* su aringhe appena affettate rispetto a solo SAEW o ai soli ultrasuoni.

La combinazione di ultrasuoni e SAEW può non solo migliorare l'effetto di sterilizzazione e migliorare l'efficienza economica, ma ha anche scarso effetto sul deterioramento della qualità degli alimenti.

3.3 Acqua elettrolizzata alcalina (BEW)

L'acqua elettrolizzata alcalina (BEW o AEW) con un pH elevato (11–13) e un ORP basso (da -800 a -900 mV) viene generata dal catodo dove ioni sodio (Na⁺) e ioni idrossile (OH⁻) formano anche idrossido di sodio (Hsu et al., 2005; Hricova et al., 2008). Gli indici di tensione, l'amperaggio e le impostazioni della portata possono influenzare notevolmente il pH e l'ORP dell'EW alcalina (Sharma et al., 2003). BEW possiede una funzionalità simile a un detergente e una funzione di inattivazione dovuta agli ioni ossidrilici e all'ORP negativo (Fabrizio et al., 2002). Inoltre, la BEW possiede forte potenziale riducente per proteggere le proteine dall'ossidazione causata da radicali liberi reattivi (Athayde et al., 2017). Alcuni studi hanno dimostrato che la BEW riduce efficacemente l'ossidazione delle proteine nella carne di maiale (Athayde et al., 2017) e nei filetti di pesce gatto (Lin et al., 2020). Inoltre, il pH di BEW è 11-13 e la forte condizione alcalina distrugge i legami covalenti delle proteine, migliorando così la flessibilità e la solubilità delle proteine (Zhang et al., 2021). Ancora più importante, BEW può prevenire efficacemente la degradazione batterica ed enzimatica del cibo, grazie alla sua capacità ad ampio spettro di inattivare enzimi e batteri (Liu et al., 2023). Esistono alcuni studi sull'applicazione della BEW nei prodotti alimentari, tra cui l'effetto sulle matrici di carne (Vinnikova et al., 2016). La stragrande maggioranza degli studi ha studiato la combinazione di BEW con altri tipi di acqua elettrolizzata (acida e debolmente acida) per potenziare l'effetto antimicrobico. Ci sono altri studi che hanno valutato l'applicazione di BEW in combinazione con ultrasuoni per migliorare la sanificazione dei coltelli nell'industria della carne (Brasil et al., 2020). Pochi sono gli

studi fin ora effettuati per valutare l'effetto antimicrobico di BEW, recentemente si è valutato l'utilizzo di BEW per ridurre la carica batterica delle superfici a contatto con gli alimenti (Tomasello et. al., 2021).

4. AQUASOL

Aquasol è il nome di un'azienda che produce acqua alcalina. L'acqua alcalina Aquasol è un prodotto innovativo creato per permettere nell'industria meccanica la sostituzione dell'utilizzo dei solventi chimici con un prodotto sostenibile a base d'acqua, senza perdere l'efficacia di pulizia. L'acqua alcalina, denominata Aquasol Mec per il settore industriale e Aquasol Food per il settore alimentare, è un prodotto altamente innovativo a base di acqua che coniuga l'efficacia di pulizia, la sicurezza del lavoratore e il rispetto per l'ambiente.

I prodotti AQUASOL sono composti al 99,83% da acqua pura e dallo 0,17% di idrossido di potassio KOH, con un pH che può variare da 11 a 13,5 ed un forte potenziale di ossidoriduzione (ORP). Sono generati attraverso un processo elettrochimico a tre stadi che utilizza acqua di rete idrica resa pura a seguito di pretrattamenti decalcificanti e di osmosi inversa (RO), e successivamente processata utilizzando come elettrolita il carbonato di potassio (K_2CO_3).

Dopo essere stata prelevata dalla rete idrica, l'acqua viene filtrata tramite un processo ad osmosi inversa secondo cui l'acqua iper-concentrata (in quanto ricca di impurità), sotto l'azione di una pressione esterna, attraversa una membrana semipermeabile, che permette il passaggio della sola acqua pura trattenendo le impurità. Successivamente, l'acqua pura viene fatta scorrere all'interno di un elettrolizzatore attraversando, nell'ordine, una cisterna contenente carbonato di potassio e, successivamente, attraverso 3 piastre elettrolitiche. Il passaggio in tali piastre fornisce una carica all'acqua, conferendogli un potenziale di ossido-riduzione di -900 mV ed altera il suo pH sino a renderlo compreso tra 11 e 13,5, a seconda della necessità. La soluzione in uscita dall'elettrolizzatore è composta al 99,83% da acqua pura e allo 0,17% da Idrossido di Potassio.

Questa acqua alcalina ha un forte potere pulente e sgrassante perché è un'acqua con cluster molto piccoli ricchi di idrogeno. Avvolge le particelle di sporco con ioni negativi e le separa dalla superficie degli oggetti garantendo un forte potere sgrassante.

Virus e batteri non possono crescere in Aquasol garantendo un effetto sanificante delle superfici trattate. Grazie anche al potenziale di ossidoriduzione, la contaminazione batterica viene rapidamente eliminata.

4.1. Campi di applicazione

Grazie alle proprietà detergenti e sgrassanti, i prodotti Aquasol trovano applicazione in diversi settori industriali. La facile applicazione, le molteplicità delle superfici trattate e la sicurezza per l'operatore, rendono la linea Aquasol l'alleato ideale per l'impiego nei seguenti settori:

- **Meccanica industriale:** Può essere utilizzata in una vasta gamma di industrie, dalla pulizia di precisione nel campo dell'elettronica e del vetro, al degrassaggio dei pezzi meccanici nelle industrie di lavorazione dei metalli, nella verniciatura industriale in sostituzione del diluente normalmente utilizzato nella pulizia del pezzo destinato alla verniciatura.
- **Food sector:** è versatile e con elevate proprietà detergenti, sanificanti, deodoranti ed anticorrosione. È incolore, inodore e non irritante. Trova la sua applicazione nei macchinari di lavorazione o per la pulizia tecnica delle industrie alimentari, in supermercati, alberghi, servizi di ristorazione, per detergere da pesticidi o contaminanti i prodotti agricoli e marini, alimenti freschi, utilizzabile come controllo sanitario, in linea con il regolamento HACCP.
- **Facilities sector:** è utilizzabile per la pulizia e la sanificazione di edifici, centri commerciali, club sportivi, strutture per il tempo libero, attività all'aperto, nonché per la pulizia e controllo sanitario delle apparecchiature negli ospedali, nelle strutture di assistenza infermieristica, nelle scuole dell'infanzia e in altre scuole. Non contenendo tensioattivi o sostanze chimiche tossiche, l'acqua alcalina Aquasol è sicura ed eco-compatibile. Non è necessario utilizzare ulteriori detergenti o soluzioni antisettiche e non lascia schiuma, quindi non necessita di risciacquo. Nelle aziende agricole e zootecniche, può contribuire al controllo igienico degli impianti di mungitura.

4.2 Sostenibilità e sicurezza dell'acqua alcalina

Ridurre la contaminazione nelle aree di produzione e lavorazione degli alimenti attraverso metodi di sanificazione può aiutare a ridurre o addirittura a controllare il deterioramento degli alimenti; tuttavia, alcuni ceppi microbiologici di deterioramento alimentare possono resistere ai processi di disinfezione applicati nelle industrie alimentari (Bernardi et al., 2019). I disinfettanti più comunemente utilizzati dalle

industrie alimentari sono gli agenti chimici, detti sanitizzanti, solitamente formulati attraverso soluzioni acquose di tensioattivi, basi inorganiche e acidi; come acido peracetico, ammonio quaternario, iodio e cloro (Leadley, 2016; Lemos et al., 2020). I detergenti ecologici svolgerebbero un ruolo molto importante sulla sostenibilità dato che stiamo diventando sempre più attenti alla salute e all'ambiente. Cresce quindi la domanda di iniziative sostenibili.

Alternative sostenibili, come Aquasol, sono state studiate per sostituire i conservanti chimici poiché la maggior parte di questi composti può lasciare residui nei prodotti alimentari e contaminare chimicamente l'ambiente (Huang et al., 2008). Aquasol è una tecnologia pulita ed emergente, classificata come "verde", che potrebbe essere utilizzata come alternativa per ridurre la contaminazione microbica nelle strutture alimentari e che è innocua per l'uomo e l'ambiente. Questa soluzione detergente ecologica ha attività biocida, che la rende utile sia per la pulizia che per la sanificazione di attrezzature industriali.

L'acqua elettrolizzata alcalina può essere considerata un detergente ecologico ed economico, con un alto potenziale come detergente per la pulizia e la disinfezione (Al-Haq et al., 2005; Rahman et al., 2016).

L'utilizzo di acqua alcalina (BEW) durante la pulizia è migliore per l'ambiente, la sicurezza dei lavoratori e la sicurezza alimentare, in quanto non ha nessun problema di tossicità, come invece hanno i vari prodotti chimici utilizzati per la pulizia (Gil et al., 2015).

Inoltre, BEW ritorna allo stato originale quando è a contatto con la materia organica o se viene diluita con acqua di rubinetto, acqua di osmosi o acqua distillata riducendo così i costi di trattamento delle acque reflue.

Aquasol nasce con l'obiettivo di offrire una soluzione alternativa rispettosa dell'ambiente e sostenibile nell'ambito delle pulizie industriali. Permette di sostituire un prodotto solvente, con uno a base d'acqua senza rinunciare all'efficienza di pulizia. A differenza di tensioattivi chimici o naturali, la tecnologia dei prodotti Aquasol è a impatto ambientale nullo, ed è 100% biodegradabile. Aquasol utilizza idrossido di potassio KOH in soluzione alcalina, dunque non corrosiva: comunemente presente negli ecosistemi marini, la soluzione si diluisce e l'acqua ripristina il proprio pH originale. Si tratta di un prodotto innovativo non pericoloso e non contenente sostanze classificate pericolose per la salute o per l'ambiente ai sensi delle disposizioni del Regolamento (UE) 1272/2008 (CLP). È classificata merce non pericolosa ai sensi delle disposizioni

vigenti in materia di trasporto di merci pericolose su strada (A.D.R.), su ferrovia (RID), via mare (IMDG Code) e via aerea (IATA).

Aquasol possiede molti vantaggi in termini di sicurezza e sostenibilità:

- Non causa contaminazione del sottosuolo o inquinamento dell'acqua ed è classificato come rifiuto non pericoloso;
- Non contiene sostanze classificate pericolose per la salute o per l'ambiente;
- Non contiene sostanze PBT o vPvB in percentuale superiore a 0,1%;
- Non causa contaminazione del sottosuolo o inquinamento dell'acqua;
- Non contiene cloro.

I prodotti Aquasol, grazie alla loro composizione unica, si rivelano importanti alleati nella gestione della sicurezza sul lavoro.

Rispetto all'impiego dei prodotti tradizionali a base di solventi e tensioattivi, questi prodotti innovativi tutelano la salute dell'operatore e rendono le attività rapide, comode e totalmente sicure. In quanto composti di acqua al 99,83%, non richiedono l'impiego di DPI particolari durante il loro utilizzo. Si consiglia all'operatore di indossare unicamente guanti protettivi. Anche in caso di contatto con la pelle, i prodotti Aquasol non causano irritazioni e alterazione della cute. Questo consente di poter operare in modo più agevole e ridurre l'incidenza di malattie professionali legate ai disturbi della pelle.

Aquasol elimina il rischio da esposizione a composti organici volatili (VOC) tutelando la salute del lavoratore e l'ambiente. Non è quindi necessario indossare un dispositivo DPI a protezione delle vie respiratorie durante l'utilizzo del prodotto, aumentando così la produttività e la sicurezza per l'operatore.

