

Istanbul Technical University
Naturwissenschaftliche Fakultät

**Bewertung von Methoden zur Oberflächendekontamination am Beispiel rohen
Hühnerfleischs und Frisch geschnittenen Gemüses.**

Dissertation

Asli Aksoy
506001404

Fachbereich

Nahrungsmitteltechnologie

Programm

Nahrungsmitteltechnologie

Betreuung

Prof. Dr. Necla Aran

Juli 2003

Einleitung

Vielen Dank an Prof. Dr. Necla Aran und alle anderen Professoren, die mich während meiner Ausbildung und insbesondere im Rahmen dieses Projektes begleitet und unterstützt haben. Des Weiteren danke ich den Forschungsassistenten Handegül Aytuna und Levent Dinçer für Ihre Hilfe. Auch Assoc. Prof. Dr. Güner Özay vom TUBITAK-MAM Institut für Ernährungswissenschaft vielen Dank für die Bereitstellung der Bakterienkulturen. Dank gilt auch dem Chemischen Direktor des Unternehmens Ion-su für die Bereitstellung des Wasserionisators und für die Erlaubnis Messungen der freien Chlor Konzentrationen vorzunehmen.

Zum Schluss danke ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre freundliche Unterstützung.

Mai 2003

Asli Aksoy

INHALT

Abkürzungen

Tabellenverzeichnis

Grafikverzeichnis

Zusammenfassung

1) Einleitung

2) Literaturzusammenfassung

2.1) Lebensmittelsicherheit und Mikroorganismen

2.1.1) Mikrobiologische Bewertung von frischem Obst und Gemüse

2.1.2) Mikrobiologische Bewertung von beispielhaften Fleischprodukten

2.2) Mikrobiologische Bakterien in unserer Nahrung

2.2.1) Mesophilic Aerobic Bacterium

2.2.2) Enterobacteriaceae

2.2.3) Salmonella spp. und Escherichia colitis

2.2.4) Vibrio Bakterien

2.2.5) Listeria monocytogenes

2.2.6) Clostridium Perfringes

2.2.7) Staphylococcus Aureus

2.3) Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei Lebensmitteln

2.3.1) Zur Dekontamination verwendete Chemikalien

2.3.1.1) Organische Säuren

2.3.1.2) Chlorverbindungen

2.3.1.3) Wasserstoffperoxid

2.3.1.4) EDTA

2.3.1.5) Trisodiumphosphat

2.3.1.6) Super Oxidiertes Wasser (SOW)

2.3.1.7) MnO_4

2.3.1.8)-Bacteriosine

2.3.1.9) Verschiedene Enzyme (Lysosom)

3) Materialien und Methoden

3.1) Nahrungsproben

3.2) Desinfizierende Substanzen und Nährböden

3.3) Bakterienkulturen und Vorberietung zur Inokulation

3.4) Ausgleich mikrobieller Konzentrationen in Nahrungsproben

3.5) Inokulation bei rohem Hühnerfleisch und Kopfsalat

3.6) Anwendung von Oberflächendekontamination bei Kopfsalat und Analyse von Mesophilic aerobic bacteria

3.7) Anwendung von Oberflächendekontamination bei rohem Hühnerfleisch und Analyse von Mesophilic aerobic bacteria und Coli bacteria

3.8) Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch und Kopfsalat mit Hilfe von saurem ionisiertem Wasser

3.9) Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei mit Staphylococcus Aureus beimpftem Kopfsalat

3.10) Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei mit Salmonellen beimpftem Kopfsalat

3.11) Untersuchung inhibitorischer Effekte von verschiedenen desinfizierenden Lösungen auf Salmonella typhimurium und Staphylococcus Aureus mit Hilfe der Agar-Diffusionmethode

3.12) Statistische Analyse

TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 2.1.** Desinfektionsmittel für frisches Obst und Gemüse und deren wirkoptimale Konzentrationen
- Tabelle 2.2.** Gesetzliche Beschränkungen bezüglich der mikrobiologischen Qualität von Fertiggerichten
- Tabelle 2.3.** pK_a -Werte einiger organischer Säuren und Ester, die für antimikrobiologische Desinfektion verwendet werden
- Tabelle 2.4.** Chloremfindlichkeit einiger Mikroorganismen
- Tabelle 3.1.** Desinfizierende Substanzen, die zur Oberflächendekontamination verwendet werden und deren Konzentrationen
- Tabelle 4.1.** Konzentrationswerte von freiem Chlor, pH- und ORP-Werte verschiedener Desinfektionsmittel
- Tabelle 4.2.** Aerobic Mesophilic Bakterienkultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat
- Tabelle 4.3.** Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Hühnerfleisch
- Tabelle 4.4.** Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Kopfsalat mit Hilfe von SOW
- Tabelle 4.5.** Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von rohem Hühnerfleisch mit Hilfe von SOW

Tabelle 4.6. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Tabelle 4.7. Salmonella typhimurium Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Tabelle 4.8. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch

Tabelle 4.9. Inhibitive Wirkung desinfizierender Lösungen

GRAFIKVERZEICHNIS

Grafik 4.1. Aerobic Mesophilic Bakterienkultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Grafik 4.2. Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Hühnerfleisch

Grafik 4.3. Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Kopfsalat mit Hilfe von SOW

Grafik 4.4. Aerobic Mesophilic- und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von rohem Hühnerfleisch mit Hilfe von SOW

Grafik 4.5. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Grafik 4.6. Salmonella Typhimurium Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Grafik 4.7. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch

Bewertung von Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei rohem Hühnerfleisch und frisch geschnittenem Gemüse.

Zusammenfassung

Fleischprodukte und frisches Gemüse spielen eine wichtige Rolle bei einer gesunden Ernährung. Allerdings werden diese Nahrungsgruppen schnell von Krankheitserregern befallen, da sie einen idealen Nährboden für mikrobiologisches Wachstum darstellen. Von daher ist diese Nahrungsgruppe als riskant anzusehen. Es ist nachgewiesen, dass krankheitserregende Bakterien, Parasiten, Hepatitis und andere Viren in frischem Gemüse und rohem Fleisch enthalten sein können. Deshalb ist die Oberflächendekontamination dieser Nahrungsmittel gerade in Hinsicht auf Lagerung und Verzehr so wichtig. Hierfür werden vorwiegend chemische Desinfektionslösungen in Form von Sprays oder Tauchbädern verwendet. Möglich ist auch die Desinfektion mit Hilfe von heißem Wasser, Bestrahlung oder Dampf-pasteurisierung.

Die Verwendung anderer Desinfektionsmittel wie organische Säuren, Chlor, Wasserstoffperoxid, Chlorverbindungen, quaternäre Ammoniumverbindung, Antibiotika und andere antimikrobielle Substanzen, sowie Super Oxidiertes Wasser ist ebenfalls möglich. Wichtige Auswahlkriterien für angemessene Desinfektionsmittel sind die natürliche Mikroflora, Eigenschaften der Nahrungsmittel und die Verfügbarkeit und Kosten der Desinfektionsmittel.

Im Rahmen dieser Studie wurde Kopfsalat mit einer anfänglichen Mesophilic Aerobic Bacteria Konzentration von 5,21 log (cfu/g) 15 Minuten lang in verschiedene Desinfektionslösungen getaucht. Hierbei zeigte eine 5% H₂O₂ Lösung die größte Wirkung, gefolgt 1% Essigsäure (2,76 log (cfu/g)), 12% Trisodiumphosphate (2,78 log (cfu/g)), 40% Apfelessig (3,21 log (cfu/g)), 40% Weinessig (3,32 log (cfu/g)), 00 ppm Natriumhypochlorit (4,07 log (cfu/g)) und 1% Natriumacetat (5,12 log (cfu/g)). Den höchsten Wert erreichte 5% Wasserstoffperoxid mit 2,37 log (cfu/g).

Das Hühnerfleisch mit anfänglichen Werten von 9.43 log (cfu/g) Mesophilic aerobic Bakterie und 9.12 log (cfu/g) Colibakterien wurde ebenfalls 15 Minuten lang in verschiedene desinfizierende Lösungen getaucht. Die Analyse der aerobic Mesophilic bacteria zeigte, dass 1% und 2% Wasserstoffperoxid (5,04 und 4,86 log (cfu/g)), sowie 2% Milchsäurelösung (4,93 log (cfu/g)) die größte antimikrobielle Wirkung hatten, gefolgt von 2% Essigsäure (5,61 log (cfu/g)), 12% Trisodiumphosphat (6,01 log (cfu/g)), 200 ppm Natriumhypochlorit (6,55 log (cfu/g)), 20 mM EDTA (6,73 log (cfu/g)), 3% Natriumacetat (6,74 log (cfu/g)) und Natriumlactat Lösung (6,99 log (cfu/g)).

Die Analyse der Colibakterien ergab, dass 2,5% Wasserstoffperoxid eine Reduktion der Bakterienkonzentration auf einen Wert von 4,50 log (cfu/g) erreichte, gefolgt von 1% H₂O₂ (4,85 log (cfu/g)), 2% Milchsäure (5,03 log (cfu/g)), 12% TSP (5,35 log (cfu/g)), 2% Essigsäure (5,90 log (cfu/g)), 200 ppm Natriumhypochlorite (6,22 log (cfu/g)), 3% Natriumacetat (6,44 log (cfu/g)), Natriumlactat (6,99 log (cfu/g)) und 20 mM EDTA Lösung (6,6399 log (cfu/g)).

SOW (Super Oxidiertes Wasser), hergestellt aus zwei verschiedenen Natriumchlorid Lösungen (1% und 1,5%), die 20 und 30 ppm freie Chlor Konzentrationen im Vergleich zu einer 200 ppm Natriumhypochlorid Lösung haben, wurde für eine 10 minütige Oberflächendekontamination von Kopfsalat mit einer anfänglichen Konzentration von 7.66 log(cfu/gr) Mesophilic aerobic bacteria und 7.40 log (cfu/gr) Colibakterien, verwendet. Die Ergebnisse zeigten, dass 30%, bzw. 20% SOW und 200 ppm Natriumhypochlorid die Mesophilic aerobic bacteria Konzentration auf 6,36 / 6,45 und 6,44 log (cfu/g) reduzieren konnten. Die Ergebnisse der Analyse der Colibakterien ergab eine Reduktion auf 5,80 / 6,10 und 5,97 log (cfu/g). Derselbe Test, durchgeführt an rohem Hühnerfleisch, ergab eine Reduktion der aerobic Mesophilic bacteria auf 7,37 / 7,66 und 7,60 log (cfu/gr), sowie eine Reduktion der Colibakterien auf 7,05 / 7,21 und 7.18 log (cfu/gr).

