

UVC-Entkeimung in der Lebensmittelproduktion

Infektionen durch die Luft und Kontakt mit Oberflächen sind die häufigsten Ursachen für den Befall mit Bakterien und Pilzen. Die berührungslose Entkeimung von Oberflächen und Luft während der laufenden Produktion sind die Stärken der UVC-Technik.



Durch die längeren Wege von der Herstellung bis zum Konsumenten wird in der modernen Lebensmittelindustrie die hygienische, keimreduzierte Produktion immer wichtiger. Die grössten Keimherde sind, neben dem Faktor Mensch, die Oberflächen von zum Beispiel Förderbändern und die Luft in der Produktionsstätte. Moderne UVC-Systeme können einen wichtigen und kostengünstigen Beitrag leisten, die Entstehung solcher Keimherde zu verhindern.

Grundlagen der UV-Entkeimung. Die ultraviolette (UV) Strahlung ist ein Teil des Spektrums der elektromagnetischen Wellen. Die unmittelbare Einwirkung der UV Strahlung aus dem C-Band führt bei exponierten Organismen zu einer photochemischen Veränderung der Erbsubstanz, und in der Konsequenz zur Unbrauchbarkeit der darin enthaltenen Information. Da die DNA Basis jeden Lebens ist, führt dieser als Inaktivierung bezeichnete Prozess in der Folge zur Zerstörung entsprechender Mikroorganismen. Der Verlust an der zentralen Informationskette ist die Begründung, warum es zu keinen mutationsbedingten Resistenzen bei Mikroorganismen kommen kann.

Die Wirksamkeit von UVC bei der Inaktivierung von Mikroorganismen steht in direktem Zusammenhang mit den Faktoren Bestrahlungsintensität und Bestrahlungsdauer (Dosisprinzip), in der Regel angegeben in Mikrowatt pro Sekunde und Quadratzentimeter ($\mu\text{W} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$). Grundsätzlich weisen dabei einfach strukturierte Mikroorganismen (etwa Bakterien) eine deutlich höhere Empfindlichkeit auf als grössere und komplexe Strukturen (z.B. Schimmel und Hefen). Inaktivieren kann man sie alle, es ist lediglich eine Frage der Dosis. Komplexe Organismen müssen folglich entweder intensiver oder länger bestrahlt werden um den gleichen Effekt zu erzielen.

Da sich UVC-Strahlen dem Licht ähnlich verhalten, gilt es Schattenbereiche zu vermeiden. Die Strahlung wirkt bei Festkörpern nur an der Oberfläche und durchdringt beispielsweise keine Glasscheiben oder Transparentfolien. Da die Strahlung nicht zwischen gewollten und ungewollten organischen Strukturen unterscheiden kann, ist direkte Bestrahlung von Mensch und Lebensmitteln unbedingt zu vermeiden um so auch den gesetzlichen Bestimmungen zu genügen.

Die UVC-Entkeimung wird in verschiedenen Auslegungen sehr erfolgreich für die Betriebshygiene eingesetzt. Im Folgenden wird beispielhaft der Stand der Technik für einzelne Bereiche der Fleisch verarbeitenden Industrie beschrieben.

Dekontamination mit UVC. Nach der Schlachtung werden auf der Aussenhaut der Tierhälften eine Vielzahl von Keimen in das Innere der sensiblen Produktionsstätten eingetragen. Von besonderer Relevanz im Zusammenhang mit der hier eingesetzten Transportbandentkeimung ist, dass das Dosis-/ Wirkungsprinzip der UVC-Strahlung über die Zeit eine additive Entkeimungsleistung bei zeitlich nahe liegenden Bestrahlungsereignissen ermöglicht. In der Praxis kann man daher beobachten, dass mehrfache intensive Bestrahlungen über einen Zeitraum von einer Stunde bessere Effekte zeigen, als eine in der Summe ebenso intensive jedoch nur einmalige Bestrahlung.

In der Fleischindustrie erfolgt der Einsatz solcher Bandentkeimer in der Regel an der Unterseite von Zerlegebändern.