4.3. Vantaggi dell'impiego acqua alcalina Aquasol

Nell'idea generale che "il 90% dello sporco può essere lavato via con acqua", l'acqua alcalina Aquasol, che non danneggia l'ambiente e non deve utilizzare acqua per il risciacquo, consente il raggiungimento dei seguenti vantaggi:

- Uno dei maggiori sprechi in campo alimentare avviene a causa dei tempi lunghi dei trasporti dei prodotti agricoli freschi. I prodotti Aquasol, avendo la capacità di ritardare il deterioramento ossidativo degli alimenti, possono essere utilizzati per il mantenimento della loro freschezza, allungarne la "shelf life" e quindi ridurre gli sprechi alimentari;

- Come alternativa efficace alle sostanze chimiche dannose e ai tensioattivi sintetici che sono utilizzati per la pulizia. I prodotti Aquasol sono efficienti, hanno un elevato potere sgrassante, oltre a garantire un effetto battericida naturale;
- La pulizia con detergenti sintetici e solventi organici genera una grande quantità di acque reflue contaminate da tensioattivi e sostanze nocive in esse contenute. Al fine di attuare il “cambiamento” nei sistemi classici di lavaggio, secondo il quale “il 90% dello sporco può essere lavato via con acqua”, i prodotti Aquasol vengono utilizzati senza risciacquo e quindi contribuiscono alla preservazione ed al risparmio di acqua;
- Effettuando pulizie tecniche con i prodotti Aquasol, che non contengono detergenti sintetici e solventi organici, si può sicuramente attenuare l’impatto ambientale dei rifiuti scaricati nelle acque reflue e dei rifiuti industriali;
- La riduzione della quantità di tensioattivi sintetici utilizzati nelle quotidiane azioni di pulizia delle abitazioni è un obiettivo importante nella protezione dall’inquinamento degli ecosistemi fluviali e marini. I prodotti Aquasol sono detergenti in grado di pulire, lavare, sanificare e risparmiare acqua senza utilizzare tensioattivi sintetici e solventi organici, e sono utilizzabili in quasi tutte le situazioni relative all’igiene. Sono estremamente funzionali e grazie all’eccellente versatilità possono essere utilizzati in una vasta gamma di processi di pulizia, contribuendo allo sviluppo di una città più sostenibile;
- Garantire la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro durante tutto il ciclo produttivo e raggiungere un’armonia che non abbia un impatto negativo sull’ambiente e sulle persone, porterà a un consumo e una produzione sostenibile mirando ai concetti di “meno, più, e meglio”. Inserendo i prodotti Aquasol in alcuni processi produttivi, possono essere eliminate sostanze pericolose per la salute e la sicurezza dei lavoratori, migliorandone le condizioni, incrementando nel contempo la produttività;
- Tra le principali cause dell’eutrofizzazione e dell’inquinamento marino vi sono i tensioattivi sintetici e le sostanze chimiche contenute nelle acque reflue e nelle acque reflue industriali che tramite i fiumi vengono scaricate nei mari. Al fine di prevenire la diffusione dell’inquinamento marino, i prodotti Aquasol sono utili all’uomo e all’ambiente perché non contengono tensioattivi e sostanze chimiche dannose contenute nei comuni detergenti

5. OBIETTIVI DELLA RICERCA

Sebbene alcuni autori abbiano riportato l'efficacia dell'acqua alcalina elettrolizzata (BEW) nella pulizia delle superfici (Abadias et al., 2008; Athayde et al., 2017), ci sono solo pochi rapporti sul suo effetto sulla decontaminazione degli utensili utilizzati nell'industria alimentare. BEW è comunemente usata nell'industria della carne come detergente per utensili, attrezzature e superfici a contatto con gli alimenti (Brasil *et al.*, 2020).

Ad oggi, ci sono numerosi studi sull'efficacia antimicrobica di AEW contro varie tipologie di microrganismi sia in vitro che in vivo. Tuttavia, come tutti gli agenti disinfettanti, anche l'uso di AEW presenta alcuni svantaggi; ad esempio, sebbene l'AEW sia meno corrosivo e abbia un impatto minore rispetto alle soluzioni acide, può comunque essere corrosivo per alcuni metalli e resine sintetiche. Inoltre, alcuni studi hanno suggerito che quando AEW entra in contatto con il carico organico, principalmente proteine, la sua efficacia è ridotta (Lemos et. Al., 2022).

È ben noto l'effetto detergente e sgrassante di BEW. Alcuni autori hanno suggerito che l'utilizzo di BEW come pre-trattamento prima di utilizzare disinfettanti tradizionali potrebbe potenziare l'azione di questi ultimi, in quanto l'azione di pulizia di BEW potrebbe migliorare l'efficacia dell'azione antimicrobica del disinfettante tradizionale rimuovendo il materiale organico che potrebbe ospitare microrganismi (Fabrizio e Cutter, 2003; Ayebah *et al.*, 2005; Ayebah *et al.*, 2006).

Pochi studi sono stati effettuati sulle attività antimicrobiche dell'acqua alcalina elettrolizzata (BEW): una recente ricerca ha rilevato la significativa riduzione di *E. coli* e *Salmonella spp* sulle superfici destinate al contatto con gli alimenti (Tomasello et al., 2021).

Tuttavia, nonostante gli ottimi risultati ottenuti, affinché questa strategia possa essere attuata industrialmente, è necessario valutare la sua efficacia nei processi di produzione alimentare. Sulla base dello studio effettuato da Tomasello *et al.* (2021) si è deciso di effettuare una ricerca utilizzando l'acqua elettrolizzata alcalina all'interno di un'industria alimentare specializzata nella lavorazione e trasformazione delle carni bovine (INALCA S.p.A., sede di Castelvetro – Modena). L'obiettivo di questa ricerca è stato quello di valutare l'efficacia della BEW nel ridurre la carica microbica sulle superfici a contatto con l'alimento su una linea industriale di produzione di hamburger.

6. MATERIALI E METODI

L'acqua alcalina elettrolizzata è stata ottenuta da AQUASOL S.r.l (Bologna), generata attraverso un processo elettrochimico a tre stadi che utilizza acqua di rete idrica resa pura a seguito di pretrattamenti decalcificanti e di osmosi inversa (RO), e successivamente processata utilizzando come elettrolita il carbonato di potassio (K_2CO_3). Il processo di trattamento fa sì questa acqua alcalina elettrolizzata (denominata AQUASOL Food) sia composta per il 99,83% da acqua pura e per lo 0,17% da idrossido di potassio (KOH). Le caratteristiche di AQUASOL Food (pH 12.3 - 12.5 e potenziale di ossido riduzione) sono state garantite dall'azienda produttrice. Il Protocollo operativo prevedeva l'impiego dell'acqua alcalina elettrolizzata (AQUASOL Food) applicata secondo i 2 seguenti schemi di trattamento:

- **Protocollo 1:** primo trattamento con AQUASOL Food su superficie sporca e successivamente secondo trattamento con acqua a 60°C;
- **Protocollo 2:** primo trattamento con acqua a 60°C su superficie sporca e successivamente secondo trattamento con AQUASOL Food.

In sintesi, si è testata l'acqua alcalina elettrolizzata sia come primo trattamento (superficie sporca) che, come secondo trattamento, post impiego di acqua a 60°C, per verificare l'efficacia nella riduzione delle cariche batteriche.

AQUASOL Food è stata applicata con pompa a bassa pressione su delle superfici in acciaio e plastiche all'interno di una linea di produzione di hamburger.

6.1. Superfici Campionate

Sono state campionate delle superfici in acciaio inox e delle superfici in plastica a contatto con l'alimento per la determinazione della carica batterica totale (CBT) e degli enterobatteri.

Sono stati effettuati dei tamponi sulle seguenti superfici:

- parte interna della tramoggia del miscelatore in acciaio;
- camera dei pistoni in cui viene effettuata la formatura degli hamburger;
- nastro trasportatore in materiale plastico (dopo formazione degli hamburger).



Foto 1: Superficie sporca in metallo di una parte della linea produzione hamburger



Foto 2: Superficie sporca in acciaio del miscelatore nella linea di produzione hamburger



Foto 3: Nastro trasportatore in materiale plastico della linea di produzione hamburger

6.2. Tamponi

Sono stati utilizzati dei tamponi a spugna pre-idratata con 10 ml di brodo acqua peptonata tamponata NPB (Neutralizing Peptone Buffer) e priva di biocidi. La spugnetta (3,8 x 7,6 cm) dispone di un imballaggio semplificato che consente di ridurre al minimo le manipolazioni. I tamponi sono stati utilizzati sia per il campionamento delle superfici in acciaio che in materiale plastico. Per la delimitazione della superficie da campionare sono state utilizzate delle maschere di superficie da 100 cm² ognuna (10 cm x 10 cm). La foto 4 mostra sia i tamponi che le maschere utilizzate.



Foto 4: Maschera per delimitazione superficie campionata e spugnette utilizzate per i tamponi delle superfici in acciaio e plastica.

6.3 Prelievi tramite tamponi

I prelievi effettuati su ogni superficie da campionare sono stati raggruppati in unità di campionamento (nastro trasportatore, tramoggia e camera dei pistoni): per unità di campionamento, pertanto, si fa riferimento ad una serie di prelievi effettuati per singola superficie e trattamento.

Per ogni unità di campionamento sono stati effettuati 3 campioni:

- il primo prelievo (T0) su superficie sporca prima del trattamento;
- il secondo prelievo (T1) su superficie trattata secondo i 2 Protocolli operativi (AQUASOL iniziale e successivamente acqua a 60°C o acqua a 60°C iniziale e successivamente AQUASOL);
- il terzo prelievo (T2) alla fine dei 2 protocolli applicati.

I prelievi al T1 e T2 sono stati effettuati dopo un'attesa di 3-5 minuti dal trattamento effettuato.

In totale sono stati effettuati 18 prelievi per ogni unità di campionamento, per un totale di 108 prelievi: 54 prelievi per il Protocollo 1 e 54 prelievi per il Protocollo 2, come evidenziato dettagliatamente nella Tabella 3.

Trattamento	AQUASOL + H ₂ O 60°C			H ₂ O 60°C + AQUASOL		
	Nastro	Tramoggia	Camera	Nastro	Tramoggia	Camera
Unità di campionamento	6	6	6	6	6	6
Prelievi per ogni unità	3	3	3	3	3	3
Totale prelievi/superficie	18	18	18	18	18	18
Totale prelievi	108					

Tabella 3: Schema dei prelievi effettuati sulle varie unità di campionamento della linea di produzione di hamburger

La spugnetta del tampone utilizzata per i prelievi è stata strofinata 10 volte in senso verticale e 10 in senso orizzontale per l'intera area, voltandola a metà operazione.

Per ogni punto prelevato sono state analizzate aree limitrofe e con caratteristiche visive omogenee al fine di garantire la rappresentatività del prelievo.

Il primo tampone è stato fatto su superficie non pulita a contatto con l'alimento (T0), quindi è stato effettuato il primo trattamento (in base al Protocollo 1 o 2) ed è stato effettuato il secondo tampone (T1, post primo trattamento); è stato poi effettuato il secondo trattamento e subito dopo è stato eseguito l'ultimo tampone (T2, post secondo trattamento).

Ogni giorno che sono stati effettuati i prelievi dopo l'ultimo campionamento (T2) i tamponi sono stati inviati al laboratorio accreditato per eseguire le analisi relative alla determinazione della carica batterica totale (CBT) e degli enterococchi.

6.4. Metodica analisi CBT (carica batterica totale)

Le analisi per la determinazione della carica batterica totale (CBT) sono state effettuate presso il laboratorio interno di INALCA S.P.A.. Si è utilizzata la metodica validata per i prodotti alimentari e per i campioni ambientali mediante il sistema automatico di analisi. La metodica utilizzata soddisfa la normativa vigente ed in particolare il Reg. CE 2073/05 come metodo rapido alternativo validato ISO 16140.

Quando parliamo di carica microbica totale ci riferiamo ai batteri, lieviti e muffe che si sviluppano in un terreno di coltura non selettivo dopo incubazione a 30°C in condizioni di aerobiosi.

Ogni test TEMPO AC è composto da un flacone di terreno di coltura disidratato e da una card, specifici del test. Il terreno di coltura viene inoculato con il campione da saggiare e viene trasferito dal TEMPO Filler nella card che contiene 48 pozzetti di tre volumi differenti: 3 serie di 16 pozzetti (piccoli, medi e grandi) con una differenza di volume di un log tra ogni serie di pozzetti (la card è stata progettata in modo da simulare il metodo del Most Probable Number - MPN). La card viene poi sigillata ermeticamente ed incubata. Durante l'incubazione, i microrganismi presenti nella card determinano la comparsa di un segnale fluorescente che viene rilevato dal TEMPO Reader. In funzione del numero e del tipo dei pozzetti positivi, il sistema TEMPO calcola automaticamente il numero di microrganismi presenti inizialmente nel campione secondo un calcolo basato sul metodo MPN.

6.5 Metodica analisi Enterobacteriaceae

Le analisi per il conteggio delle Enterobatteriacee sono state eseguite mediante il sistema automatico di analisi "TEMPO" nei prodotti alimentari.

Il metodo è stato validato e soddisfa la normativa vigente, in particolare il Reg. CE 2073/05 come metodo rapido alternativo validato ISO 16140.

Quando parliamo di Enterobatteriacee ci riferiamo ai batteri che si sviluppano in un terreno di coltura selettivo liquido dopo incubazione a 35°C.

Ogni test TEMPO EB è composto da un flacone di terreno di coltura disidratato e da una card, specifici del test. Il terreno di coltura viene inoculato con il campione da saggiare e viene trasferito dal TEMPO Filler nella card che contiene 48 pozzetti di tre volumi differenti: 3 serie di 16 pozzetti (piccoli, medi e grandi) con una differenza di volume di un log tra ogni serie di pozzetti (la card è stata progettata in modo da simulare il metodo del Most Probable Number - MPN). La card viene poi sigillata ermeticamente ed incubata. Durante l'incubazione, i microrganismi presenti nella card determinano la comparsa di un segnale fluorescente che viene rilevato dal TEMPO Reader. In funzione del numero e del tipo dei pozzetti positivi, il sistema TEMPO calcola automaticamente il numero di enterobatteriacee presenti inizialmente nel campione secondo un calcolo basato sul metodo MPN.