Der mit Staphylococcus aureus inokulierte Kopfsalat (anfängliche Konzentration 4.81 log (cfu/gr)) wurde 15 Minuten lang in verschiedene desinfizierenden Lösungen getaucht. Die besten Ergebnisse wies 12% TSP (2.68 log (cfu/gr)) auf, gefolgt von 2% Milchsäure (3.27 log (cfu/gr)), 2% Essigsäure (3.29 log (cfu/gr)), 200 ppm

Natriumhypochlorite (3.52 log (cfu/gr)), 20mM EDTA (4.02 log (cfu/gr)), 3% Natriumlactat (4.16 log (cfu/gr)), und 3% Natriumacetat Lösung (4.31 log (cfu/gr)).

Im Rahmen einer weiteren Studie wurde ein mit *Salmonella typhimurium* inokulierter Kopfsalat mit einer anfänglichen Konzentration von 7.06 log (cfu/gr) 15 Minuten lang in 2% Milchsäure und 8% TSP Lösung getaucht. Der Salat wurde vollständig dekontaminiert. 2% Essigsäure, 5% Wasserstoffperoxid und 200 ppm Natriumhypochlorid Lösungen reduzierten den Bakterienbestand auf 2,78 / 3,71 und 5,10 log (cfu/g).

Das mit *Staphylococcus aureus* (anfängliche Bakterienkonzentration 5.74 log (cfu/gr)) kontaminierte Hühnerfleisch wurde 15 Minuten lang in verschiedene desinfizierende Lösungen getaucht. 2,5% Wasserstoffperoxid erreichte eine vollständige Dekontamination, während 12% TSP, 2% Milchsäure, 2% Essigsäure und 200 ppm Natriumhypochlorid lediglich Werte von 2,54 / 2,58 / 2,93 und 4.46 log (cfu/gr) erreichten.

Die Anwendung der Agar-Diffusionsmethode und deren Wirkung auf *Staphylococcus aureus* und *Salmonella Typhimurium* in Verbindung mit verschiedenen desinfizierenden Lösungen. Die *Staphylococcus aureus* Konzentration wurde durch 200 ppm Natriumhypochlorid und 2% Essigsäure nicht verändert, während 2% Milchsäure, 8% und 12% TSP, 2,5% und 5% Wasserstoffperoxid Lösungen inhibitive Bereiche mit Durchmessern von 8,8mm / 10,2mm / 10,2mm / 43,3mm und 48mm bewirkten.

Bei *Salmonella Typhimurium* hatte 2% Essigsäure keinen Effekt, während 2% ESSIGSÄURE, 2% Milchsäure und 8% bzw. 12% TSP, 2,5% bzw. 5% Wasserstoffperoxid Lösungen inhibitive Bereiche mit Durchmessern von 16,3mm / 11,8mm / 10,8mm / 13,7mm / 30mm und 33,5mm bewirkten. 200 ppm Natriumhypochlorid Lösung hatte keine inhibativen Effekte.

EINFÜHRUNG

Verschiedene Obst- und Gemüsesorten, die in unmittelbarer Bodennähe wachsen, können leicht von diversen Bakterien und Krankheitserregern befallen werden. Wenn diese Mikroorganismen nicht beseitigt werden, ist die Lebensmittelsicherheit gefährdet, da hieraus schwere nahrungsbedingte Krankheiten resultieren können. Deshalb ist auch Kopfsalat zur Gruppe der gefährdeten Lebensmittel zu zählen. Auch Fleischprodukte müssen aufgrund ihrer mikrobiologischen Flora zu dieser Gruppe gezählt werden (Robinson und And., 2000). Durch entsprechend gute Herstellverfahren und Sauberkeit kann dieses Risiko deutlich verringert werden (Dickson und And.,1994). Auch bezüglich der Haltbarkeit und der Produktsicherheit sind Anwendungen zur Oberflächendekontamination unerlässlich (Brackett, 1992).

Es gibt viele Krankheiten, die dem Genuss von rohem Gemüse zuzuordnen sind. 1981 ereigneten sich viele Fälle von Listeriose, was in Kopfsalat enthaltenen Düngemitteln zuzuordnen war. Auch in den USA und Canada verursachte belastetes Gemüse das sogenannte Verositoxid Esherichia Coli Syndrom. In Gemüse enthaltene Krankheitserreger sind: Salmonella spp., Cambylobacter spp., Clostridium Botulinum, Vibrio cholera, hepatitis A virus, Pseudomanas fluorescenes, Erwinia caratovora und Leuconostoc spp. (Odumeru und And.,1997 / Simons und Sanguansri, 1998).

Hühnerfleisch ist ebenfalls ein optimaler Nährboden für mikrobiologisches Wachstum. Beispiele für kontaminierende Erreger sind: Clostridium botulinum, Salmonella spp. Staphylococcus aureus Bacillus cereus, Listeria monocytogenes, Yersinia enterocolitica und E. coli 015:H7(Capita, 2002; Cutter und Siragusa, 1994).

Zur Dekontamination von Fleisch und Gemüse werden u.a. folgende Methoden verwendet: Tauchbäder mit desinfizierenden Lösungen, Bestrahlung, Einfrieren, Dehydration, Hochdruck, UV-Bestrahlung und Erhitzung (Capita und And., 2002; Robinson und And., 2000).

Desinfizierende Lösungen können in Form von Tauchbädern oder Spray appliziert werden. Ist dieser Prozess erfolgreich, so kann die mikrobiologische Konzentration bedeutend reduziert werden (Brackett, 1992). Da Dehydration negative Effekte hat, wird in der Praxis meist auf diese Methode verzichtet (Simons und Sanguansri, 1998).

Üblich sind die folgenden desinfizierenden Lösungen: Hypochlorid (200 ppm), Chlordioxid (200 ppm), H₂O₂ (5%), O₃ (1-4 ppm), Br (200 ppm), I₂ (10-100 ppm), Wasserstoffperoxid (200 ppm), Milchsäure (1%-10), verschiedene organische Säuren, TSP (8%-12 %) quaternäres Ammonium, KMnO₄. (Beuchat und fri.; Cherry 1999; Escudero und And., 1999; Sapers und Simons, 1998; Soriano und And., 2000; Zang und Farber, 1996).

Organische Säuren werden schon seit Jahren in Fragen der Lebensmittelsicherheit aufgrund ihrer niedrigen Dissoziationskoeffizienten und geringer Toxizität verwendet (Hui, 1992). Essig- und Milchsäuren kreieren bei Oberflächenkontakt eine saure Fläche die mikrobiologisches Wachstum verhindert (Mermelstein, 1992). In einer Studie wurde nachgewiesen, dass ein 15 minütiges Tauchbad in einer 8 – 12% TSP Lösung jegliche Oberflächenkontamination beseitigt. TSP verringert ebenfalls Bakterienkontamination in rotem Fleisch, aufgrund seiner desinfizierenden Wirkung (Dickson und And., 1994). Hypochlorid ist ein sehr starkes Desinfektionsmittel, welches in geringerer Konzentration für den Menschen nicht schädlich ist (Zsang und Farber, 1996).

Bekannt ist auch, dass die Anzahl von Mesophilic aerobic bacteria und Enterobacteraceae als Hygiene-, bzw. Kontaminationsindikator verwendet wird, welcher durch Desinfektionsmittel reduziert werden kann (Gilbert und And., 2000).

In der folgenden Studie werden Lebensmittel vor der Oberflächendekontamination in desinfizierendes Tauchbad getaucht. Im Anschluß daran werden die verschiedenen Bakterienkulturen untersucht. Des Weiteren wurden Salmonellen in verschiedene Lebensmittel eingimpft, die dann lediglich einer Oberflächendekontamination unterzogen wurden. Trotzdem verringerte sich die Bakterienanzahl deutlich. Im Folgenden sollen verschiedene Desinfektionslösungen miteinander verglichen werden.

2) Literatur Zusammenfassung

2.1) Lebensmittelsicherheit und Mikroorganismen

Neben ihrer natürlichen mikrobiologischen Flora, werden Lebensmittel von einer Vielzahl anderer Determinanten durch Bakterienbefall bedroht. Besonders frisch geschnittenes Gemüse ist biologischer Gefahr ausgesetzt. Ungeeignete Anbaugelände können eine erhöhte Kontamination bedeuten. Um Krankheiten vorzubeugen, müssen die anfänglichen Bakterienzahlen der betroffenen Lebensmitteln von vorneherein reduziert werden (Koseki, und And., 1992).

2.1.1) Mikrobiologische Bewertung von Frisch geschnittenem Obst und Gemüse

Frisch geschnittenes Gemüse wie Kopfsalat, Gurken, Karotten, Spinat, etc. ist ein beliebtes Nahrungsmittel, da es ohne vorherige Behandlung und komplizierte Zubereitung konsumiert werden kann (Odumen und And., 1997).

Kopfsalat, als eines der meist verwendeten Gemüse, ist, bezogen auf die Kontamination mit gefährlichen Bakterienkulturen, ein sehr riskantes Produkt, was nicht zuletzt daran liegt, dass er in Bodennähe wächst. Nicht nur in Salaten, sondern auch in Hamburgern, etc. ist Salat enthalten (Soriano und And., 2000).

In frisch geschnittenem Gemüse enthaltene Krankheitserreger sind z.B. shigella spp. Salmonella spp. und Listeria monocytogenes. Weitere Mikroorganismen sind Entere, obacter cloacae, Aeromonas hydrophilia und Klebsiella. In den letzten Jahren wurden 347 Fälle von Shigellosis Erkrankungen festgestellt die dem Konsum von kommerziell hergestelltem Salat zuzuschreiben sind. Auch Listeriose ist dem Genuß von kontaminiertem Gemüse zuzuordnen. Von daher muss diese Lebensmittelgruppe mit Hilfe von angemessenen Methoden und erhöhter Hygiene, in Bezug auf die enthaltenen Mikroorganismen verbessert werden (Brackett, 1992; Koseki und Hoh, 2001; Soriano und And., 2000).

Bacillus cereus, welcher die Eigenschaft hat, Endosporen zu bilden, verursacht schwere Erkrankungen durch das hieraus entstehende emetic toxin. Vegetative Sporen und andere Erreger können Gemüse von der Bepflanzung bis zur Ernte befallen (Kim und And., 1999).

Die Esheria colitis O157:H7 Infektion endete in Japan mit 10.000 Opfern, die zuvor weißen Rettich konsumiert hatten (Taormia und Beuchat, 1999).

Der Verzehr von Alpha Knospen, die aus kontaminierten Samen gezüchtet wurden, verursachte 1995 in Oregon und British Columbia Salmonellen Infektion bei 133 Personen. Analysen zeigten, dass Salmonella Albany und Salmonella Schwarzengrund involviert waren (Weissingen und Beuchatt, 2000).

Studien haben ergeben, dass die Anzahl von Krankheitsserregern, die auf Samen enthalten sind, am besten durch eine Lösung verringert werden kann, die sich aus 2000 ppm Chlor, 6% Wasserstoffperoxid, 80% Ethanol und TSP zusammensetzt (Weissingen und Beuchatt, 2000; Beuchatt und And., 2001).