Durch die Positionskontrolle und das Edelstahlschubfach kann gewährleistet werden, dass bei vorgeschriebener Montage keine Strahlung nach aussen dringt und bei Entnahme des Gerätes eine automatische Abschaltung erfolgt (optional). In der Praxis haben sich diese Systeme bei verschiedenen Zerlegebetrieben bewährt.

Zerlegebandentkeimung. Im Praxistest zeigt sich der positive Effekt der UVC-Strahlung auf die Zerlegebänder sehr deutlich. Getestet wurde ein 1300 mm Zerlegeband mit und ohne UVC-Behandlung. Auf der rechten Bandseite wurde eine Unterbandmontage eines sterilAir Bandentkeimungsgerätes T2002 mit 2x36 UVC vorgenommen.

Das rücklaufende Zerlegeband wurde auf der Zerlegeseite in 10-20 mm Abstand bestrahlt. Die effektive Grösse der bestrahlten Fläche betrug 830 x 100 mm. Das vollständige Zerlegeband hatte eine Gesamtlänge von 20 m, das heisst jeweils 1/200 der Gesamtfläche wurde bestrahlt. Das in den Versuchen zum Einsatz gebrachte Gerät T2002 hat eine Intensität von 40'000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ bei einem Abstand von 3 cm zur exponierten Oberfläche.

Die Messungen wurden durch das unabhängige Labor Kneissler (Burglengenfeld, Deutschland) im Kundenauftrag durchgeführt. Mittels TRANSIA-Hygiene-Monitor Paddel wurde im Abklatschtest der hygienische Zustand des Bandes bewertet.

Es wurden parallel die Gesamtkeimzahl und die Enterobacteriaceae beurteilt. Die Messpunkte lagen je zur Hälfte auf der nicht behandelten und auf der UV-entkeimten Bandseite. Die Probennahme erfolgte alle zwei Stunden an fünf aufeinander folgenden Tagen. In Versuchsgrafiken zeigen die Mittelwerte von fünf Tageswerten um 6:00, 8:00, 10:00, 12:00, 14:00 und 16:00 Uhr.

Nach der Desinfektion der Bänder über Nacht liegt der Anfangsgehalt auf beiden Bandhälften bei < 1 KBE. Schon nach wenigen Minuten steigen die Keimzahlen auf den nicht behandelten Bändern deutlich an und erreichen bereits nach zwei Stunden fast den Tageshöchstwert von



>10 KBE/cm² bzw. 4-5 KBE/cm². Beide Werte werden nach gängigen Hygienekriterien mit der Beurteilung „unannehmbar“ bewertet. Im Gegensatz dazu kann unter UVC-Behandlung über den gesamten Versuchszeitraum eine maximale Belastung von < 3 KBE bei der Gesamtkeimzahl (Bewertung: „noch gut“) bzw. $< 0,1$ bei den Enterobact. gemessen werden („gut“).

Es gelingt also mit der UVC-Entkeimung über den gesamten Tagesverlauf gleichmässig stabile hygienische Zustände auf dem Zerlegeband zu halten. Es zeigt sich, dass bei sehr UVC empfindlichen Keimen schon der einmalige Durchlauf ausreicht, um die Population komplett zu unterdrücken. In den über die nächsten 6 Monate dokumentierten Messwerte, bei denen das Zerlegeband auf beiden Seiten mit den T2002 UVC-Einheiten entkeimt wurde, blieben die Werte unverändert stabil.

Raumluftentkeimung. Aufgrund des bereits erwähnten Mangels an Depotwirkung einer UVC-Behandlung darf die Luftkeimkonzentration in diesem Zusammenhang nicht ausser Acht gelassen werden. Natürliche Luftkeimkonzentrationen erreichen oft Werte von mehreren tausend Keimen pro m³. Auch hier sind UVC Sys-

teme zur Luftentkeimung von grosser Hilfe, sind sie doch nicht nur von hervorragender Wirksamkeit, sondern haben auch deutlich positive ökonomische Effekte. Die Kenntnis um die wissenschaftlichen Grundlagen der UVC-Bestrahlung, ihrer Möglichkeiten und ihrer Grenzen sind jedoch auch hier Voraussetzung für eine sinnvolle und zielgerichtete Anwendung. Irgendeine blau leuchtende Lampe an die Wand zu hängen ist auch hier nicht hilfreich.