6.6 Analisi statistica

Tutti i risultati ottenuti sono stati sottoposti ad elaborazione matematico-statistica. L'analisi statistica è stata effettuata con il software JMPpro (v17, SAS). Prima dell'analisi i dati sono stati normalizzati tramite trasformazione logaritmica. Per l'analisi è stato applicato un modello misto a misure ripetute in cui il T0 è stato considerato come covariata e il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C). Inoltre, è stata testata anche la combinazione dei due trattamenti (Protocollo 1 vs Protocollo 2). La zona di prelievo è stata considerata come fattore random in un primo modello e come discriminante un'analisi successiva.

7. RISULTATI

Tutti i risultati ottenuti dalle analisi dei tamponi prelevati, trasformati in logaritmo UFC/cm², sono riportati nella Tabella 4.

LOTTO												
Prima applicazione	Seconda applicazione	Parametro	Unità di Misura	Nastro			Tramoggia			Camera pistoni		
				Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione	Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione	Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione
CODICI PUNTI DI PRELIEVO												
				Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C	Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C	Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C
		CBT	log UFC/cm ²	2,04	1,68	1,00	1,92	0,32	0,00	0,00	2,40	2,28
		Enterio	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	3,40	2,38	1,72	3,23	0,65	1,72	3,48	2,78	1,88
		Enterio	log UFC/cm ²	1,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,32	0,52	0,00
	AQUASOL	CBT	log UFC/cm ²	2,04	0,93	0,00	2,78	2,08	1,00	4,18	1,38	3,69
		Enterio	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	2,46	0,00	2,74
		CBT	log UFC/cm ²	2,89	1,76	3,08	2,18	0,76	0,64	2,36	2,89	2,32
		Enterio	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	0,51	0,64	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	6,40	2,83	0,69	1,18	0,00	0,64	3,04	2,83	1,83
		Enterio	log UFC/cm ²	1,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
		CBT	log UFC/cm ²	4,08	2,74	3,18	4,80	2,18	1,92	4,96	3,69	3,57
		Enterio	log UFC/cm ²	2,72	0,00	0,30	2,87	0,00	1,04	2,57	0,00	0,93
LOTTO												
Prima applicazione	Seconda applicazione	Parametro	Unità di Misura	Nastro			Tramoggia			Camera pistoni		
				Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione	Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione	Sporco	Post prima applicazione	Post seconda applicazione
CODICI PUNTI DI PRELIEVO												
				Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C	Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C	Superficie non trattata	AQUASOL	Acqua 60°C
		CBT	log UFC/cm ²	0,00	0,32	0,52	2,18	2,00	2,43	3,64	2,72	2,53
		Enterio	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	2,34	1,04	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,00	3,18	1,98	1,68	2,96	2,23	1,90
		Enterio	log UFC/cm ²	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,65	0,52	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	3,69	3,23	1,52	3,23	2,11	0,65	3,48	2,83	2,89
		Enterio	log UFC/cm ²	1,80	0,00	0,00	0,84	0,95	0,00	0,86	0,74	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	3,69	2,32	1,08	3,32	1,00	0,81	4,89	3,69	0,81
		Enterio	log UFC/cm ²	0,86	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	2,70	0,85	0,00
	AQUASOL	CBT	log UFC/cm ²	3,08	2,89	0,52	3,51	0,32	0,32	3,69	2,57	1,70
		Enterio	log UFC/cm ²	0,65	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00
		CBT	log UFC/cm ²	0,00	0,00	2,65	4,49	2,04	0,00	4,53	3,69	0,00
		Enterio	log UFC/cm ²	0,93	1,20	0,00	2,83	1,04	0,00	1,98	1,18	0,00

Tabella 4: Risultati (trasformati in logaritmo UFC/cm²) dei prelievi effettuati nei vari punti del nastro trasportatore, tramoggia e camera dei pistoni.

Il trattamento con acqua alcalina elettrolizzata (AQUASOL, BEW) su alcune superfici della linea di produzione di hamburger, alla fine di un processo di lavorazione, ha rivelato diversi gradi di riduzione della carica microbica nei diversi test effettuati.

I risultati ottenuti sono stati trasformati in logaritmo ed elaborati per ogni unità di campionamento (nastro trasportatore, tramoggia e camera dei pistoni) ed anche tutti assieme. Sono di seguito esposti i risultati ottenuti, suddivisi per unità di campionamento ed anche tutti insieme.

7.1 Risultati campioni nastro trasportatore

7.1.1 CBT

Nella Tabella 5 sono riportati i risultati elaborati della Carica Batterica Totale (CBT) del Nastro trasportatore: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

CBT-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	3.48	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		1.88	-1.60	-46	0.98	-0.90	-48	-2.50	-72	-1.44	-50
Protocollo 2	3.36	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		2.43	-0.93	-28	1.15	-1.28	-53	-2.21	-66	-0.91	-38
<i>p-value</i>	NS	0.09			NS			NS		0.03	

Tabella 5: Risultati della CBT dei campioni del nastro trasportatore (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 5 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (3,48 Log UFC/cm² per Protocollo 1 e 3,36 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL riduce di 1,60 Log UFC/cm² la CBT (abbattimento del 46% sul T0), mentre nel Protocollo 2 l'utilizzo di acqua a 60°C riduce la CBT di 0,93 Log UFC/cm² (abbattimento del 28% sul T0), con *p-value* di 0.09.

Nel Protocollo 2, dopo aver utilizzato acqua a 60°C, al T2 AQUASOL riduce la CBT di 1,28 Log UFC/cm² (53% sul T1) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C dopo impiego di AQUASOL riduce di 0,90 Log UFC/cm² (48% sul T1), *p-value* non significativo.

Valutando la differenza finale della CBT rispetto a quella iniziale si evince che l'acqua alcalina elettrolizzata (AQUASOL) riduce maggiormente la CBT rispetto all'acqua a 60°C sul nastro trasportatore. I 2 Protocolli sono simili nella riduzione totale della CBT: infatti, nel Protocollo 1 si ha un abbattimento totale di 2,50 Log UFC/cm² (abbattimento totale del 72%) mentre nel Protocollo 2 si ha un abbattimento di 2,21 Log UFC/cm² (abbattimento totale 66%).

Il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato un effetto significativo (P=0,03) nell'abbattimento batterico determinato da AQUASOL (-1,44 Log UFC/cm² con -50% vs -0,91 log UFC/cm² con - 38%).

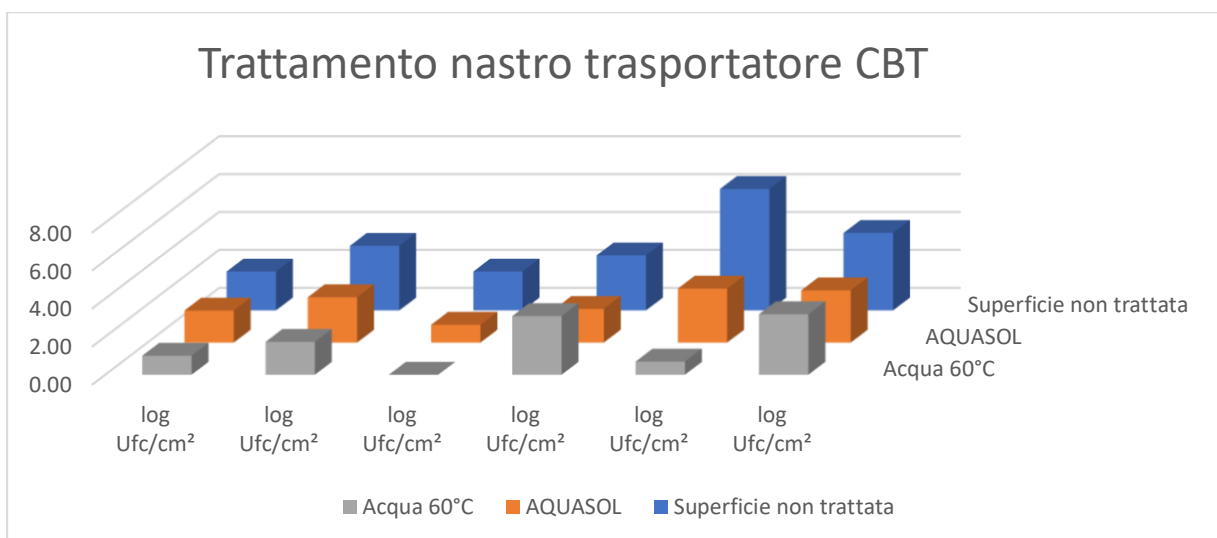


Figura 2: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² del nastro trasportatore (Protocollo 1)

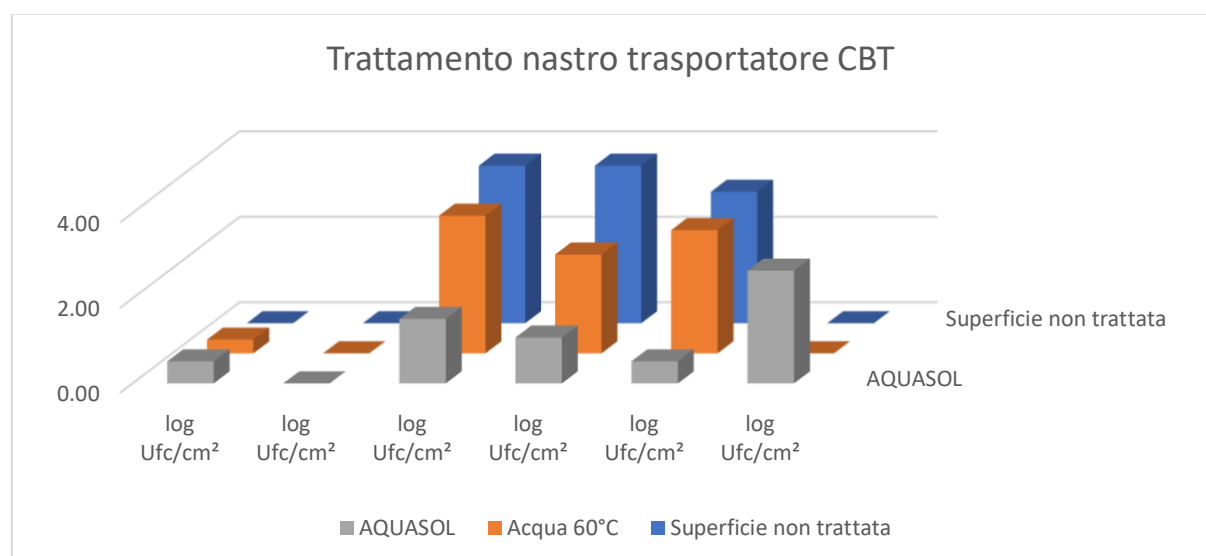


Figura 3: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² del nastro trasportatore (Protocollo 2)

7.1.2. Enterobacteriacee

Nella Tabella 6 sono riportati i risultati elaborati delle Enterobacteriacee del Nastro trasportatore: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

ENTERO-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	0.88	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		0.00	-0.88	-100	0.00	0.00	0	-0.88	-100	-0.44	-100
Protocollo 2	0.71	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		0.00	-0.71	-100	0.00	0.00	0	-0.71	-100	-0.35	-100
<i>p-value</i>	NS	NS			NA			NS		NS	

Tabella 6: Risultati delle Enterobacteriacee dei campioni del nastro trasportatore (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 6 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (0,88 Log UFC/cm² per il Protocollo 1 e 0,71 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL abbatte completamente la carica di enterobacteriacee con una riduzione di 0,83 Log UFC/cm² (abbattimento del 100% sul T0); anche l'utilizzo di acqua a 60°C come primo trattamento (Protocollo 2) abbatte la carica di enterobacteriacee del 100% con un abbattimento di 0,71 Log UFC/cm². Essendo entrambi i trattamenti efficaci al 100% al primo trattamento (T1) nella riduzione delle enterobacteriacee, al T2 non è possibile confrontare i valori.

I 2 protocolli sono pertanto simili nella riduzione del 100% della concentrazione di enterobacteriacee.