Die Dekontaminierung von Lebensmitteln mit Hilfe von verschiedensten chemischen Lösungen ist üblich. Tabelle 2.1 enthält eine Auflistung verschiedener Lösungen und deren effiziente Konzentrationen. (Cherry, 1999; Soriano und And., 2000):

Desinfektionsmittel	Auswirkungen und effektive Konzentrationen
Cl	Hypocroz Säure, Na und Ca Hypochlorid PH:6.5 Prozessausrüstung, Prozesswasser, alle frischen Gemüse- / Obstsorten. 1-2 log Verringerung, 200 ppm (20 000 ppm bei Samen).
ClO₂	Prozessausrüstung, alle frischen

	Gemüse- / Obstsorten. 1 log Verringerung, 1-5 ppm (200 ppm bei Ausrüstung).
H₂O₂	alle frischen Gemüse- / Obstsorten. 3 log decrease , 5% hydrogen peroxide
O₃	In Wasser und frischem Obst und Gemüse 1-3 log Verringerung, 1-4 ppm
Peracetic Säure	Frisches Obst und Gemüse 2 log Verringerung , 200 ppm
Säuren (Essigsäure und Milchsäure)	Verringerung PH Spezifische antimicrobielle Aktivitäten
Trisodiumphosphat (TSP)	Kopfsalat PH 11-12 4 log Verringerung 1-12 % TSP

2.1.2) Mikrobiologische Bewertung verschiedener Fleischprodukte

Fleischprodukte sind sehr anfällig für Befall durch Mikroorganismen. Im Folgenden werden einige Methoden zur Dekontamination vorgestellt. Dampfvakuum, Dampfpasteurisierung, Desinfektionsmittel wie organische Säuren (Sprüh- / Tauchanwendungen) und Bestrahlung (Mermelstein, 2001). Hühnerfleisch wird weltweit häufig konsumiert. Trotzdem ist es ein riskantes Lebensmittel, da es einen perfekten Nährboden für Mikroorganismen und Krankheitserreger darstellt. Bakterien reduzieren Qualität und Haltbarkeit des Produktes. Die Kontamination kann durch schlechte Gerüche und Veränderungen des Gewebes wahrgenommen werden. Kontamination beginnt auf der Oberfläche und setzt sich im Inneren fort. Mikroorganismen, die in Hühnerfleisch vorkommen sind: Pseudomonas, Alteromonas und Acinetobacter (Mullerat und And., 1994).

Pathogene Bakterien in Hühnerfleisch sind: Salmonellen, Clostridium perfringens, Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Escheria colitis and Bacillus cereus (Mullerat und And., 1994).

In den USA und anderen entwickelten Ländern verursachen Salmonellenarten und Campylobacter jejuni oftmals Säuglingstoxikose. Einige in 1998 veröffentlichte Untersuchungen belegen, dass 29,1% aller Opfer nachgewiesenermaßen mit rohen, salmonellenverseuchten Fleischprodukten in Kontakt gekommen waren. Dies liegt hauptsächlich daran, dass sich Salmonellen bei der Zubereitung des Huhns in allen Bereichen, wie Händen, Werkzeug ausbreiten (Natrajan und Seldon, 2000).

Eine Vielzahl von Methoden wird angewendet, um die Haltbarkeit von Hühnerfleisch zu erhöhen und die Anzahl von Krankheitserregern zu verringern. Die wichtigsten Methoden implizieren die Verwendung von Chlor, TSP, organischen Verbindungen, Halogenen, Wasserstoffperoxid, Alkohol, Ozon und Nisin. In einer Studie wurde beobachtet, dass die Behandlung von rotem Fleisch mit heißem Wasser und Milchsäure die Konzentration von Eshericia colitis, Salmonellen und Mesophilic aerobic bacteria um 1,1 / 1,8 und 1.5 log(cfu/g) verringerte (Mullerat und And.,1994; Natrajan und Sheldon, 2000; Pohlman und And., 2002).

2.2) Mikrobiologische Bakterien in unserer Nahrung

Mikrobiologischen Beschränkungen werden bezüglich Lebensmittelqualität und –sicherheit große Wichtigkeit beigemessen. Deshalb werden Fertiggerichte eingehend auf Mesophilic aerobic bacteria, Enterobacteriaceae, E. colitis, Listeria spp., Salmonellen, Campylobacter, E.colitis O157:H7, Vibriobakterien, Listeria monocytogenes, Clostridium perfringes, Bacilius cereus und andere pathogene Bakterien untersucht. In Tabelle 2.2 werden einige Beschränkungen veranschaulicht (Gilbert und And., 2000):

Tabelle 2.2: Gesetzliche Beschränkungen bezüglich der mikrobiologischen Qualität von Fertiggerichten

Bakterien	mikrobielle Qualität (cfu/g)			
	Ziel	ange-messen	nicht ange-messen	nicht akzep-tabel
Mesophilic Aerobic Bacteria	$< 10^6$	$< 10^7$	$\geq 10^7$	-
Enterabacteriaceae	< 100	$100 < 10^4$	$\geq 10^4$	-
Eshericia colitis (total)	< 20	$20 < 100$	$\geq 10^0$	-
Listeria Spp. (total)	< 20	$20 < 100$	$\geq 10^0$	-

Salmonella Spp.	negativ bei 25g	-	-	negativ bei 25g
Campylobacter Spp.	negativ bei 25g	-	-	negativ bei 25g
Esherichia colitis O157:H7	negativ bei 25g	-	-	negativ bei 25g
Vibrio cholerea	negativ bei 25g	-	-	negative bei 25g
Vibrio parahemolyticus	< 20	20 < 100	100 < 1000	≥ 1000
Listeria Monocytogenes	< 20	20 < 100	-	≥ 100
Staphylococcus Aureus	< 20	20 < 100	100 < 10 ⁴	≥ 10 ⁴
Clostridium Perfringens	< 20	20 < 100	100 < 10 ⁴	≥ 10 ⁴
Pathogene Bacillus Arten	< 1000	1000 < 10 ⁴	1000 < 10 ⁴	≥ 10 ⁵

2.2.1) Mesophilic Aerobic Bacteria

Werden viele mesophilic bacteria in Lebensmitteln festgestellt, so müssen mögliche Mikroorganismen identifiziert werden. Berücksichtigt man die oben angeführten Ergebnisse, so ist es möglich, Schlüsse für die gesamte Probe zu ziehen (Gilbert und And., 2000).

2.2.2) Enterobacteriaceae

Diese Gruppe repräsentiert einen Indikator für Hygiene und Kontamination von Lebensmitteln. Sie kann als taxonomisch beschrieben werden. Der Test dieser Gruppe identifiziert Salmonellen, keine Colibakterien. Von daher gilt diese Gruppe nicht als Kriterium für die Bewertung von frischem Obst und Gemüse, da Ihre natürliche Flora keine Mikroorganismen dieser Art beherbergt (Gilbert und And., 2000).

2.2.3) Salmonella spp. und E.colitis

Lebensmittel sollten unter keinen Umständen Salmonellen und E.colitis O157:H7 enthalten. Diese Mikroorganismen wiederum treten nicht auf, wenn bei der Zubereitung die entsprechenden Hygienevorschriften berücksichtigt werden. (Gilbert und And., 2000; Kim und And., 2000a)

2.2.4) Vibrio Bakterien

Diese Gruppe ist sehr wichtig, was Importe von Obst und Gemüse in die EU angeht, da der Europarat vibrio cholerea als sehr gefährlich einstuft (Gilbert und And., 2000).

2.2.5) Listeria Monocytogenes

Eine Konzentration von 100 cfu/g dieser Bakterien kann bereits sehr gefährlich für Menschen sein. Dieser Wert gilt folglich als oberster Grenzwert für Hygienevorschriften bezüglich Verarbeitung und Lagerung von Lebensmitteln. (Gilbert und And., 2000; Kim und And., 2000a)

2.2.6) Clostridium perfringens

Der Grenzwert dieser Gruppe von Mikroorganismen beträgt heute 20cfu/g anstatt der früheren 10 cfu/g (Gilbert und And., 2000).

2.2.7) Staphylococcus Aureus

Tritt in rohem Fleisch, Fisch und Milchprodukten auf. Bei Werten von 10^3 - 10^{10} cfu/g ist eine giftige Konzentration erreicht (Shapton und Shapton, 1991).

Anwendungen zur Oberflächendekontamination von Lebensmitteln

Auf der Oberfläche von Fleisch und Gemüse befinden sich viele verschiedene Mikroorganismen. Durch Oberflächendekontamination kann die Bakterienkonzentration deutlich reduziert werden. Oft werden Methoden wie desinfizierende Tauchbäder, Dehydration, Hochdruckreinigung, Bestrahlung oder Erhitzung verwendet. Meistens werden jedoch Chemikalien benutzt (Capita und And., 2002; Robinson und And., 2000).

Desinfizierende Tauchbäder werden seit Jahren zur Dekontamination von Lebensmitteln verwendet. Auch die Verwendung von Sprays ist üblich. (Brackett, 1992).

Für die Oberflächendekontamination von Lebensmitteln werden hauptsächlich die folgenden Substanzen verwendet: Milchsäure (2-10%), Peroxyd Essigsäure (200 ppm) Essigsäure (2 %), Chlorverbindungen wie Chlordioxid (200 ppm), Hypochlorid (100-200 ppm) und Halogene wie I_2 , Br (200 ppm), Wasserstoffperoxid (5%), Ammonium Verbindungen wie quaternäre, alkalische Desinfektionsmittel wie TSP und EDTA, verschiedene Enzyme und Super Oxidiertes Wasser, welches in der

heutigen Naturwissenschaft immer häufiger auf sein Desinfektionspotential hin untersucht wird.

Der Erfolg von Dekontamination wird von folgenden Determinanten bestimmt: Temperatur der Desinfektionslösung, Dauer der Behandlung, pH-Wert der Lösung, Art der Lösung und die Struktur und Flora des zu desinfizierenden Produktes (Temiz, 2000).

Zur Dekontamination verwendete Chemikalien

Organische Säuren, Desinfektionsmittel mit freiem Chlor, EDTA, Bakteriosine, verschiedene Enzyme, Super Oxidiertes Wasser, Halogene, Wasserstoffperoxid und Permanaganate.

2.3.1.1) Organische Säuren

Organische Säuren werden vorzugsweise als Desinfektionsmittel in der Lebensmittelindustrie verwendet. Ihr inhibitorischer Effekt verhindert, dass Lebensmittel mit Mikroorganismen befallen werden. Des Weiteren sind organische Säuren weitestgehend ungiftig, was sehr wichtig für die Lebensmittelindustrie ist (Russel, 1992).