Als besonders günstig und ebenso effektiv haben sich Systeme erwiesen, die durch Strahlenbündelung eine bakterizid wirksame UVC-Strahlendecke über den

Köpfen anwesender Personen erzeugen. Im Produktionsraum werden Wandstrahler so positioniert, dass die Menschen im Raum nicht bestrahlt werden, die Luft und die Wände über 2,8 m aber einer ständigen Strahlung ausgesetzt sind. Die natürliche oder mechanisch erzeugte Konvektion in den Räumen sorgt dafür, dass luftgetragene Erreger wiederholt in die Bestrahlungszone gelangen, eine Keimreduktion um 70% bis 80% kann bei ökonomischer Verhältnismässigkeit als realistische Grösse betrachtet werden.

In den Fällen, in denen eine UVC Direktstrahlung in jedem Fall vermieden werden soll oder muss, kann man auf Umluftsysteme zurückgreifen. Diese Systeme sind insbesondere bei UVC-stabilen Organismen wie Pilzsporen von Vorteil. Durch die definierte Strahlung hoher Intensität auf kleinem Raum werden UVC-Leistungen erreicht, die selbst Schwarzsimmel (*Aspergillus niger*) wirksam bekämpfen.

Luftstromdesinfektion. In den umschlossenen Bereichen von Luftführungssystemen kommt genau eben dieser Punkt ebenfalls zum tragen. Hier lassen sich deutlich höhere Strahlungsleistungen erzielen. Eine Keimreduktion um den Faktor 10-5 (bei 1 Mio. Keime überleben 10),

also eine Desinfektion im technischen Sinne des Wortes, ist problemlos zu bewerkstelligen. Das heisst, die Etablierung neuer Keime durch die Aussenluft wird verhindert bzw. die Keimzahl in der Umluft klein gehalten. Modulare Konzeptionen sind in diesem Zusammenhang deutlich sinnvoller und kostenreduzierter als fertige Systembausteine, welche als vollständige Einheit zu integrieren sind.

Die Investitionsgrösse, respektive die Zahl der zu verwendenden Strahlenquellen, ist dabei jedoch massgeblich abhängig von der gegebenen Luftgeschwindigkeit (Dosisprinzip), der Temperatur und der Luftfeuchte. Obwohl bei heutigen Hochleistungsstrahlenquellen die Luftstromkühlung nur noch einen untergeordneten Stellenwert hat, sind aus ökonomischer Sicht Geschwindigkeiten von 1-3 m/s erstrebenswert. In der näheren Vergangenheit haben sich solche Desinfektionseinrichtungen insbesondere in der Kombination mit entsprechenden Filtersystemen als besonders gewinnbringend gezeigt. Vor allem die Untersuchungen der University of Philadelphia belegen neben der Wirksamkeit einen deutlichen Kostenvorteil, durch längere Filterwechselintervalle.

Die Möglichkeiten zum effektiven UVC-Einsatz im Bereich Lebensmittelproduktion sind weit gefächert. Die Analyse vor Ort zeigt den Bedarf und den Nutzen. In vielen Fällen können bei relativ geringem Investitionsvolumen deutliche Verbesserungen in der Betriebshygiene erreicht werden. Die Haltbarkeit der Produkte, so zeigen es alle Untersuchungen zum Thema, hängt stark von der Keimdichte ab, die vor der Verpackung auf dem Produkt haftet. Verpackungsmaschinen mit UVC-Entkeimung der Materialien und der Verpackungsatmosphäre bilden nur den Abschluss einer Vielzahl möglicher Massnahmen.

Autoren:
Dr. Michael Calenberg
Martin Graupner

Weitere Informationen:
sterilAir AG
Dufourstrasse 67
8570 Weinfelden
www.sterilair.ch