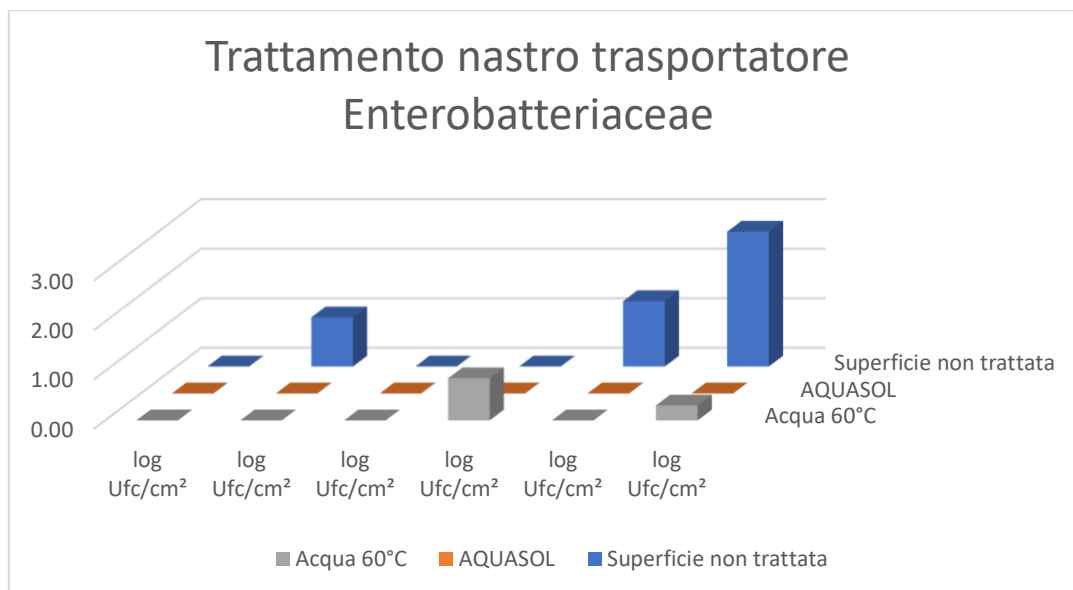


Figura 4: Istogramma dei risultati delle Enterobatteriacee in Log UFC/cm² del nastro trasportatore (Protocollo 1)

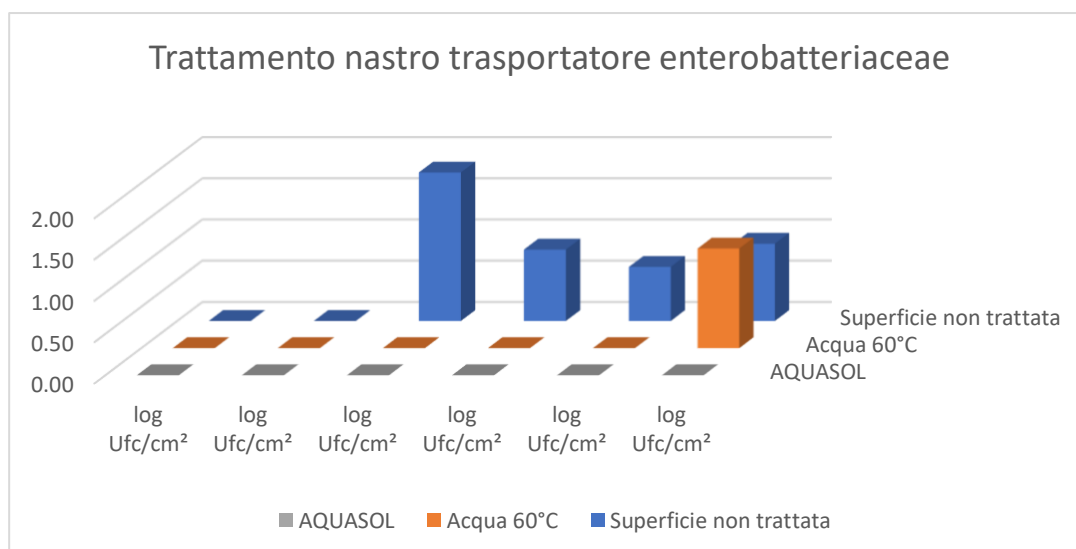


Figura 5: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² del nastro trasportatore (Protocollo 2)

7.2 Risultati campioni tramoggia

7.2.1 CBT

Nella Tabella 7 sono riportati i risultati elaborati della Carica Batterica Totale (CBT) della tramoggia: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

CBT-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	2.68	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		0.99	-1.69	-63	0.89	-0.10	-10	-1.79	-67	-1.29	-60
Protocollo 2	3.31	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		1.58	-1.73	-52	0.69	-0.89	-56	-2.62	-79	-0.92	-31
<i>p-value</i>	NS	NS			0.06			NS		0.05	

Tabella 7: Risultati della CBT dei campioni della tramoggia (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 7 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (2,68 Log UFC/cm² per Protocollo 1 e 3,31 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL riduce di 1,69 Log UFC/cm² la CBT (abbattimento del 63% sul T0), mentre l'utilizzo di acqua a 60°C riduce la CBT di 1,73 Log UFC/cm² (abbattimento del 56% sul T0); *p-value* non significativo.

Nel Protocollo 2, dopo aver utilizzato acqua a 60°C, al T2 AQUASOL riduce la CBT di 0,89 Log UFC/cm² (56% sul T1) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C dopo impiego di AQUASOL riduce la CBT di 0,10 Log UFC/cm² (10% sul T1); *p-value* uguale a 0,06.

I 2 protocolli sono simili nella riduzione totale della CBT (nessuna differenza significativa): nel Protocollo 1 si ha un abbattimento totale di 1,79 Log UFC/cm² (abbattimento del 67%) mentre nel Protocollo 2 si ha un abbattimento di 2,62 Log UFC/cm² (abbattimento del 79%).

Il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato un effetto significativo (P=0,05) nell'abbattimento batterico determinato da AQUASOL (-1,29 Log UFC/cm² con -60% vs -0,92 log UFC/ cm² con -31%).

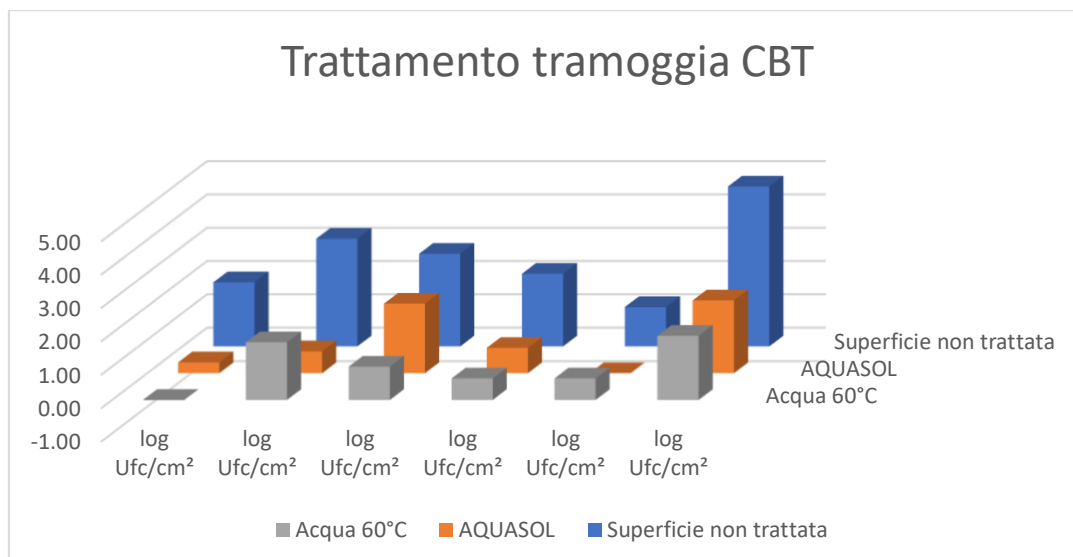


Figura 6: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² della tramoggia (Protocollo 1)

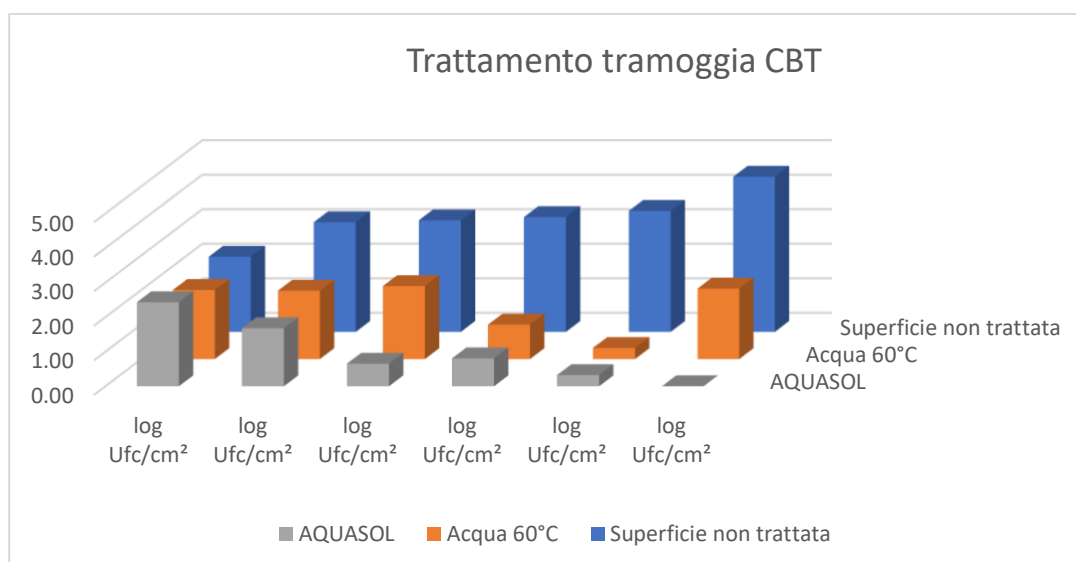


Figura 7: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² della tramoggia (Protocollo 2)

7.2.2 Enterobatteriacee

Nella Tabella 8 sono riportati i risultati elaborati delle Enterobatteriacee della tramoggia: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

Come si evince dalla Tabella 8 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (0,81 Log UFC/cm² per il Protocollo 1 e 0,99 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL abbatte completamente la carica di enterobatteriacee (riduzione del 100% sul T0) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C come

primo trattamento (Protocollo 2) abbatta la carica di enterobatteriacee del 79% con una riduzione di 0,78 Log UFC/cm². La differenza ha evidenziato un *p-value* di 0,07.

ENTERO-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	0.81	AQUASOL			H2O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		0.00	-0.81	-100	0.00	0.00	0.00	-0.81	-100	-0.51	-100
Protocollo 2	0.99	H2O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H2O 60°	
		0.21	-0.78	-79	0.00	-0.21	-100	-0.99	-100	-0.39	-79
<i>p-value</i>	NS	0.07			NA			NS		0.07	

Tabella 8: Risultati delle Enterobatteriacee dei campioni della tramoggia (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Nel Protocollo 2 l'utilizzo di AQUASOL successivo al trattamento con acqua a 60°C ha permesso di abbattere completamente la concentrazione di enterobatteriacee (100%). Il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato che AQUASOL è in grado di ridurre al 100% le Enterobatteriacee mentre il trattamento con acqua calda a 60°C ha un'efficacia del 79% nella riduzione delle enterobatteriacee.

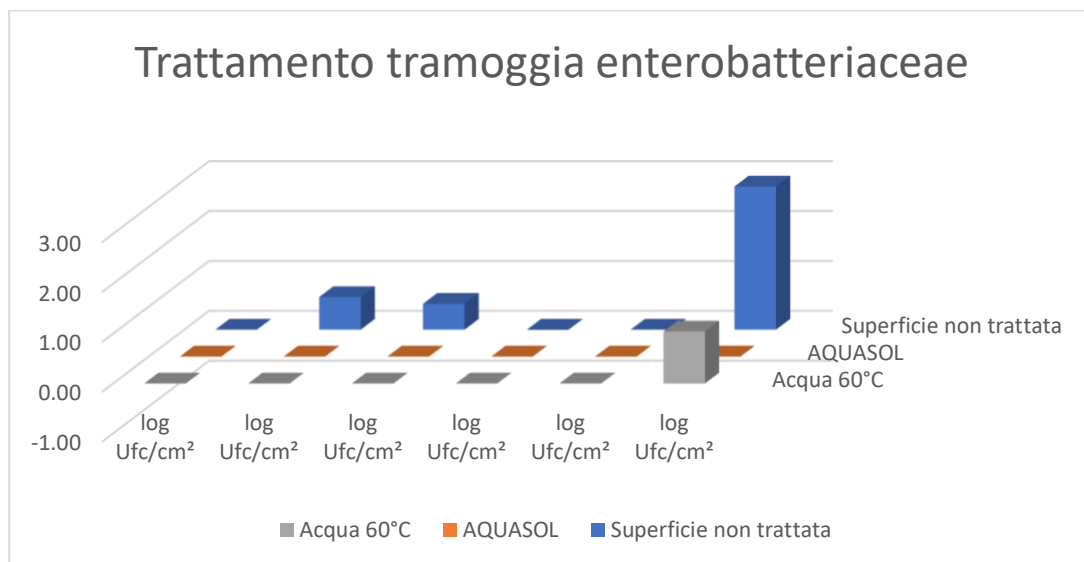


Figura 8: Istogramma dei risultati delle Enterobatteriacee in Log UFC/cm² della tramoggia (Protocollo 1)