Schwache lipophile Säuren zeigen bereits bei niedrigen pH-Werten eine starke antimikrobielle Wirkung, da die Säurekonzentration mit fallendem pH-Wert steigt und somit die Reaktionsgeschwindigkeit erhöht wird. Säuren haben einen pH-Wert unter 3,5. Eine Reduktion des pH-Wertes um 0,3 bedeutet eine 10fache Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit. Auch der pKa-Wert ist in diesem Kontext von entscheidender Bedeutung. Tabelle 2.3 beinhaltet die pKa-Werte einiger Säuren, die zur Desinfektion eingesetzt werden (Shapton und Shapton.1991).

Tabelle 2.3: pKa-Werte einigerorganischer Säuren, die zur antimikrobiellen Desinfektion verwendet werden

Acid Ester	pKa
Essigsäure	4,7
Propionsäure	4,8

Sorbinsäure	4,8
Milchsäure	3,8
Benzolsäure	4,2
Salzsäure	3,0
Dehydroessigsäure	5,4
H ₂ SO ₄	1,8
Metylen p-hydroxibenzolsäure	8,5
Propylen p-hydroxibenzolsäure	8,1

Milch- und essigsäure Lösungen werden zur Desinfektion von Knochen nach dem Schneiden verwendet. Auch Milch- und Citrussäure haben inhibitive Effekte. Selbst 1-3% Natriumlaktat kann die Haltbarkeit von Fleisch durch Schutz vor Krankheitserregern erhöhen (Russel, 1992).

Essigsäure ist eine organische Säure, die einen stärkeren inhibativen Effekt als Milchsäure hat. Einige Essigsäuresalze wie Calciumacetat, Natriumacetat oder oxidierte Essigsäurederivate werden ebenfalls in der Lebensmittelindustrie verwendet. Da Essigsäure und andere organische Säuren lipophil sind, verursachen sie eine stärkere Denaturierung als minerale Säuren mit derselben Wasserstoffkonzentration (Luck und Jager; Russel, 1992).

Milchsäure ist eine der Hydroxisäuren, die zur Desinfektion verwendet werden. Sie wird von der Lebensmittelindustrie verwendet, da sie günstig ist und GRAS-Status hat. Sie beinhaltet Natrium-, Calcium- und Kaliumsalze (Russel, 1992).

2.3.1.2) Chlorverbindungen

Chlorverbindungen werden ebenfalls häufig in der Lebensmittelindustrie verwendet. Darunter befinden sich HOCl, Cl₂, NaOCl, Ca(OCl)₂ und Chlordioxid. Sie werden zur Desinfektion von Fleisch, Fisch und Gemüse verwendet. Chlor zeigt bereits innerhalb weniger Minuten seinen antimikrobiellen Effekt (Block und Febiger, 1991; Russel, 1992).

Einige Chlorverbindungen können in der richtigen Konzentration bakterielles Wachstum verhindern, da sie gute penetrative Eigenschaften besitzen. Sie werden nicht nur zur Oberflächendekontamination von Nahrungsmitteln, sondern auch von Lebensmittelverarbeitenden Maschinen eingesetzt (Russel, 1992).

Chlor desinfiziert, indem es N-chloro Verbindungen durch die Nutzung von Proteinverbindungen in der Zellmembran aufbaut. Somit wird die Zellmembran zerstört. Zusätzlich werden SH-Gruppen von Enzymen der Bakterien oxidiert. Da dieser Prozess irreversibel ist, wird der Mikroorganismus endgültig zerstört (Block und Febiger, 1991).

Frisches Obst und Gemüse können durch entsprechend konzentriertes Chlor dekontaminiert werden, ohne die Lebensmittelqualität zu beeinträchtigen (Block und Febiger, 1991). Tabelle 2.4 zeigt die Empfindlichkeit verschiedener Mikroorganismen gegenüber Chlor (Gardner, 1991).

Tabelle 2.4: Empfindlichkeit verschiedener Mikroorganismen gegenüber Chlor

Gram-positive Bakterien	sehr empfindlich
Gram-negative Bakterien	sehr empfindlich
Säure-feste Bakterien	kaum empfindlich
Bacteriensporen	empfindlich (pH 7.6 Optimum)
Lipophile Viren	empfindlich
Hydrophile Viren	empfindlich (hohe Konzentration)
'Amöbische Zysten', Algen	empfindlich
Pilze	kaum empfindlich
Prione	kaum empfindlich (bei hohen Konzentrationen)

Die Effizienz von Chlor-basierten Desinfektionsmitteln hängt von verschiedenen Faktoren, wie pH-Wert, Konzentration, zu behandelnde Biomaterie, Widerstandsfähigkeit und Applikationstemperatur ab (Gardner, 1991).

Die Effekte von Konzentration und pH-Wert können zusammen analysiert werden. NaOCl mit pH 7.6 und 100 ppm oder pH 9 und 1000 ppm können selbst *Bacillus subtilis* einfach zerstören (Gardner, 1991).

Eine Erhöhung des pH-Wertes kann die antimikrobielle Wirkung einer Chlorverbindung verringern. Beispielsweise reicht eine Chlorverbindung mit pH 8,2 aus, um *Bacillus metiens* zu zerstören. Wird der pH-Wert auf 11,3 angehoben, so sind bereits 1000 ppm nötig, um denselben Effekt zu erreichen (Block und Febiger., 1991).

Chlor reagiert mit fast allen organischen Verbindungen (auch mit Blut und verschiedenen Geweben). Die Chlorkonzentration muss jedoch relativ hoch sein. (Block und Febiger, 1991; Gardner, 1991).

Alkalische Mineralien, wie Calcium oder Magnesium, welche Wasser eine bestimmte Stabilität verleihen, beeinflussen Chlor-basierte Desinfektionsmittel nicht. In Wasser enthaltenes Chlor kann in drei Kategorien eingeteilt werden: freies, gebundenes und totales Chlor. Es gibt drei Formen von freiem Chlor in Wasser: elementares Chlor, HOCl und Hypochlorid-Ionen (Block und Febiger, 1991).

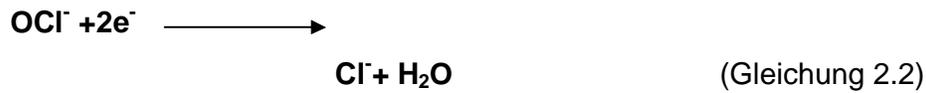
In Wasser enthaltenes Ammonium verbindet sich mit Chlor zu N-Chloro Verbindungen. Diese heißen dann verbundenes Chlor. Gebundenes Chlor und freies Chlor zusammen ergeben totales Chlor (Block und Febiger, 1991).

Die desinfizierende Kraft von Chlorverbindungen hängt von der Konzentration von freiem Chlor ab. Freies Chlor ist definiert als elementares Chlor, welches ein Natriumhypochlorid Molekül aufbaut. Gemäß einer anderen Definition gilt freies Chlor als Maßstab von oxidativen Eigenschaften (Block und Febiger, 1991 und Gardner, 1991).

In festem Zustand wird die freie Chlor Konzentration als (w/w) Prozentsatz angegeben, während die Konzentration in Lösungen als (w/v) Prozentsatz, millionen pro ppm angegeben wird. Chlor in fester Form sollte in Verbindung mit Wasser verwendet werden (Gardner, 1991).



In Gleichung 2.2 interagiert 1 mol Hypochlorid mit 2 Elektronen und formt 1 Chlor-Ion.



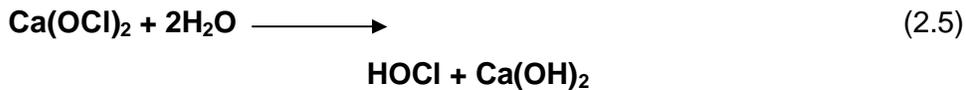
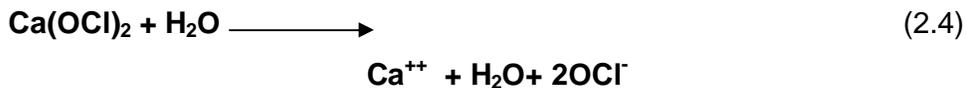
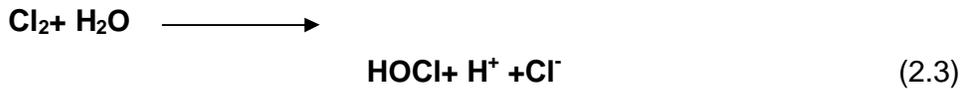
Folglich entspricht 1 mol Hypochlorid 1 mol elementarem Chlor und 70,91 g freiem Chlor (Block und Febiger, 1991).

Da Calcium Hypochlorid und Natriumhypochlorid enthalten 2 und 1 mol Hypochlorid. Des Weiteren enthalten diese Stoffe 141,8 und 70,9 g freies Chlor.

Das Molekulargewicht von Calcium Hypochlorid und Natriumhypochlorid ist 143 und 74,5. Diese Stoffe enthalten 99,2% und 95,8% freies Chlor (Block und Febiger, 1991).

Methoden zur Messung des freien Chlor Anteils sind die Folgenden: Jodometrische, sodium arsenid, ortotolidin, Palin's DPD-Methode (die Farbe von N, N-diethyl-p-phenylen-diamin reaktive Farbe ändert sich von pink zu rot bei Existenz von freiem Chlor), amperometrische Methode, polographische Membran Technik (eine Plastiksonde, die eine Anode und einen Elektrolyt enthält wird in eine Membran eingeführt, welche mit einer Metallkathode ummantelt ist). Bei der zuletzt genannten Methode wird Chlor zu Chlorsäure reduziert, sobald man die Sonde in die Chlorklösung taucht. Da diese Elektrolyse Gleichstrom produziert, kann dieser auf den Monitoren der Analysegeräte abgelesen werden. Die Vorteile dieser Methode sind Sicherheit, hohe Effizienz, niedrige Kosten und Feststellbarkeit verschiedener Arten von Chlor.

Elementares Chlor, Wasser und Hypochlorid können sich, wie unten gezeigt, zu HOCl verbinden (Block und Febiger, 1991):



Chlor und einige Chlor-freisetzende Verbindungen können aus HOCl entstehen, welches bei einem pH-Wert von 5-8 antimikrobielle Wirkung zeigt. Hypochlorid-Ionen sind grundsätzlich sehr alkalisch, was bedeutet, dass kaum antimikrobielle Effekte zu beobachten sind.

Der pH-Wert ist ein wichtiges Kriterium bei der Spaltung von HOCl. Bei steigendem pH-Wert fällt der antimikrobielle Wirkeffekt von Chlor, steigt aber fast zeitgleich wieder an, wegen der erhöhten Konzentration in gelöstem HOCl (Block und Febiger, 1991).