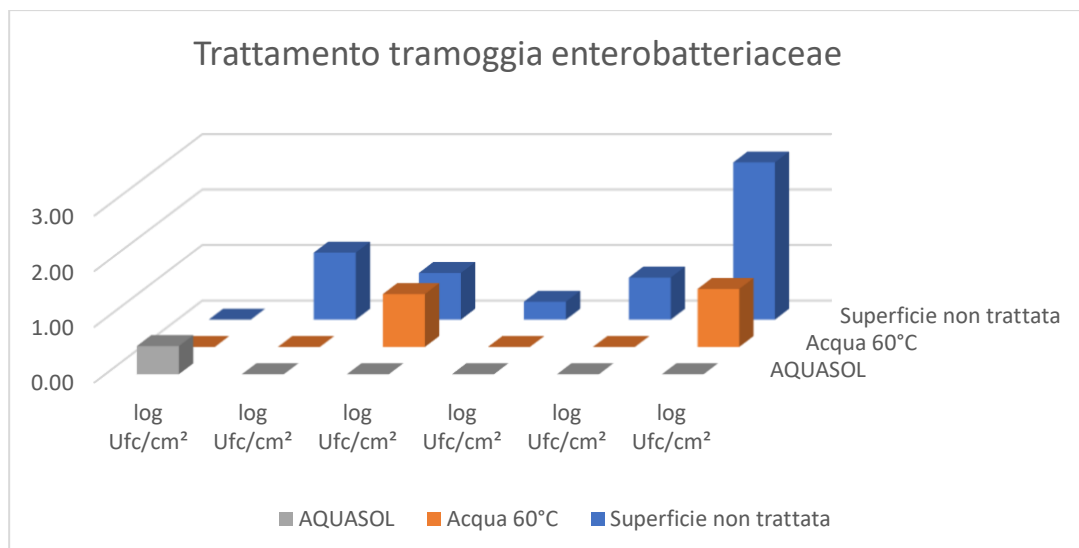


Figura 9: Istogramma dei risultati delle Enterobatteriacee in Log UFC/cm² della tramoggia (Protocollo 2)

7.3 Risultati campioni camera pistoni

7.3.1 CBT

Nella Tabella 9 sono riportati i risultati elaborati della Carica Batterica Totale (CBT) della camera dei pistoni nella linea di produzione degli hamburger: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

CBT-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	3.62	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		2.62	-1.00	-28	2.38	-0.24	-9	-1.24	-34	-1.29	-41
Protocollo 2	3.87	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		2.96	-0.91	-24	1.39	-1.57	-53	-2.48	-64	-0.58	-15
<i>p-value</i>	NS	NS			0.05			0.06		0.04	

Tabella 9: Risultati della CBT dei campioni della camera dei pistoni (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 9 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (3,62 Log UFC/cm² per Protocollo 1 e 3,87 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL riduce di 1,00 Log UFC/cm² la CBT (abbattimento del 28% sul T0), mentre nel Protocollo 2 l'utilizzo di acqua a 60°C riduce

la CBT di 0,91 Log UFC/cm² (abbattimento del 24% sul T0). La differenza non è significativa.

Nel Protocollo 2, dopo aver utilizzato acqua a 60°C, al T2 AQUASOL riduce la CBT di 1,57 Log UFC/cm² (53% sul T1) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C dopo impiego di AQUASOL riduce di 0,24 Log UFC/cm² (9% sul T1). L'effetto di AQUASOL ha una efficacia nella riduzione significativa della CBT nella camera dei pistoni (*p-value* = 0,05).

Valutando la differenza finale della CBT rispetto a quella iniziale si evince che l'acqua alcalina elettrolizzata (AQUASOL) riduce maggiormente la CBT rispetto all'acqua a 60°C.

Il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato un effetto significativo (P=0,04) nell'abbattimento batterico determinato da AQUASOL rispetto all'acqua a 60°C (-1,29 Log UFC/cm² con -41% vs -0,58 log UFC/cm² con - 15%, rispettivamente).

Nel caso della camera dei pistoni, a differenza del nastro trasportatore e della tramoggia, il Protocollo 2 evidenzia un miglior abbattimento della CBT rispetto al Protocollo 1: nel Protocollo 1 si ha un abbattimento totale di 1,24 Log UFC/cm² (abbattimento totale del 34%) mentre nel Protocollo 2 si ha un abbattimento di 2,48 Log UFC/cm² (abbattimento totale 64%), con *p-value* = 0,06 (non significativo ma molto vicino a 0,05 che è il parametro preso come limite di significatività statistica).

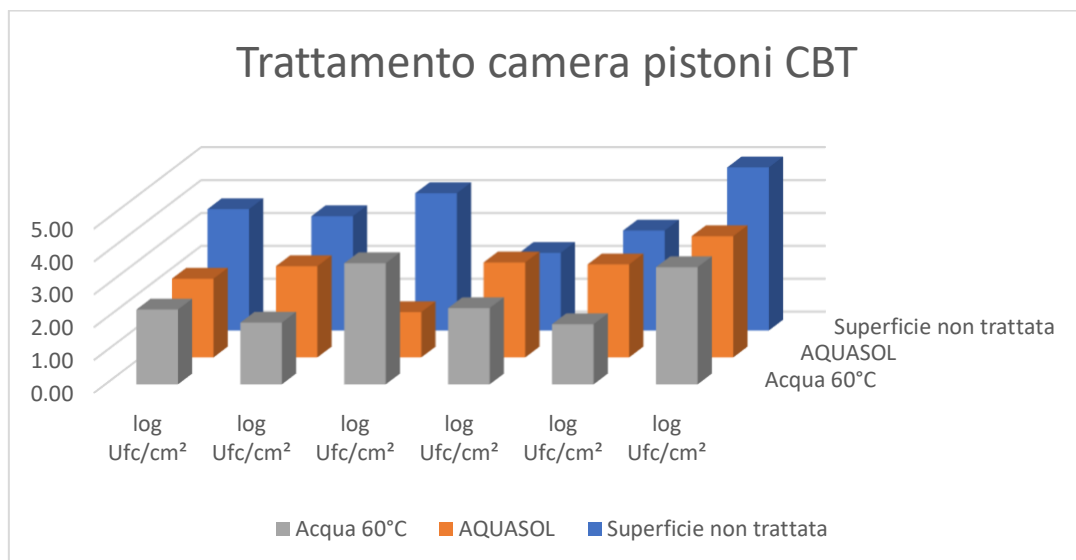


Figura 10: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² della camera dei pistoni (Protocollo 1)

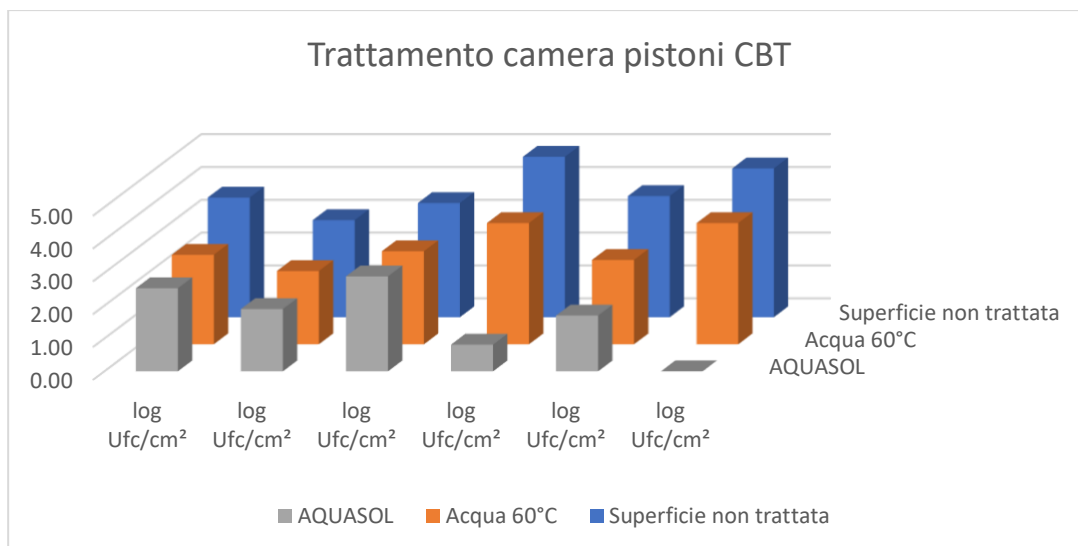


Figura 11: Istogramma dei risultati della CBT in Log UFC/cm² della camera dei pistoni (Protocollo 2)

7.3.2 Enterobatteriacee

Nella Tabella 10 sono riportati i risultati elaborati delle Enterobatteriacee della camera dei pistoni: T0 = Log. conta batterica della superficie non trattata; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

ENTERO-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	0.98	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		0.00	-0.98	-100	0.00	0.00	0	-0.98	-100	-0.92	-100
Protocollo 2	1.42	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		0.86	-0.56	-39	0.00	-0.86	-100	-1.42	-100	-0.28	-20
<i>p-value</i>	NS	<0.01			NA			NS		<.01	

Tabella 10: Risultati delle Enterobatteriacee dei campioni della camera dei pistoni (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 10 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (0,98 Log UFC/cm² per il Protocollo 1 e 1,42 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL abbatte completamente la carica di enterobatteriacee (riduzione del 100% sul T0) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C come primo trattamento (Protocollo 2) abbatte la carica di enterobatteriacee del 39% con

una riduzione di 0,56 Log UFC/cm². La differenza ha evidenziato una significatività statistica (*p-value* <0,01).

Nel Protocollo 2 l'utilizzo di AQUASOL successivo al trattamento con acqua a 60°C ha permesso di abbattere completamente la concentrazione di enterobatteriacee (100%). Nel Protocollo 1, considerato che le enterobatteriacee erano assenti dopo il trattamento con AQUASOL, è stato pertanto superfluo il trattamento con acqua calda a 60°C nel ridurre la concentrazione di enterobatteriacee.

Il trattamento con acqua alcalina elettrolizzata ha evidenziato che AQUASOL è in grado di ridurre al 100% le Enterobatteriacee mentre il trattamento con acqua calda a 60°C ha un'efficacia inferiore nella camera dei pistoni (riduzione del 39%).

Nel complesso, i 2 Protocolli sono alla fine simili per i risultati ottenuti nell'abbattimento delle enterobatteriacee, grazie però all'efficacia dell'acqua alcalina elettrolizzata; infatti, in entrambi i protocolli la carica finale è uguale a 0 Log UFC/cm².

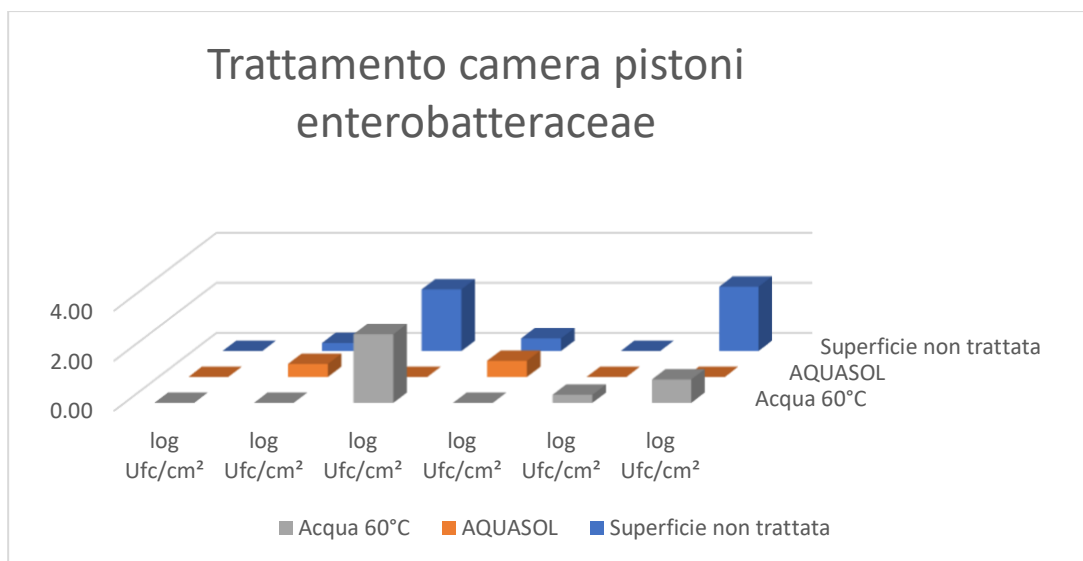


Figura 12: Istogramma dei risultati delle enterobatteriacee in Log UFC/cm² della camera dei pistoni (Protocollo 1)

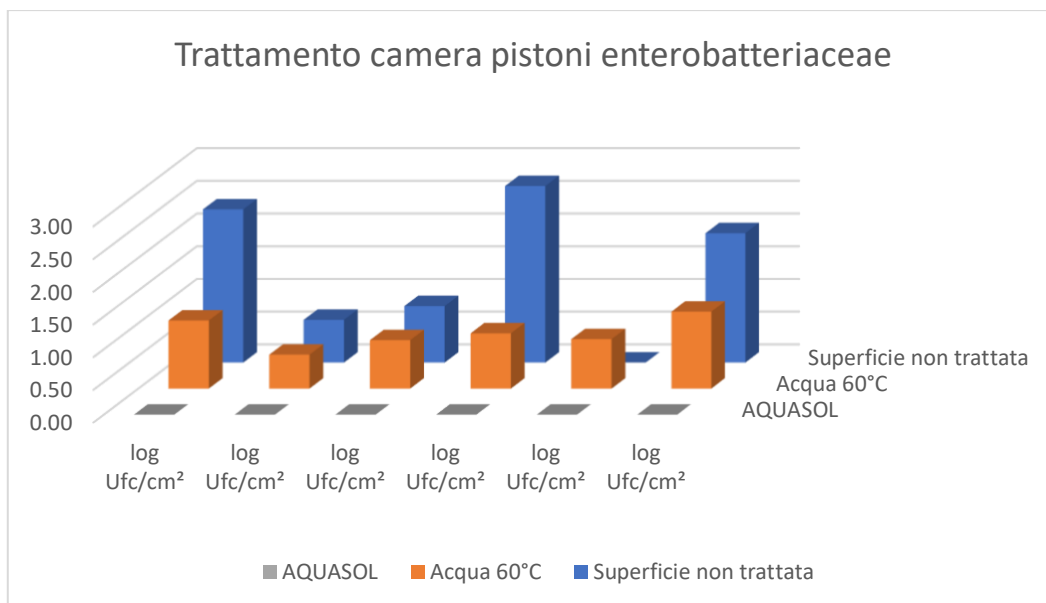


Figura 13: Istogramma dei risultati delle enterobatteriacee in Log UFC/cm² della camera dei pistoni (Protocollo 2)

7.4 Risultati di tutti i campioni insieme

7.4.1 CBT

Nella Tabella 11 sono riportati tutti i risultati elaborati della Carica Batterica Totale (insieme dei dati delle 3 unità campionate): T0 = Log. conta batterica delle superfici non trattate; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

CBT-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	3.26	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		1.85	-1.41	-43	1.45	-0.40	-22	-1.81	-56	-1.32	-79
Protocollo 2	3.34	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		2.31	-1.03	-31	1.08	-1.23	-53	-2.26	-68	-0.72	-30
<i>p-value</i>	NS	0.06			0.05			NS		0.03	

Tabella 11: Risultati della CBT dei campioni di tutte le unità campionate (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 11 all'inizio (T0) si ha una contaminazione di CBT paragonabile in entrambi i protocolli (3,26 Log UFC/cm² per Protocollo 1 e 3,34 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL riduce di 1,41 Log

UFC/cm² la CBT (abbattimento del 43% sul T0), mentre nel Protocollo 2 l'utilizzo di acqua a 60°C riduce la CBT di 1,03 Log UFC/cm² (abbattimento del 31% sul T0), con *p-value* di 0,06. Nel Protocollo 2, dopo aver utilizzato acqua a 60°C, al T2 AQUASOL riduce la CBT di 1,23 Log UFC/cm² (53% sul T1) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C dopo impiego di AQUASOL riduce di 0,40 Log UFC/cm² (22% sul T1). La differenza fra i 2 trattamenti è significativa (*p-value*=0,05), con evidente effetto dell'efficacia di AQUASOL nell'abbattere la Carica Batterica Totale rispetto al trattamento con acqua a 60°C. L'efficacia dei 2 protocolli nella riduzione della carica batterica sembra simile, senza differenze significative all'analisi statistica dei risultati: nel Protocollo 1 si ha un abbattimento totale (nel complesso dei punti prelevati) del 56% mentre nel Protocollo 2 si ha un abbattimento totale 68%).

Tuttavia, il dato più interessante che emerge da questi risultati nel loro insieme è l'efficacia di AQUASOL sia che sia utilizzata come primo trattamento (Protocollo 1) sia come secondo trattamento dopo aver utilizzato acqua calda a 60°C (Protocollo 2): il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato infatti una significatività statistica (P=0,03) nell'abbattimento della carica batterica totale espressa in Logaritmo di AQUASOL (-79%) rispetto all'uso di acqua calda a 60°C (-30%), confermando l'efficacia dell'acqua alcalina elettrolizzata nella riduzione della carica batterica.

7.4.2 Enterobatteriacee

Nella Tabella 12 sono riportati tutti i risultati elaborati delle Enterobatteriacee (insieme dei dati delle 3 unità campionate): T0 = Log. conta batterica delle superfici non trattate; T1 = Log. conta batterica dopo il primo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C); T2 = Log. conta batterica dopo secondo trattamento (AQUASOL o acqua 60°C).

ENTERO-LOG	T0	T1	Δ	%	T2	Δ	%	Δ	%	Δ	%
Protocollo 1	0.83	AQUASOL			H ₂ O 60°			Protocollo 1		AQUASOL	
		0.00	-0.83	-100	0.00	0.00	0	-0.83	-100	-0.60	-100
Protocollo 2	1.04	H ₂ O 60°			AQUASOL			Protocollo 2		H ₂ O 60°	
		0.36	-0.68	-65	0.00	-0.36	-100	-1.04	-100	-0.34	-65
<i>p-value</i>	NS	<0.01			0.01			NS		0.04	

Tabella 12: Risultati delle Enterobatteriacee dei campioni di tutte le unità campionate (Δ= abbattimento batterico; %= percentuale di abbattimento; *p-value*= significatività statistica)

Come si evince dalla Tabella 12 all'inizio (T0) si ha una contaminazione paragonabile in entrambi i protocolli (0,83 Log UFC/cm² per il Protocollo 1 e 1,04 Log UFC/cm² per il Protocollo 2). Nel Protocollo 1 al T1 AQUASOL abbatte completamente la carica di enterobatteriacee (riduzione del 100% sul T0) mentre l'utilizzo di acqua a 60°C come primo trattamento (Protocollo 2) abbatte la carica di enterobatteriacee del 65% con una riduzione di 0,68 Log UFC/cm². La differenza è significativa (p < 0,01).

Nel Protocollo 2 l'utilizzo di AQUASOL successivo al trattamento con acqua a 60°C ha permesso di abbattere completamente la concentrazione di enterobatteriacee (100%). Il trattamento come effetto fisso (AQUASOL vs H₂O 60° C) ha evidenziato che AQUASOL è in grado di ridurre al 100% le Enterobatteriacee, a differenza del trattamento con acqua calda a 60°C che ha un'efficacia del 65% nella riduzione delle enterobatteriacee.

In definitiva, per entrambi i protocolli utilizzati la riduzione delle enterobatteriacee è risultato del 100% ma questo effetto è dovuto soprattutto all'efficacia dell'acqua alcalina elettrolizzata. Da questi risultati appare evidente però che per le enterobatteriacee è meglio l'applicazione del Protocollo 1 (utilizzo iniziale di AQUASOL) che permette fin da subito di eliminare al 100% questa tipologia di batteri.

8. DISCUSSIONE

Queste indagini sono state effettuate in una grande industria di lavorazione della carne in base ai risultati di una ricerca condotta da Tomasello e collaboratori (2021) per valutare gli effetti disinfettanti e detergenti dell'acqua alcalina elettrolizzata (BEW) su superfici in acciaio ottenendo degli ottimi risultati in termini di riduzione della carica batterica, soprattutto nei confronti di patogeni quali Coli, Salmonelle e Listeria. Dopo aver testato "in laboratorio" l'efficacia della BEW è stato deciso di provare BEW anche su superfici a contatto con gli alimenti di un'industria alimentare (Inalca S.p.A.).

Nel nostro studio sono stati valutati gli effetti dell'acqua elettrolizzata applicata su superfici acciaiose e plastiche a contatto con l'alimento carneo di un reparto di produzione degli hamburger. Il tempo di esposizione ai trattamenti di lavaggio è stato selezionato sulla base di studi precedenti (Graça *et al.*, 2010) in cui abbiamo determinato l'effetto del tempo di esposizione del trattamento (3 - 5 minuti).

Il presente studio ha dimostrato che l'acqua elettrolizzata alcalina (BEW) ha effetti diversi in funzione della carica microbica considerata (Carica Batterica Totale o Enterobatteriacee). Dai risultati ottenuti si può affermare che il prodotto da noi utilizzato (AQUASOL, con pH 12,3 – 12,5) come primo trattamento ha una tendenza a ridurre, nelle nostre condizioni descritte e su superficie diverse, la CBT di 1,41 Log UFC/cm² pari al 43% della carica batterica totale iniziale; se utilizzato come secondo trattamento (dopo acqua calda a 60°C) l'efficacia nel ridurre la carica batterica totale è del 53%.

Le riduzioni della CBT sulle superfici non sono state così elevate come quelle ottenute per le Enterobatteriacee: queste ultime sono state abbattute completamente. In entrambi i Protocolli il prodotto si è dimostrato significativamente efficace ($p < 0,01$), con totale abbattimento della carica di enterobatteriacee (100% di riduzione).

I risultati ottenuti nei 2 Protocolli, per quanto riguarda i dati della CBT delle diverse sedi di prelievo, sono praticamente simili, non si sono avute differenze significative; l'utilizzo di BEW come secondo trattamento, ovvero utilizzata dopo un primo lavaggio con acqua a 60°C (Protocollo 2) sembra avere un risultato lievemente migliore rispetto all'utilizzo di BEW utilizzata prima del lavaggio con acqua a 60°C. Tuttavia, è da considerare che dopo il trattamento con BEW potrebbe esserci stato anche un effetto di "trascinamento/rimozione" del biofilm; infatti, una delle caratteristiche di BEW è quella di sollevamento e rimozione del biofilm, questo anche in funzione del pH di

BEW, poiché il potere di rimozione aumenta all'aumentare del pH (Sun et al., 2012; Ayebe et al., 2005; Lemos et al., 2022). L'utilizzo del prodotto come primo trattamento è probabilmente derivato dal potere di rimozione del biofilm; infatti, con l'uso di BEW iniziale (Protocollo 1) si era ipotizzata una possibile efficacia nel "sollevare" il biofilm e rimuoverlo successivamente con un'azione meccanica utilizzando acqua a 60°C ad alta pressione (uso di lancia apposita che si utilizza nell'azienda per i lavaggi); questo però sembra essere avvenuto solo in parte ed il sollevamento del biofilm potrebbe aver contaminato le zone limitrofe per trascinamento in alcuni punti (come da qualche dato analitico spiegabile con quanto appena detto). Per evitare questo effetto si dovrebbero applicare i 2 Protocolli sull'intera linea di produzione, mentre nella nostra prova il trattamento è stato applicato in un'area limitata di ogni superficie testata.

Possiamo notare che la carica microbica iniziale è variabile, in funzione delle diverse zone prelevate e costituite da materiale diverso (acciaio o plastica) poiché le superfici periodicamente vengono disinfettate con procedure pre-operative e successive procedure di pulizia (SSOP pre-operative e SSOP operative come da manuale HACCP presente nell'azienda) che mantengono le cariche batteriche inferiori ai limiti imposti dalla legge. Proprio per questo motivo più che l'abbattimento in Log UFC/cm² è importante considerare la percentuale di riduzione della carica batterica.

Non ci sono grandi differenze di riduzione della carica microbica totale (CBT) sulle diverse superfici; infatti, i risultati sono simili tra la superficie plastica del nastro trasportatore e la superficie acciaiata della tramoggia, anche se si ha una lieve ma maggior riduzione della CBT sulla superficie acciaiata. Notiamo però che BEW ha avuto meno efficacia quando è stata utilizzata nella camera dei pistoni: questo potrebbe essere dovuto alla difficoltà di pulizia dell'intera area di formatura. In quest'area, poi, è molto probabile che sia avvenuto un effetto "trascinamento" della carica microbica dato che la superficie non è lineare. Anche se la riduzione della carica batterica totale (CBT) nella camera dei pistoni non ha avuto grandi risultati, le enterobatteriacee sono state tuttavia abbattute completamente in entrambi i protocolli, ma soprattutto dopo l'uso di BEW. Le enterobatteriacee hanno subito un totale e significativo abbattimento in tutte le superfici da noi testate. Questo risultato è molto importante in quanto la famiglia delle enterobatteriacee è composta da batteri Gram negativi in cui alcuni ceppi possono avere un'azione patogena per l'uomo. BEW quindi, nelle nostre condizioni operative, ha avuto una maggior efficacia nella riduzione delle Enterobatteriacee rispetto alla Carica Batterica Totale. Sapendo che le

enterobatteriacee sono composte da batteri Gram negativi, possiamo affermare che il prodotto ha una miglior efficacia nei confronti dei batteri Gram negativi rispetto ai batteri Gram positivi, presenti prevalentemente nella CBT.

Le differenze rilevate nel presente studio possono essere attribuibili a differenze nella struttura della parete cellulare tra batteri Gram positivi e Gram negativi (Kim *et al.*, 2000, Yokoyama *et al.*, 2007). Ci sono, infatti, ampie prove in letteratura della maggiore resistenza dei batteri Gram positivi ai trattamenti igienizzanti rispetto ai batteri Gram negativi, ed essendo lo spessore della parete cellulare la grande differenza tra i due gruppi responsabile della preservazione dell'integrità della cellula (Mai-Prochnow *et al.*, 2016; Tomasello *et al.*, 2021) anche i risultati di questo lavoro suggeriscono che questo aspetto può giocare un ruolo nell'efficacia dell'inattivazione dei batteri da parte di BEW.