Hypochlorid kann in die Bakterienzellen eindringen, wo es dann mit dem Protoplasma interagiert und toxische Verbindungen aufbaut. Erhöht man die Temperatur der Hypochlorid Lösung um 10 Grad, halbiert sich die Zeit die nötig ist, um alle Bakterien abzutöten (Block und Febiger, 1991; Gardner, 1991).

Wie zahlreiche Studien belegen, wird das Wachstum verschiedener Krankheitserreger wie Listeria, Yersinia und Campylobacter verhindert, wenn Nahrungsmittel mit Hypochlorid desinfiziert werden (Block und Febiger, 1991).

2.3.1.3) Wasserstoffperoxid

Kommt in Honig und Milch in natürlicher Form vor und schützt das Produkt vor mikrobieller Kontamination. Es tötet Bakterien, Hefebakterien, Schimmel, Viren und Sporen ab (Block und Febiger, 1991; Gardner und Peel, 1991).

Es ist eine farblose Flüssigkeit mit einem Molekulargewicht von 34,01, die wasserlöslich ist und desinfizierende Wirkung hat. Der antimikrobielle Wirkgrad hängt von folgenden Faktoren ab: Dekontaminationsgrad, pH-Wert, Hitze und Einwirkzeit. Wegen seiner starken oxidativen Eigenschaften hat es einen wesentlich größeren Effekt auf Bakterien als auf Schimmel. Vorwiegend wird es zur Desinfektion von Lebensmittelverpackungen verwendet (Russel, 1992).

Wasserstoffperoxid baut Verbindungen wie Wasser und Sauerstoff auf, die nicht toxisch auf Enzyme wie Peroxidase und Katalase wirken. Anaerobe Bakterien reagieren empfindlicher auf Wasserstoffperoxid weil sie die Katalase-Enzyme, welche für die Zerstörung von Wasserstoffperoxid zuständig sind, nicht synthetisieren. In einigen Studien ist belegt worden, dass 3% Wasserstoffperoxid schnelle inhibitive Effekte auf Bakterien hat, während die Zerstörung von Schimmel, Viren und Sporen wesentlich langsamer von statten geht. Im Allgemeinen sind gram-negative Bakterien anfälliger für Wasserstoffperoxid als gram-positive Bakterien. Eine Erhöhung in Konzentration und Temperatur bewirkt deutlich stärkere antimikrobielle Effekte auf Sporen (Block und Febiger, 1991).

Es kann auch als Wasch Lösung oder in Form von Dampf zur Dekontamination von Obst und Gemüse verwendet werden. In der richtigen Konzentration ist es nicht schädlich für die Gesundheit. Eine Studie belegt, dass die Reinigung von Pilzen mit einer 5% Wasserstoffperoxid Lösung die Konzentration von Pseudomonas um 90% reduziert (Sapers und Simons, 1998).

Wasserstoffperoxid kann Synergieeffekte mit einigen Chemikalien nutzen. Clostridium Bifermentas Sporen können eine 0,028% Kultur aufbauen, wenn 100 µm CuSO₄ bei 25 Grad mit 0,28M Wasserstoffperoxid gemischt wird. Wenn jedoch 95% CuSO₄ mit reinem Wasserstoffperoxid gemischt wird, ist das Resultat ein Verhältnis

von 87%. Werden beide gemeinsam verwendet, kann eine 3000-fache Verringerung erreicht werden (Block und Febiger, 1991).

Als ein weiteres Beispiel für Synergieeffekte erhöht sich der Wirkgrad von Wasserstoffperoxid bei erhöhter Temperatur. Sporen sind sehr empfindlich gegenüber Hitze, da Hitze die Zerstörung von Mikroorganismen verursacht. Auch können Synergieeffekte mit UV-Strahlung erreicht werden. 0,3% Wasserstoffperoxid kann in Verbindung mit UV-Strahlung die 2000-fache Wirkung von UV-Strahlung und die 4000-fache Wirkung von Wasserstoffperoxid alleine erzielen (Block und Febiger, 1991).

Es kann in geringer Konzentration auch zur Sterilisierung von Wasser verwendet werden. 0,1% Wasserstoffperoxid kann in Milch die Bakterienkonzentration um 99,99% und die Konzentration von Salmonellen, Clostridium, Colibakterien und Staphylococcus um 100% reduzieren. Außerdem ist hinlänglich bekannt, dass 10-25% Wasserstoffperoxid selbst auf Sporen vernichtend wirkt (Block und Febiger, 1991).

2.3.1.4) EDTA (Etilendiamine Tetraacetic Acid)

EDTA wird vorwiegend zur Desinfektion von Nahrungsmitteln eingesetzt. Da es jedoch auch Synergieeffekte mit anderen antimikrobiellen Substanzen aufweist, wird es häufig auch in Verbindung mit diesen verwendet. Es zerstört die Membran der Krankheitserreger und erlaubt somit anderen Substanzen das Eindringen in die Mikroorganismen. In diesem Kontext werden bevorzugt Natrium- und Calciumsalze verwendet. Selbst bei hohen Konzentrationen ist nicht von einer Toxizität auszugehen. 300 ppm oder 1-20 mM EDTA Konzentration ist grundsätzlich effizient (Luck und Jager, 1997).

In einer Studie über die antimikrobielle Wirkung von EDTA wurden 15 Bakterien, wie *Esheria coliitis*, *Enterobacter cloacae*, *citrobactere Fruendii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *salmonella spp.*, *Proteus mirabilis*, *Proteus vulgaris seratia marcescens*, *vibrio cholerae NIH41-01*, *vibrio chlorea-01*, methalicin-resistente *Staphylococcus aureus* und *Staphylococcus auerus ATCC 25293*, untersucht. Hierfür 10 mM EDTA Lösung mit verschiedenen pH-Werten verwendet. Diese Lösung ist bei pH 5 effektiv

gegen *Vibrio cholerae* und *Staphylococcus aureus*, bei pH 9 gegen *Pseudomonas aeruginosa* und *Escherichia coli*, während *Proteus mirabilis* auch bei anderen pH-Werten empfindlich reagiert (Kida und And., 1992).

Alle EDTA Konzentrationen zwischen 1 und 20 mM können alleine oder mit Nisin mikrobielles Wachstum verhindern (Phillips und Duggan, 2001).

2.3.1.5) Trisodiumphosphat (TSP)

Ist ein alkalisches Desinfektionsmittel, welches in Verbindung mit verschiedenen Waschmitteln zur Entfernung von Öl auf Fleischoberflächen verwendet wird. Der hohe pH-Wert ist verantwortlich für den starken antimikrobiellen Wirkgrad. Besonders Hühnerfleisch wird stark dekontaminiert. Ein 15 minütiges Tauchbad in einer 8-12% TSP Lösung hat inhibitive Effekte auf das Wachstum von Salmonellen, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* und *Compylobacter*. Somit kann die Salmonellenkonzentration von 35% auf 1% verringert werden. Auch Obst und Gemüse können mit Erfolg einer Oberflächendekontamination mit dieser Substanz unterzogen werden (Dickson und And., 1994; Zsang und Farber, 1996; Capita und And., 2002).

2.3.1.6) Super Oxidiertes Wasser

Super Oxidiertes Wasser (SOW) wird durch Elektrolyse von gelöstem Natriumchlorid gewonnen. Dieser Prozess wird durch ein Elektrolysegerät gesteuert, das aus einer Anode und einer Kathode besteht, die in einer Membran isoliert sind. Das hierbei entstehende Wasser ist auch als 'oxidiertes Wasser' bekannt und entsteht auf der Anodenseite des Gerätes. Es hat einen pH-Wert von 3,0 oder weniger, ORP-Werte von über 1000mV und eine freie Chlor Konzentration zwischen 10 und 100 ppm (Alhag und And., 2002, Buck und And., 2003; Kim und And., 2001; Kim und And., 2000a; Kim und And., 2000b; Kiura und And., 2002; Koseki und And., 2001; Len und And., 2002; Morita und And., 2000; Sharma und Demirci, 2002).

Nach zahlreichen Studien über die antimikrobielle und antivirale Wirkung von diesem Wasser wurden letztlich die desinfizierenden Eigenschaften empirisch nachgewiesen. Es wird zur Stabilisierung von Lebensmitteln verwendet, die nicht zuvor durch Erhitzung behandelt wurden. Des Weiteren wird es nicht nur zur

Desinfektion von frischem Obst und Gemüse selbst, sondern auch zur Sterilisierung von Lagerflächen für Lebensmittelaufbewahrung verwendet. Beispielsweise verhindert saures ionisiertes Wasser die Entstehung von *L. monocytogenes* Biofilm auf Stahl (Koseki und And., 2001; Park und And., 2002a; Jung und And., 1996).

Ionisiertes Wasser wird als chemisches Material aus Natriumchlorid gewonnen. Deshalb ist es nicht umweltbelastend. Das enthaltene HOCl ist eine eher schwache Säure, welche nicht so leicht hydrolysiert wird wie etwa OCl^- , welches wesentlich weniger reaktiv ist (Koseki und And., 2001; Koseki, 2002).

In Super Oxidiertem Wasser ist der ORP - Wert ein sehr wichtiger Faktor bezüglich der antimikrobiellen Wirkung. Je höher der ORP-Wert, desto höher die inhibitive Wirkung. Auch der Anteil von freiem Chlor ist ein zentraler Faktor in diesem Zusammenhang. HOCl bildet OH. OH-Radikale zerstören dank ihrer oxidativen Eigenschaft Mikroorganismen (Koseki und And., 2001).

2.3.1.7. Permanganate

Permanganate gehören zu den anorganischen Peroxid Verbindungen, die in der Lebensmittelindustrie verwendet werden. Sie haben antibakterielle, antivirale und antimykotische Wirkung. Sie werden auch zur Desinfektion von frischem Gemüse benutzt. Wegen ihrer tief purpurnen Färbung ist die Nutzung in Verbindung mit anderen Substanzen beschränkt. Außerdem wird angenommen, dass eine pinke Verfärbung des Waschwassers auf eine korrekte Anwendung schließen lässt (Soriano und And., 2000; Block und Febiger, 1991).

2.3.1.8. Bacteriosine

Bacteriosine, die durch gram-positive und gram-negative Bakterien hergestellt werden, sind Proteinkomplexe mit bakterizider und wachstumshemmender Wirkung. Sie werden zunehmend in der Lebensmittelindustrie zur Dekontamination verwendet. Der antibakterielle Wirkgrad hängt von den Bakterien ab aus denen sie entstehen. Da sie auf Proteinen basieren, können sie leicht durch Verdauungsenzyme metabolisiert werden. Von daher werden Bacteriosine als ungefährlich eingestuft. Das meistgenutzte Bacteriosin ist Nisin. Es wirkt inhibitiv auf das Wachstum von

Krankheitserregern wie *Listeria monocytogenes*, *Bacillus* und *Clostridium* (Luck und Jager, 1997; Russel, 1992).