Di recente è stato effettuato uno studio molto interessante sull'attività di BEW e di AEW nell'inattivare i funghi che alterano il pane e i formaggi (Lemos *et al.*, 2022), testimoniando un'ottima azione da parte di BEW con una riduzione dell'81,5% delle specie fungine. Ci sono molti altri studi che affermano l'attività antiossidante di BEW nell'industria alimentare della carne (Athayde *et al.*, 2017), ed altri che hanno valutato l'applicazione di SAEW in combinazione con ultrasuoni per migliorare la sanificazione dei coltelli nell'industria della carne (Brasil *et al.*, 2020) ed infine Tomasello *et al.*, (2021) che ha valutato in laboratorio l'effetto antibatterico di BEW su superfici acciaiose. Non ci sono ad oggi in letteratura altri studi che hanno valutato l'efficacia di BEW nel ridurre la carica microbica su superfici plastiche e acciaiose dell'industria alimentare.

Il presente studio ha dato dei buoni risultati in termini di riduzione della carica microbica e ottimi per quanto riguarda la riduzione della carica di enterobatteriacee: questo ci consente di confermare il possibile utilizzo di BEW in condizioni operative in modo da ridurre la carica batterica, aumentando la sicurezza alimentare e riducendo al tempo stesso le operazioni pre-operative effettuate con detergenti schiumogeni alcalini contenenti tensioattivi e cloro, sostanze che richiedono obbligatoriamente l'utilizzo successivo dell'acqua a pressione per rimuovere i residui chimici.

9. CONCLUSIONI

In base ai risultati ottenuti possiamo affermare che il trattamento con AQUASOL (acqua alcalina elettrolizzata prodotta da AQUASOL Srl) può essere utilizzato come metodo efficace per ridurre la contaminazione microbica sulle superfici di lavorazione degli alimenti in acciaio inossidabile e in plastica. La tecnologia di BEW merita considerazione nelle discussioni sulla sanificazione delle attrezzature o sulla decontaminazione delle superfici. Tuttavia, tali trattamenti non possono sostituire il rigoroso rispetto delle buone pratiche di igiene in tutte le fasi del processo di produzione alimentare, ovvero delle misure operative e pre-operative (SSOP).

Prendendo in considerazione le caratteristiche di BEW, il suo utilizzo potrebbe essere considerato come interessante misura di “sanificazione” operativa, in quanto il prodotto, oltre all'efficacia dimostrata, consente di avere un alto grado di sicurezza per i lavoratori che non devono far uso di DPI particolari oltre ai semplici guanti in lattice ed eventuali occhiali protettivi. Inoltre, BEW azzerava il rischio da esposizione a VOC (composti organici volatili) tutelando la salute del lavoratore e l'ambiente; in sintesi ci sono dei grandi vantaggi in termini di sicurezza poiché il prodotto non è tossico come i prodotti chimici per la pulizia a base di petrolio e non necessita di risciacquo con acqua. Inoltre, non è pericoloso e non contiene sostanze classificate come pericolose per la salute o per l'ambiente, ai sensi delle disposizioni del Regolamento (UE) 1272/2008 (CLP).

L'utilizzo di BEW come misura operativa consentirebbe di avere una miglior sanificazione delle linee di produzione e quindi di diminuire i trattamenti con prodotti chimici per le pulizie di routine. Limitando l'utilizzo di prodotti chimici normalmente utilizzati nelle fasi di SSOP pre-operative e aumentando le SSOP operative utilizzando BEW, si riducono le tempistiche incrementando i guadagni, in quanto le misure pre-operative richiedono l'interruzione dell'intera linea per molto tempo, causando una minor produzione ed un aumento dei costi. Visti i limiti di tempo ed impiego imposti dai comuni detergenti ed antibatterici, molti operatori del settore non possono eseguire le operazioni di pulizia nelle pause di lavoro quali, ad esempio, la pulizia degli utensili. Utilizzando BEW come misura operativa si garantisce una forte riduzione della carica batterica totale e l'abbattimento dei batteri potenzialmente patogeni (Gram negativi). Un altro vantaggio da considerare quando si utilizza il prodotto per la pulizia diretta delle apparecchiature alimentari è che il prodotto non danneggia e non riduce la durata

di conservazione delle apparecchiature, perché grazie al processo di elettrolisi con il carbonato di potassio, i prodotti non contengono alcuno ione cloro che può causare corrosione.

Precedenti studi su BEW mostrano il suo potenziale come detergente ecosostenibile in quanto può essere generato in loco, occupa poco spazio di stoccaggio, è economico, non richiede il trattamento delle acque reflue e garantisce un risparmio d'impiego nella gestione delle pratiche burocratiche. L'innovativa composizione a base d'acqua pura per il 99,83%, comporta un sostanziale snellimento nella gestione di pratiche burocratiche ed amministrative che caratterizzano l'impiego di solventi o altre sostanze chimiche tradizionalmente utilizzate per le pulizie tecniche. L'acqua elettrolizzata è considerata un detergente ecologico ed economico con un alto potenziale come detergente sia per la pulizia che per la "disinfezione", possiede inoltre un'ottima facilità di applicazione. Il prodotto inoltre non contamina i prodotti alimentari e non è richiesto un risciacquo con l'acqua dopo applicazione per asportare eventuali sostanze chimiche presenti nei vari detergenti e disinfettanti. Un ambiente pulito contribuisce a creare un ambiente di lavoro più sano e sicuro sia per consumatori che per gli operatori. Mantenere la pulizia nei locali di produzione alimentare è della massima importanza per creare un ambiente sicuro, piacevole, confortevole e privo di stress per i lavoratori dell'industria alimentare. Inoltre, BEW ritorna allo stato originale quando viene a contatto con il materiale biologico o se è diluito con acqua di rubinetto, acqua di osmosi o acqua distillata, riducendo così i costi per il trattamento delle acque reflue. Detergenti e disinfettanti ecologici possono fornire un ambiente migliore e possono ridurre i costi di pulizia eliminando il costo di prodotti chimici aggressivi, riducendo i costi per il trattamento delle acque reflue e riducendo i costi logistici per la fornitura di prodotti chimici. La tecnica di disinfezione utilizzata avrebbe quindi un basso impatto sull'ambiente. Inoltre, per quanto riguarda lo smaltimento, può tranquillamente essere smaltita negli scarichi urbani, senza alcun pretrattamento in un depuratore, non comportando quindi un pericolo per le falde, a differenza dei detergenti e disinfettanti tradizionali i quali, vista la loro composizione, potrebbero causare il fenomeno dell'eutrofizzazione delle acque, dal momento che queste sostanze sono costituite da grandi quantità di sostanze derivate da zolfo, fosforo ed azoto. L'utilizzo del prodotto non è limitato solo alla disinfezione delle superfici di lavoro e dei macchinari dell'industria alimentare, ma ci sono degli studi che hanno valutato la sua applicazione come "disinfettante" nella frutta e verdura o come antiossidante nei

prodotti di origine animale. Il suo utilizzo è stato ampliato non solo nell'industria alimentare ma ad oggi è utilizzato anche come sgrassatore nell'industria meccanica, come eliminatore delle impurità e dei residui nel settore della verniciatura e come detergente nel processo di pulizia del settore automobilistico.

In conclusione, questo studio indica che l'acqua alcalina elettrolizzata (AQUASOL) è una tecnologia emergente che potrebbe diventare un nuovo metodo candidato come misura SSOP operative nelle industrie alimentari facendo in modo di aumentare la sicurezza alimentare diminuendo la carica microbica totale e abbattendo la carica di Enterobatteriacee. Visti gli ottimi risultati ottenuti nel presente studio sarebbero opportune altre ricerche per valutare meglio gli effetti del prodotto AQUASOL applicato non solo su superfici di piccole aree ma sull'intera linea di produzione e su altri macchinari di vari processi di produzione di alimenti.

BIBLIOGRAFIA

Abadias M, Usall J, Oliveira M, Alegre I, Viñas I. (2008). Efficacy of neutral electrolyzed water (NEW) for reducing microbial contamination on minimally-processed vegetables. *Int J Food Microbiol* 123(1): 151– 58.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.12.008>

Al-Haq, M. I., Seo, Y., Oshita, S., & Kawagoe, Y. (2002). Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. *Food Research International*, 35(7), 657-664.

[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00169-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00169-7)

Al-Haq, M.I., Sugiyama, J. and Isobe, S. (2005). Applications of Electrolyzed Water in Agriculture and Food Industries. *Food Science and Technology Research*, 11(2), 135-150. <https://doi.org/10.3136/fstr.11.135>

Al-Holy, M. A., & Rasco, B. A. (2015). The bactericidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water against *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on raw fish, chicken and beef surfaces. *Food control*, 54, 317-321. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.02.017>

Athayde DR, Flores DRM, da Silva JS, Genro ALG, Silva MS, Klein B, Mello R, Campagnol PCB, Wagner R, de Menezes CR, Barin JS, Cichoski AJ. (2017). Application of electrolyzed water for improving pork meat quality. *Food Research International* 100, 757–763. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.009>

Ayebah B, Hung YC, Frank JF. (2005). Enhancing the bactericidal effect of electrolyzed water on *Listeria monocytogenes* biofilms formed on stainless steel. *Journal of Food Protection* 68, 1375–1380. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.7.1375>

Ayebah, Beatrice, Yen-Con Hung, Chyer Kim e Joseph F. Frank. (2006). Efficacy of Electrolyzed Water in the Inactivation of Planktonic and Biofilm *Listeria Monocytogenes* in the Presence of Organic Matter. *Journal of Food Protection* 69 (9): 2143–50. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-69.9.2143>

Bari, M. L., Sabina, Y., Isobe, S., Uemura, T., & Isshiki, K. (2003). Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella Enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of tomatoes. *Journal of food protection*, 66(4), 542-548. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-66.4.542>

Belov S.V., Danileiko Y.K., Egorov A.B., Lukanin V.I., Semenova A.A., Lisitsyn A.B., Revutskaya N.M., Nasonova V.V., Yushina Y.K., Tolordava E.R., Nasyrov N.A., Sinichkina A.I., Konchekov E.M., Matveeva T.A. & Gudkov S.V. (2022): Sterilizer of knives in the meat industry, working by activating aqueous solutions with glow discharge plasma. *Processes* 10(8). <https://doi.org/10.3390/pr10081536>

Bernardi, A. O., Garcia, M. V., & Copetti, M. V. (2019). Food industry spoilage fungi control through facility sanitization. *Current Opinion in Food Science*, 29, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.07.006>

Blagojevic, B., & Antic, D. (2014). Assessment of potential contribution of official meat inspection and abattoir process hygiene to biological safety assurance of final beef and pork carcasses. *Food Control*, 36(1), 174–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.08.018>

Brasil CCB, de Menezes CR, Jacob-Lopes E, Barin JS, Zepka LQ, Campagnol PCB, Wagner R, Cichoski AJ. (2020). Combined application of electrolysed water and ultrasound to improve the sanitation of knives in the meat industry. *International Journal of Food Science & Technology* 55, 1136–1144. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14289>

Buck, J. W., Van Iersel, M. W., Oetting, R. D., & Hung, Y. C. (2003). Evaluation of acidic electrolyzed water for phytotoxic symptoms on foliage and flowers of bedding plants. *Crop Protection*, 22(1), 73-77. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00113-8](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00113-8)

Chen, Y., Hung, Y. C., Chen, M., Lin, M., & Lin, H. (2019). Enhanced storability of blueberries by acidic electrolyzed oxidizing water application may be mediated by regulating ROS metabolism. *Food Chemistry*, 270, 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.095>

Deza, M. A., Araujo, M., & Garrido, M. J. (2007). Efficacy of neutral electrolyzed water to inactivate *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Staphylococcus aureus* on plastic and wooden kitchen cutting boards. *Journal of food protection*, 70(1), 102-108. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-70.1.102>

Ding, T., Ge, Z., Shi, J., Xu, Y. T., Jones, C. L., & Liu, D. H. (2015). Impact of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and ultrasound on microbial loads and quality of fresh fruits. *LWT-food Science and Technology*, 60(2), 1195-1199. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.012>

Ding, T., Rahman, S. M. E., Purev, U., & Oh, D. H. (2010). Modelling of *Escherichia coli* O157: H7 growth at various storage temperatures on beef treated with electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering*, 97(4), 497-503. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.11.007>

Fabrizio, K. A. e C. N. Cutter (2003). Stability of Electrolyzed Oxidizing Water and Its Efficacy against Cell Suspensions of *Salmonella Typhimurium* and *Listeria Monocytogenes*. *Journal of Food Protection* 66 (8): 1379–84. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-66.8.1379>

Fabrizio, K. A., & Cutter, C. N. (2004). Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce pathogens on fresh pork. *Meat Science*, 68(3), 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.04.013>

Forghani, F., & Oh, D. H. (2013). Hurdle enhancement of slightly acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on Chinese cabbage, lettuce, sesame leaf and spinach using ultrasonication and water wash. *Food Microbiology*, 36(1), 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.002>

Forghani, F., Park, J. H., & Oh, D. H. (2015). Effect of water hardness on the production and microbicidal efficacy of slightly acidic electrolyzed water. *Food microbiology*, 48, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.020>

Gil, M. I., Selma, M. V., Suslow, T., Jacxsens, L., Uyttendaele, M., & Allende, A. (2015). Pre-and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*, 55(4), 453-468. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.657808>

Graça, A., Salazar, M., Quintas, C., Manso, T., & Nunes, C. (2010). Effect of electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut fruit. *Environmentally friendly and safe technologies for quality of fruit and vegetables*, 214-219. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110227>

Hao, J., Li, H., Wan, Y., & Liu, H. (2015). Combined effect of acidic electrolyzed water (AcEW) and alkaline electrolyzed water (AIEW) on the microbial reduction of fresh-cut cilantro. *Food Control*, 50, 699-704. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.09.027>

Hao, J., Wu, T., Li, H., & Liu, H. (2017). Differences of bactericidal efficacy on *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Bacillus subtilis* of slightly and strongly acidic electrolyzed water. *Food and Bioprocess Technology*, 10, 155-164. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1801-3>

Hricova D, Stephan R, Zweifel C. (2008). Electrolyzed water and its application in the food industry. *J Food Protect* 71(9): 1934– 47. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.012>

Hsu, S. Y. (2005). Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 171-176. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.012>

<https://www.aquasol.it>

Huang, Y. R., Hung, Y. C., Hsu, S. Y., Huang, Y. W., & Hwang, D. F. (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. *Food control*, 19(4), 329-345. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.08.012>

Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Miwa, N., Muhimbula, H., & Iwasaki, K. (2011). Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. *Food control*, 22(3-4), 601-607. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.10.011>

- Jiang, Y., Ai, C., Liao, X., Liu, D., & Ding, T. (2020). Effect of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) and ultraviolet light illumination pretreatment on microflora inactivation of coriander. *Lwt*, 132, 109898. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109898>
- Khalid, N. I., & Ab Aziz, N. (2019). Challenges in cleaning for frozen food SMEs: Current and suggested cleaning program. *J. Clean. Prod*, 235, 688-700. <http://psasir.upm.edu.my/id/eprint/76525/1/MSAEC-8.pdf>
- Khalid, N. I., Sulaiman, N. S., Ab Aziz, N., Taip, F. S., Sobri, S., & Nor-Khaizura, M. A. R. (2022). Sustainable sanitation: Screening methods of electrolysing parameters for a custom-built electrolysed water generator. *Cleaner Engineering and Technology*, 8, 100482. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100482>
- Kim, C., Hung, Y. C., & Brackett, R. E. (2000). Efficacy of electrolyzed oxidizing (EO) and chemically modified water on different types of foodborne pathogens. *International journal of food microbiology*, 61(2-3), 199-207. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(00\)00405-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00405-0)
- Koide, S., Shitanda, D., Note, M., & Cao, W. (2011). Effects of mildly heated, slightly acidic electrolyzed water on the disinfection and physicochemical properties of sliced carrot. *Food Control*, 22(3-4), 452-456. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.09.025>
- Kong, D., Quan, C., Xi, Q., Han, R., Koseki, S., Li, P., ... & Wang, J. (2022). Study on the quality and myofibrillar protein structure of chicken breasts during thawing of ultrasound-assisted slightly acidic electrolyzed water (SAEW). *Ultrasonics Sonochemistry*, 88, 106105. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106105>
- Koseki, S., Fujiwara, K., & Itoh, K. (2002). Decontaminative effect of frozen acidic electrolyzed water on lettuce. *Journal of food protection*, 65(2), 411-414. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-65.2.411>
- Leães, Y. S. V., Silva, J. S., Robalo, S. S., Pinton, M. B., Dos Santos, S. P., Wagner, R., ... & Cichoski, A. J. (2021). Combined effect of ultrasound and basic electrolyzed water on the microbiological and oxidative profile of low-sodium mortadellas. *International Journal of Food Microbiology*, 353, 109310. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109310>

Lemos, J. G., Stefanello, A., Garcia, M. V., Furian, A. F., Cichoski, A. J., & Copetti, M. V. (2022). Potential of electrolyzed water to inactivate bread and cheese spoilage fungi. *Food Research International*, 162, 111931.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111931>

Len, S. V., Hung, Y. C., Chung, D., Anderson, J. L., Erickson, M. C., & Morita, K. (2002). Effects of storage conditions and pH on chlorine loss in electrolyzed oxidizing (EO) water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 209-212.

<https://doi.org/10.1021/jf010822v>

Li, M. L., Lin, Q., Chen, Y. Z., Chen, Y. H., Lin, M. S., Hung, Y. C., & Lin, H. T. (2023). Acidic electrolyzed water treatment suppresses *Phomopsis longanae* Chi-induced the decreased storability and quality properties of fresh longans through modulating energy metabolism. *Food Chemistry*, 404, Article 134572.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134572>

Li, M. L., Zheng, Q. P., Lin, H. T., Lin, M. S., Chen, Y. H., Lin, Y. F., et al. (2020). The influence of ATP treatment on energy dissipation system in postharvest longan fruit during senescence. *Postharvest Biology and Technology*, 164, Article 111154.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111154>

Li, X., Yue, H., Xu, S., Tian, J., Zhao, Y., & Xu, J. (2020). The effect of electrolyzed water on fresh-cut eggplant in storage period. *Lwt*, 123, 109080.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109080>

Liao, L. B., Chen, W. M., & Xiao, X. M. (2007). The generation and inactivation mechanism of oxidation–reduction potential of electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1326-1332.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.004>

Lin, H. M., Hung, Y. C., & Deng, S. G. (2020). Effect of partial replacement of polyphosphate with alkaline electrolyzed water (AEW) on the quality of catfish fillets. *Food Control*, 112, 107117. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107117>

Liu, C., & Su, Y. C. (2006). Efficiency of electrolyzed oxidizing water on reducing *Listeria monocytogenes* contamination on seafood processing gloves. *International Journal of Food Microbiology*, 110(2), 149-154.

<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.02.004>

Liu, X., Sun, X., Chen, X., Zheng, K., Li, J., & Li, X. (2023). Effect of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) combined with ultrasound sterilization on quality of Bigeye tuna (*Thunnus obesus*) during cryogenic storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104999. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104999>

Mai-Prochnow, A., Clauson, M., Hong, J., & Murphy, A. B. (2016). Gram positive and Gram negative bacteria differ in their sensitivity to cold plasma. *Scientific reports*, 6(1), <https://doi.org/10.1038/srep38610>

Mansur, A. R., & Oh, D. H. (2015). Combined effects of thermosonication and slightly acidic electrolyzed water on the microbial quality and shelf life extension of fresh-cut kale during refrigeration storage. *Food Microbiology*, 51, 154-162.

<https://doi.org/10.1016/j.fm.2015.05.008>

Monnin, A., Lee, J., & Pascall, M. A. (2012). Efficacy of neutral electrolyzed water for sanitization of cutting boards used in the preparation of foods.

Journal of Food Engineering, 110(4), 541-546.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.039>

Nan, S., Li, Y., Li, B., Wang, C., Cui, X., & Cao, W. (2010). Effect of slightly acidic electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* analyzed by transmission electron microscopy.

Journal of Food Protection, 73(12), 2211-2216.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X-73.12.2211>

Norman, G., Pepall, L., & Richards, D. (2008). Generic product advertising, spillovers, and market concentration. *American Journal of Agricultural Economics*, 90(3), 719-732.

<https://doi.org/10.1111/j.1467-8276.2008.01133.x>

Park, H., Hung, Y. C., & Brackett, R. E. (2002). Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *International journal of food microbiology*, 72(1-2), 77-83.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00622-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00622-5)

Park, H., Hung, Y. C., & Chung, D. (2004). Effects of chlorine and pH on efficacy of electrolyzed water for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes*. *International journal of food microbiology*, 91(1), 13-18.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00334-9](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00334-9)

Park, S. Y., & Ha, S. D. (2015). Reduction of *Escherichia coli* and *Vibrio parahaemolyticus* counts on freshly sliced shad (*Konosirus punctatus*) by combined treatment of slightly acidic electrolyzed water and ultrasound using response surface methodology. *Food and bioprocess technology*, 8, 1762-1770.

<https://doi.org/10.1007/s11947-015-1512-1>

Phuvasate, S., & Su, Y. C. (2010). Effects of electrolyzed oxidizing water and ice treatments on reducing histamine-producing bacteria on fish skin and food contact surface. *Food control*, 21(3), 286-291. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.06.007>

Rahman, S. M. E., Park, J. H., Wang, J., & Oh, D. H. (2012). Stability of low concentration electrolyzed water and its sanitization potential against foodborne pathogens. *Journal of Food Engineering*, 113(4), 548-553.

<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.011>

Rahman, S. M. E., Wang, J., & Oh, D. H. (2013). Synergistic effect of low concentration electrolyzed water and calcium lactate to ensure microbial safety, shelf life and sensory quality of fresh pork. *Food control*, 30(1), 176-183.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.06.041>

Rahman, S.M.E., Khan, I. and Oh, D.H. (2016). Electrolyzed Water as a Novel Sanitizer in the Food Industry: Current Trends and Future Perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 471-490.

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12200>

Regolamento (CE) n. 852/2004 del parlamento europeo e del consiglio

Regolamento (CE) n. 1272/2008 sulla classificazione, l'etichettatura e l'imballaggio delle sostanze e delle miscele

Regolamento (CE) n. 2073/2005 della commissione del 15 novembre 2005 sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari

Rodrigo Jiménez-Pichardo Carlos Regalado· Eduardo Castaño-Tostado· YunnyMeas-Vong, JoséSantos-Cruz, Blanca E.García-Almendárez (2016). Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. *Food control* 60: 320-328.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.011>

Serraino, A., Veronese, G., Alonso, S., Matera, R., Lugoboni, B., & Giacometti, F. (2010). Bactericidal activity of electrolyzed oxidizing water on food processing surfaces. *Italian Journal of Food Science*, 22(2),222.

Sharma, R. R., & Demirci, A. (2003). Treatment of Escherichia coli O157: H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water. *International journal of food microbiology*, 86(3), 231-237.

[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(02\)00549-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00549-4)

Stevenson, S. M. L., Cook, S. R., Bach, S. J., & McAllister, T. A. (2004). Effects of water source, dilution, storage, and bacterial and fecal loads on the efficacy of electrolyzed oxidizing water for the control of Escherichia coli O157: H7. *Journal of food protection*, 67(7), 1377-1383.

<https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.7.1377>

Sun, J. L., Zhang, S. K., Chen, J. Y., & Han, B. Z. (2012). Efficacy of acidic and basic electrolyzed water in eradicating Staphylococcus aureus biofilm. *Canadian journal of microbiology*, 58(4), 448-454. <https://doi.org/10.1139/w2012-005>

Sun, J., Jiang, X., Chen, Y., Lin, M., Tang, J., Lin, Q., ... & Lin, H. (2022). Recent trends and applications of electrolyzed oxidizing water in fresh foodstuff preservation and safety control. *Food Chemistry*, 369, 130873.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130873>

Tomasello F, Pollesel M, Mondo E, Savini F, Scarpellini R, Giacometti F, Lorito L, Tassinari M, Cuomo S, Piva S, Serraino A. (2021). Effectiveness of alkaline electrolyzed water in reducing bacterial load on surfaces intended to come into contact with food. *Italian Journal of Food Safety* 10, 9988.
<https://doi.org/10.4081/ijfs.2021.9988>

UNI EN ISO 16140-3:2021

Venkitanarayanan, K. S., Ezeike, G. O., Hung, Y. C., & Doyle, M. P. (1999). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* on plastic kitchen cutting boards by electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Protection*, 62(8), 857-860.
<https://doi.org/10.4315/0362-028X-62.8.857>

Vinnikova, L.G., Pronkina, K.V., (2015). Influence of fractions of electroactivated water on functional-technological properties of beef and pork. *East. Eur. J. Adv. Technol.* 75, 36–43. <https://doi.org/10.15673/fst.v10i2.151>

Wang, J., Rahman, S. M. E., Park, M. S., Park, J. H., & Oh, D. H. (2012). Modeling the response of *Listeria monocytogenes* at various storage temperatures in pork with/without electrolyzed water treatment. *Food Science and Biotechnology*, 21, 1549-1555. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0206-y>

Yokoyama, I., Nakano, T., Morita, C., Arai, Y., Hirayama, T., Aoki, H., ... & Sano, K. (2007). Establishment of gold standard for electrolyzed sodium chloride solution in disinfection. *Bulletin of the Osaka medical college*, 53(1)
<https://doi.org/11-19.10.1016/j.jfca.2022.104999>

Zhang, W., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 599-607.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.005>

Zheng, W., Zhao, Y., Xin, H., Gates, R. S., Li, B., Zhang, Y., & Soupir, M. L. (2014). Airborne particulate matter and culturable bacteria reduction from spraying slightly acidic electrolyzed water in an experimental aviary laying-hen housing chamber. *Transactions of the ASABE*, 57(1), 229-236.
<https://doi.org/10.13031/trans.57.10306>