2.3.1.9. Verschiedene Enzyme (Lysosom)

Lysosom ist eine "muramidaz"-Art die in der Lebensmittelindustrie als desinfizierende, antimikrobielle Substanz verwendet wird. Es beeinflusst die Permeabilität der Zellmembran und zeigt bei einem pH-Wert von 7 die größte antimikrobielle Wirkung. Es ist vorrangig zur Hemmung des Wachstums von *Listeria monocytogenes* geeignet. Allerdings ist diese Substanz sehr teuer und wird von daher selten verwendet (Luck und Jager, 1997; Russel, 1992).

3) Materialien und Methoden

3.1. Nahrungsproben

Die in den Experimenten verwendeten Hühnerfleisch- und Kopfsalatproben stammen aus einem istanbuler Supermarkt. Sie wurden kühl gelagert bevor sie in einem Zeitrahmen von 24 Stunden analysiert wurden. Um die Oberfläche der Proben gleichmäßig zu gestalten, wurden die Salatblätter kreisförmig mit einem Radius von 2,7 cm ausgeschnitten und das Hühnerfleisch in 5 x 5cm große Stücke mit einer Höhe von 0,5cm zerlegt.

3.2. Desinfizierende Substanzen und Nährböden

Tabelle 3.1 zeigt die für die Oberflächendekontamination verwendeten desinfizierenden Lösungen und deren Konzentrationen.

Tabelle 3.1. Desinfizierende Substanzen, die zur Oberflächendekontamination verwendet werden und deren Konzentrationen

Desinfektionsmittel	verwendete Konzentrationen
Essigsäure - 100% (Riedel de haen, seelze)	1% und 2% (v/v)
Milchsäure - 90% (Merck, Darmstadt, Deutschland)	2% (v/v)
Natriumacetat (trocken) (Merck, Darmstadt, Deutschland)	1% und 3% (w/v)
Natriumlaktat (50% w/w)	3% (v/v)

(Merck, Darmstadt, Deutschland)	
EDTA (extra rein) (Merck, Darmstadt, Deutschland)	20 mM
TSP (Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O) (Merck, Darmstadt, Deutschland)	12% (w/v)
H ₂ O ₂ (v/v 30 %), (Merck, Darmstadt, Deutschland)	1% und 2.5 % (v/v)
Natriumhypochlorid (*)	200 ppm (freie Chlor Konzentration)

(*) eines der Reinigungsmittel wird verwendet

Super Oxidiertes Wasser enthält 20 oder 30ppm freies Chlor und wird durch Elektrolyse von 1% oder 1,5% (w/v) NaCl Lösung bei einer Stromstärke von 3 Ampere hergestellt. Für die Herstellung des Wassers wurde das Gerät ION-Farms HTH 5000 "Gold" aus Korea verwendet.

Die pH-Werte der verschiedenen Lösungen wurden mit dem "Jenway 3010" pH-Meter (Jenway Ltd., England) gemessen. Die ORP-Werte wurden mit Hilfe des "HANNA HI 98201" ORP-Meter (Hanna Instruments, Mauritius) gemessen. Die freien Chlor Konzentrationen der Lösungen wurden mit Hilfe des "CHEMets Kit Chlorine K-2500" (CHEMETRICS Inc., USA) ermittelt.

In den Studien wurden als Nährböden die standard APHA PCA (Plate Count Agar) (Oxoid, Hampshire, England) für die Analyse von Mesophilic aerobic bacteria und die URGBA (Violet Red Bile Glucose Agar) (Oxoid, Hampshire, England) für die Analyse von Colibakterien verwendet. Des Weiteren wurde die Baird Parker Agar (bioMerieux, Frankreich) für die Analyse von Staphylococcus aureus und die BSA Nährböden (Bismuth Sulphite Agar) (Oxoid, Hampshire, England) für die Analyse von Salmonella typhimurium verwendet.

Die Verbindungen TSB (Tryptische Soja Brühe) und PBS (Phosphatsalz Pufferlösung), die von uns für die Studien vorbereitet wurden, werden in der folgenden Tabelle aufgeführt. Alle verwendeten Lösungen wurden 15 Minuten lang bei 121°C sterilisiert (Anon, 2000).

TSB (pH 7.3)

Verbindung	G/l
Pepton, Kasein (Oxoid,Hempshire,England)	17g
Pepton aus Sojabohnenmehl (Oxoid,Hempshire,England)	3g
NaCl (Merck,Darmstadt,Deutschland)	5g
K ₂ HPO ₄ (Merck,Darmstadt,Deutschland)	2,5g
D+ Glucose (Merck,Darmstadt,Deutschland)	2,5g

Verbindung	G/l
NaCl (Merck,Darmstadt,Deutschland)	7,650g
K ₂ HPO ₄ (Merck,Darmstadt,Deutschland)	0,210g
Na ₂ HPO ₄ (Merck,Darmstadt,Deutschland)	0,724g

Bei der Herstellung von verdünnten Lösungen wurden NaCl (Merck, Darmstadt, Deutschland) und Pepton (Oxoid, Hampshire, England) verwendet.

3.3. Bakterienkulturen und Vorberietung zur Inokulation

In dieser Studie wurden Staphylococcus aureus ATCC 25923, Staphylococcus aureus ATCC 29213 und Salmonella typhimurium ATCC 14028 verwendet.

Um die Inokulation vorzubereiten, wurden Proben von der Bakterienkultur bei 4°C von der PCA entnommen und in zwei Intervallen von jeweils 24 Stunden bei 35°C in 10ml TSB eingefügt. 0,5ml im Verhältnis 1:1 bestehend aus Staphylococcus aureus wurde zwecks aktiver Homogenisierung nach und nach mit 10ml, 240ml und 250ml TSB verdünnt. Schließlich wurde eine Lösung mit 50ml PSB und 1:1000 Bakterien Konzentration vorbereitet. Die gleiche Prozedur wurde mit Salmonella typhimurium durchgeführt.

3.4. Ausgleich mikrobieller Konzentrationen in Nahrungsproben

Wie in 3.1 erklärt, werden inokulierte Proben von Salat und rohem Hühnerfleisch, die bei 35°C, 6 Stunden lang im Brutschrank lagerten, 2-3 mal 15 Minuten lang mit Wasser gemischt, um die Bakterienkonzentration beider Proben anzugleichen. Im Anschluss daran werden sie vor der endgültigen Analyse in sterilen Behältern aufbewahrt, bis die Flüssigkeit getrocknet ist.

3.5. Inokulation bei rohem Hühnerfleisch und Kopfsalat

Kopfsalat und Bakterien (*Staphylococcus aureus* und *Salmonella typhimurium*) werden in gleichem Verhältnis gemischt und 30 mal in einem verschlossenen, sterilen Glassbehälter 15 Minuten lang vermischt. Nachdem die Flüssigkeit getrocknet ist, wird die Probe 24 Stunden lang bei 4°C im Kühlschrank (SANYO Medical Freezer, MDF-U441, SANYO Electric Co.,Ltd., Japan) gelagert.

Für die Inokulation des Hühnerfleisches wurden 0,1ml der vorbereiteten Lösung (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923 und *Staphylococcus aureus* ATCC 29213) über die Fleischoberfläche versprüht. Nach einer Einwirkzeit von 30 Minuten werden die Proben aus den Petrischalen entnommen und sind bereit zur Analyse.

3.6. Anwendung von Oberflächendekontamination bei Kopfsalat und Analyse von Mesophilic aerobic bacteria

Jeweils 10g schwere Salatproben werden zusammen mit jeweils 200ml von 12% Trisodiumphosphat, 1% Essigsäure, 1% Natriumacetat, 200 ppm Natriumhypochlorid, 5% Wasserstoffperoxid und 40% Apfel- und Weinessig in einem sterilen Behälter 15 Minuten lang geschüttelt. Als Lösungsmittel wird destilliertes Wasser verwendet. Nach Verfärbung der desinfizierenden Lösungen, werden die Proben mit 90ml Peptonwasser versetzt (Stomacher 400 Lab Blender, England). Es werden verdünnte Lösungen (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} and 10^{-5}) hergestellt. Mit der DR-Methode und den entsprechenden Nährböden kann die Bakterienanzahl nun mit Hilfe des Inkubators (GENLAB, INC/160/CLAD/F/D, England) bei 35 °C für 48 Stunden festgestellt werden (Anon, 2001).

3.7. Anwendung von Oberflächendekontamination bei rohem Hühnerfleisch und Analyse von Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien

Die vorbereiteten Hühnerfleischstücke mit einer durchschnittlichen Oberflächen von 25cm² werden zusammen mit jeweils 200ml von 2% Essig- und Milchsäure, 3% Natriumacetat und Natriumlaktat, 12% TSP, 1% und 2.5% Wasserstoffperoxid, 200 ppm Natriumhypochlorid und 20 mM EDTA Lösungen 15 Minuten lang in einem sterilen Behälter vermischt. Die desinfizierenden Lösungen werden entfernt und die Proben homogenisiert, indem sie mit Peptonwasser in verschiedene Konzentrationen verdünnt (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} und 10^{-6}) werden. Zur Kontrolle wird destilliertes Wasser verwendet. Mit der DR-Methode und den entsprechenden Nährböden kann die Bakterienanzahl nun mit Hilfe des Inkubators (GENLAB, INC/160/CLAD/F/D, England) bei 35 °C für 48 Stunden festgestellt werden (Anon, 2001).

Für die Analyse der Colibakterien werden dieselben Methoden angewendet. Es wird hierfür nur die DR-Methode in Verbindung mit einem URBGA Nährboden verwendet. Die Bakterienanzahl kann nun mit Hilfe des Inkubators bei 35 °C für 48 Stunden festgestellt werden (Anon, 2001).

3.8. Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch und Kopfsalat mit Hilfe von saurem ionisiertem Wasser

Die Fleisch- und Salatproben, die wie in 3.5 beschrieben zubereitet wurden, verfärbten sich nach einem 10 minütigen Tauchbad in Super Oxidiertem Wasser (SOW) mit 200 ml 1% und 1.5% NaCl und 200 ppm Natriumhypochlorid Lösung. Anschließend werden Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien analysiert (Anon, 2001).

3.9. Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei mit Staphylococcus Aureus beimpftem Kopfsalat

Mit Staphylococcus aureus inokulierte Salatproben werden 15 Minuten lang mit 200ml (Verhältnis 1:20) 2% Essig- und Milchsäure, 200 ml 3% Natriumacetat und Natriumlaktat, 200 ml 12% TSP, 200 ml 5% Wasserstoffperoxid, 200 ppm Natriumhypochloride und 20 mM EDTA Lösungen vermischt. Nach Verfärbung findet die Inkubation bei 35°C in 48 Stunden statt. Hierbei wurden zur Zählung der Anzahl von Mikroorganismen mit Hilfe des Baird Parker Agar Nährbodens und der SR-

Methoden verschiedene Verdünnungen (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} und 10^{-5}) verwendet (Anon, 2001).

Rohes, mit *Staphylococcus aureus* infiziertes Hühnerfleisch wurde 15 Minuten lang mit einer 1:10 gemischten Lösung aus 2% Essig- und Milchsäure, 200 ppm Natriumhypochlorid, 12% TSP und 2.5% Wasserstoffperoxide behandelt. Nach Verfärbung findet die Inkubation bei 35°C in 48 Stunden statt. Hierbei wurden zur Zählung der Anzahl von Mikroorganismen mit Hilfe des Baird Parker Agar Nährbodens und der SR-Methoden verschiedene Verdünnungen (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} und 10^{-5}) verwendet (Anon, 2001).

3.10. Anwendungen zur Oberflächendekontamination bei mit Salmonellen beimpftem Kopfsalat

Die mit Salmonellen infizierten Salatproben wurden mit jeweils 200ml 2% Essig- und Milchsäure, 8% TSP, 5% Wasserstoffperoxid und 200 ppm Natriumhypochlorid Lösungen 15 Minuten lang behandelt. Nach Verfärbung findet die Inkubation bei 35°C in 24 Stunden statt. Hierbei wurden zur Zählung der Anzahl von Mikroorganismen mit Hilfe des Bismuth Sulphite Agar Nährbodens und der SR-Methode verschiedene Verdünnungen (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} und 10^{-5}) verwendet (Anon, 2001).

3.11. Untersuchung inhibitorischer Effekte von verschiedenen desinfizierenden Lösungen auf *Salmonella typhimurium* und *Staphylococcus Aureus* mit Hilfe der Agar-Diffusion-Methode

Um inhibitorische Effekte von Desinfektionsmitteln zu untersuchen, wird die Agar-Diffusionsmethode verwendet. Mit Hilfe des PCA Nährbodens und der DR Methode wird eine ungefähre Anzahl von 10^6 kob/ml an Mikroorganismen pro Petrischale gewährleistet. 1ml einer Mischung (1:1) aus *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 und 29213 und *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 wird eingeimpft. Nachdem der Nährboden durch Kühlung fest geworden ist, werden kreisförmige Abstiche des Agars mit einem Durchmesser von 6mm genommen, welche im Anschluss mit 0,05ml einer Lösung bestehend aus 200 ppm Natriumhypochlorid, 2% Essig- und Milchsäure, 8% und 12% TSP, 2.5% und 5% H_2O_2 , behandelt werden. Zur Kontrolle wird destilliertes Wasser verwendet. Um eine optimale Absorption zu gewährleisten, werden die Petrischalen bei 35°C, 24 Stunden lang ruhig gelagert. Eine

anschließende Evaluation der Ergebnisse wird vorgenommen, indem die neu entstandenen Durchmesser an den Proben gemessen werden.

3.12. Statistische Analyse

Alle Analysen verliefen parallel und wurden jeweils zweimal durchgeführt. Bei den Tests bezüglich Desinfektionsmittel und Anzahl von Mikroorganismen wurden Mittelwerte unter Berücksichtigung von Standardabweichungen berücksichtigt. Die Signifikanz beträgt hierbei ($p < 0,05$). Für die Ermittlung von Mittelwerten wurde die weitere Duncan's multiple Vergleichsmethode verwendet.

4. Forschungsergebnisse und Diskussion

4.1. Konzentrationswerte von freiem Chlor, pH- und ORP-Werte verschiedener Desinfektionsmittel

pH-Werte von Desinfektionsmitteln und ORP-Werte von bestimmten Lösungen sowie die Konzentrationswerte von freiem Chlor sind in Tabelle 4.1. dargestellt.

Tabelle 4.1. Konzentrationswerte^a von freiem Chlor, pH- und ORP-Werte verschiedener Desinfektionsmittel

Desinfektionsmittel	pH-Wert	ORP-Wert (mV)	Freies Chlor
Kontrolle (Wasser)	5.8 ± 0.04	455 ± 3	0
Essigsäure 1%	2.7 ± 0.01	Keine Messung	-
Essigsäure 2%	2.6 ± 0.01	-	-
Milchsäure 2%	2.1 ± 0.01	-	-
Natriumacetat 1%	7.5 ± 0.04	-	-
Natriumacetat 3%	8.5 ± 0.05	-	-
Natriumlaktat 3%	6.4 ± 0.02	-	-
EDTA 20 mM	2.9 ± 0.14	-	-
TSP 12%	12.9 ± 0.07	-	-
TSP 8%	12.1 ± 0.09	-	-
H ₂ O ₂ 1%	5.5 ± 0.04	-	-
H ₂ O ₂ 2.5%	4.0 ± 0.02	-	-
H ₂ O ₂ 5%	3.7 ± 0.02	-	-
Natriumhypochlorid	8.8 ± 0.06	-	200 ± 25

Saures ionisiertes Wasser (A)	3.0 ± 0.02	1099 ± 3	20 ± 5
Saures ionisiertes Wasser (B)	2.7 ± 0.04	1100 ± 3	30 ± 5

- (a): Bei allen Werten wurden die entsprechenden Standardabweichungen berücksichtigt
- (B): Nicht gemessen.
- (A): Super Oxidiertes Wasser, hergestellt aus 1% NaCl Lösung (freie Chlor Konzentration 30ppm)

4.2. Aerobic Mesophilic bakterienkultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

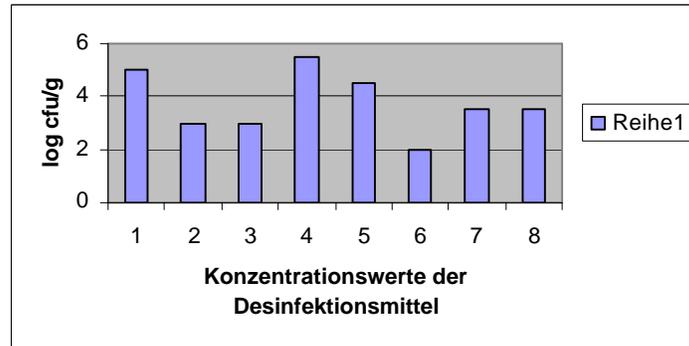
Nach 15 minütiger Behandlung der Salatprobe (anfängliche mikrobielle Belastung: 5.21% log₁₀ kob/g) konnte eine Reduzierung der Bakterienanzahl festgestellt werden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 4.2.1. zusammengestellt. Der Anova Test ergab eine statistische Signifikanz von (p<0,05) bei der Bewertung antimikrobieller Effekte. Im Endergebnis hatte 5% H₂O₂ Lösung die stärkste Wirkung, gefolgt von 1% Essigsäure, 12% TSP, 40% Apfelessig, 40% Weinessig, 200 ppm Natriumhypochlorid und 1% Natriumacetat Lösung.

Tabelle 4.2.1. Aerobic Mesophilic bakterienkultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Desinfektionsmittel	Bakterienanzahl ⁱ nach Dekontamination	Reduktion in der Bakterienanzahl ⁱ (log)
Kontrolle (Wasser)	4.81 ^a ± 0.11	0,4
TSP 12%	2.78 ^{cd} ± 0.11	2,42
Essigsäure 1%	2.76 ^{cd} ± 0.19	2,44
Natriumacetat 1%	5.12 ^a ± 0.12	0,08
Natriumhypochloride (200 ppm)	4.07 ^b ± 0.01	1,14
Wasserstoffperoxid 5%	2.37 ^d ± 0.28	2,84
Apfelessig 40%	3.21 ^c ± 0.1	2,00
Weinessig 40%	3.32 ^c ± 0.35	1,88

i: Mittelwert der Standardabweichung

a-d: ($p < 0.05$ Signifikanz)



Grafik 4.2.1. Die Anzahl an Mesophilic aerobic bacteria wurde drastisch reduziert durch: 1. Kontrolle (destilliertes Wasser), 2. Trisodiumphosphat (12%), 3. Essigsäure (1%), 4. Natriumacetat (1%), 5: Natriumhypochlorid (200 ppm), 6. Wasserstoffperoxid (5%), 7. Apfelessig (40%) und 8. Weinessig (40%).

In dieser Studie wurde bewiesen dass eine Natriumhypochlorid Lösung mit 200ppm freiem Chlor und 5% H_2O_2 einen antimikrobiellen Effekt von 1,14 und 2,84 log. Hierbei können Parallelen zur Analyse von Cherry (1999) gezogen werden, welcher für dieselben Desinfektionslösungen Werte von 1-2 und 3 log ermittelte. In einer weiteren Studie über die Wirkung von Chlor von Li und Anderen (2001) wurde eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria Population um 1,73-1,96 log durch den Einsatz von 50°C warmem Wasser mit 20ppm freiem Chlor ermittelt. Bei der Lebensmittelsicherheit spielen die antimikrobiellen Reduktionspotentiale eine wichtige Rolle. Beuchat (1999) stellte fest, dass chlorhaltiges Wasser die Bakterienkulturen in frischem Obst und Gemüse 10-100fach reduziert werden können, weshalb diese Desinfektionsmethode als HACCP-Anwendung gilt.

Wasserstoffperoxid wird ebenfalls zur Oberflächendekontamination von frischem Obst und Gemüse verwendet. In einer Studie von Sapers und Simons (1998) wurde eine Reduktion der Pseudomonas um 90% beobachtet, nachdem der Wirtspilz mit 5% Wasserstoffperoxid Lösung gewaschen worden war. In diesem Experiment konnte bei Raumtemperatur eine Verfärbung der Salatprobe nach der Behandlung mit 5% H_2O_2 beobachtet werden. Parallel hierzu wurde in einer Studie von McWatters und Anderen (2002) festgestellt, dass keine negative Veränderung der

sensoriellen Eigenschaften der Salatprobe eintritt, nachdem der Salat mit einem 2% H₂O₂ Tauchbad bei 50°C behandelt wurde.

Bei der Verwendung von 12% TSP Lösung kann eine aktive Reduktion um 2,42 log beobachtet werden. Zusätzlich wurde festgestellt, dass eine dunkle Verfärbung sowie eine weichere Struktur erzielt wurden. Einige Studien belegen, dass 1-10% TSP-Lösung ein effizientes Mittel zur Oberflächendekontamination darstellt (Cherry, 1999). Folglich sind TSP-Lösungen unter 12% sinnvoll zur Oberflächendekontamination.

In einer Studie von Leitao und Anderen (1981) wurde festgestellt, dass eine 98% Reduktion in der Mesophilic aerobic bacteria Population durch Oberflächendesinfektion mit Essig mit 2% Essigsäureanteil erreicht werden kann. In unserer Studie wurde eine 97-99% Reduktion durch die Anwendung von 40% Apfel- und Weinessig mit 4-5% Essigsäure festgestellt.

Als Folge der Dekontamination mit Essigsäure, konnte eine aktive Reduktion um 2,42 log festgestellt. Folglich ist dieses das zweitstärkste Desinfektionsmittel nach 5% H₂O₂ Lösung.

4.3. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Hühnerfleisch

Eine 15 minütige Oberflächendkontamination wird bei rohem Hühnerfleisch (anfängliche Mesophilic aerobic bacteria Konzentration: 9.43 log₁₀ kob/g; anfängliche Colibakterienkonzentration: 9.12 log₁₀ kob/g) angewandt. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Tabelle 4.3.1. und Grafik 4.3.1. veranschaulicht. Der Anova Test ermittelte hierbei eine statistische Signifikanz von (p<0.05).

Die stärkste Wirkung auf Mesophilic aerobic bacteria hatte eine Lösung bestehend aus 1% und 2,5% H₂O₂ und 2% Milchsäure, gefolgt von 2% Essigsäure, 12% TSP, 200 ppm Natriumhypochlorid, 20 mM EDTA, 3% Natriumacetat und Natriumlaktat.

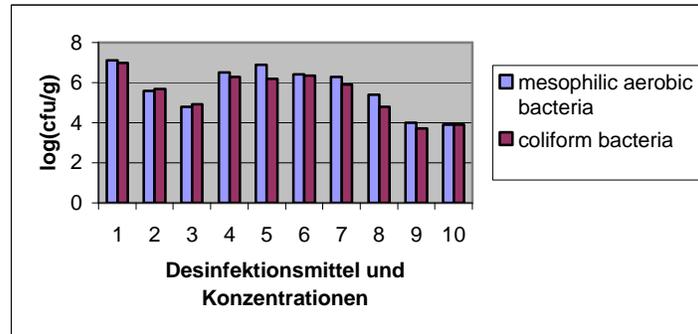
Die stärkste Wirkung auf Colibakterien hatte eine Lösung bestehend aus 2,5% H₂O₂ , gefolgt von 1% H₂O₂ , 2% Milchsäure, 12% TSP, 2% Essigsäure, 200 ppm Natriumhypochlorid, 3% Natriumacetat und Natriumlaktat und 20 mM EDTA.

Tabelle 4.3.1. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Hühnerfleisch

Desinfektionsmittel	Mesophilic bacteria Konzentration ⁱ nach Anwendung	Colibakterien Konzentration ⁱ nach Anwendung	Reduktion in mesophilic bacteria Konzentration (log)	Reduktion in Colibakterien Konzentration (log)
Kontrolle (Wasser)	7.14 ^a ± 0.04	7.11 ^a ± 0.04	2.28	2.00
Essigsäure 2%	5.61 ^{bc} ± 0.38	5.90 ^{abcde} ± 0.30	3.77	3.21
Milchsäure 2%	4.93 ^c ± 0.32	5.03 ^{cde} ± 0.78	4.49	4.08
Natriumacetat 3%	6.74 ^{ab} ± 0.01	6.44 ^{abc} ± 0.02	2.68	2.67
Natriumlaktat 3%	6.99 ^{ab} ± 0.04	6.46 ^{abc} ± 0.25	2.43	2.65
EDTA 20 mM	6.73 ^{ab} ± 0.34	6.63 ^{ab} ± 0.13	2.69	2.48
Natrium hypochlorid (200 ppm)	6.55 ^{ab} ± 0.21	6.22 ^{abcd} ± 0.24	2.87	2.89
TSP 12%	6.01 ^{abc} ± 0.44	5.35 ^{bcde} ± 0.65	3.42	3.76
H ₂ O ₂ 1%	5.04 ^c ± 0.04	4.85 ^{de} ± 0.20	4.38	4.26
H ₂ O ₂ 2.5%	4.86 ^c ± 0.02	4.50 ^e ± 0.05	4.56	4.61

i: Mittelwert der Standardabweichung bei verschiedenen Wiederholungen

a-d: statistische Signifikanz (p<0,05)



Grafik4.3.1. Konzentrationswerte von Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien und deren Reduktionspotential: 1. Kontrolle (destilliertes Wasser), 2. Essigsäure (2%), 3. Milchsäure (2%), 4. Natriumacetat (3%), 5. Natriumlaktat (3%), 6. EDTA (20 mM), 7. Natriumhypochlorid (200 ppm), 8. Trisodiumphosphat (12%), 9. Wasserstoffperoxide (2.5%) und 10. Wasserstoffperoxide (1%).

In dieser Studie resultierte die Verwendung von Natriumhypochlorid mit 200ppm freiem Chlor in einer Reduktion bei Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien um 2,87 und 2,89 log. Kenney und Andere (1995) besprühten Kuhknochen mit Wasser, dass 200ppm freies Chlor enthielt. Heirdurch wurde eine Reduktion von Mesophilic aerobic bacteria um 0,4 log beobachtet. Bei Anwendung auf Hühnerfleisch ist der antimikrobielle Effekt grösser. Beuchat und Andere (1998) stellten fest dass die Tauchbadmethode und die Sprühmethode als gleichwertig anzusehen sind.

Für die Dekontamination von Hühnerknochen kann Chlor, organische Säure, Bakteriosine, Wasserstoffperoxid, Ozon, Wasser, Hochdruck und UV-Bestrahlung verwendet werden. In jedem Fall werden einige Methoden vorgezogen, da manche Substanzen einen beschränkten Wirkradius haben und skeptisch von Konsumenten betrachtet werden. In diesen Studien wurde belegt, dass Trisodiumphosphat nicht die sensorischen Eigenschaften Hühnerfleisch beeinträchtigt (Capita und Andere, 2002). In diesem Kontext ist auch die Anwendung von 1-2,5% Milch- und Essigsäure sinnvoll (Marel und Andere, 1989).

In einer Studie von Kenny und Anderen (1995) wurde festgestellt, dass ein Tauchbad in 3% Milchsäure eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria von 1,8 log auf Rinderfleisch erreicht wird.

In einer weiteren Studie von Warren und Anderen (1997) konnte eine Reduktion um 1,3-2 log festgestellt werden, nachdem Rinderfleisch mit 1,5% und 3% Milchsäure bzw. mit Essigsäure und 12% TSP besprüht wurde.

In einer anderen Studie über die Oberflächendekontamination von Rinderfleisch wurde eine Reduktion um 1 log, 1 log und 0,7 log durch die Verwendung von 2% Milch- und Essigsäure und 12% TSP Lösung bei 50 °C für 10 Sekunden erreicht. Derselbe Versuch ergab bei Colibakterien eine Reduktion um 0.5 log, 0.5 and 0.3 log (Elmore und Andere, 2000).

Kim und Andere (1998) haben Hühnerrümpfe 10 Minuten lang in einem Tauchbad bestehend aus 1,5 Essigsäure Lösung behandelt und eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria Population um 1,1 log erzielt. Eine 10 minütige Behandlung durch 2% Essig- und Milchsäure und 12% TSP Lösung konnte eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria um 3,77 log, 4,49 log und 3,42 log und eine Reduktion der Colibakterien um 3,21 log, 4,08 log und 3,76 log erzielen. Wie verschiedene Experimente von Delmore und Anderen (2000) und Kim und Anderen (1998) zeigen, ist die Einwirkzeit von entscheidender Bedeutung.

In einer Studie von Hathcox und Anderen (1995) wurde Hühnerfleisch erst mit einer Lösung bestehend aus 12% TSP und 0,5% Milchsäure bzw. 0,5% Benzoenatrium behandelt und anschließend frittiert und Testpersonen zum Verzehr gegeben. Hierbei wurden keinerlei negative Effekte auf die organischen Charakteritiken des Produktes festgestellt.

Ähnlich wie bei der oben beschriebenen Studie wurden auch bei unseren Studien keine negativen visuellen Effekte beobachtet. In jedem Fall ist eine signifikante antimikrobielle Wirkung festzustellen, nachdem das Hühnerfleisch 15 Minuten lang in 5% H₂O₂ Lösung bzw. in 1% und 2,5% Wasserstoffperoxid gebadet wurde. Die mikrobielle Konzentration der Mesophilic aerobic bacteria wurde um 4,38 log und

4,56 log und die Konzentration der Colibakterien um 4,26 log und 4,61 log reduziert, ohne das Gewebe zu schädigen.

4.4. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Kopfsalat mit Hilfe von SOW

Die Wirkung von Oberflächendekontamination bei Kopfsalat auf Mesophilic aerobic bacteria (anfängliche Konzentration: 7.66 log₁₀ kob/g) und Colibakterien (anfängliche Konzentration: 7.40 log₁₀ kob/g) wird in Tabelle 4.4.1. und Grafik 4.4.1. dargestellt. Der Anova Test ermittelte hierbei eine statistische Signifikanz von (p<0,05).

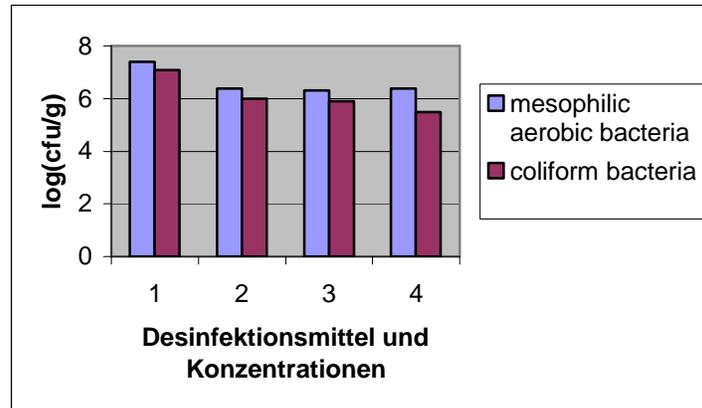
In diesem Experiment werden SOW (Super Oxidiertes Wasser mit einer freien Chlorkonzentration von 200ppm) mit 1% NaCl und 1,5% NaCl (freie Chlorkonzentration von 30ppm) mit Natriumhypochlorid Lösung mit 200ppm freiem Chlor verglichen. Hierbei konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den antimikrobiellen Effekten der verschiedenen Substanzen festgestellt werden. Bezüglich der antimikrobiellen Wirkung auf Colibakterien erzielte SOW mit 30ppm freiem Chlor das beste Ergebnis, gefolgt von Natriumhypochlorid Lösung und SOW mit 20ppm freiem Chlor.

Tabelle 4.4.1. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von Kopfsalat mit Hilfe von SOW

Desinfektionsmittel	Mesophilic bacteria Konzentration nach Anwendung	Colibakterien Konzentration nach Anwendung	Verringerung in mesophilic bacteria Konzentration (log)	Verringerung in Colibakterien Konzentration (log)
Kontrolle (Wasser)	7.42 ^a ± 0.01	7.32 ^a ± 0.01	0.24	0.07
SOW mit 1% NaCl (20 ppm)	6.45 ^b ± 0.04	6.10 ^b ± 0.02	1.21	1.29
SOW mit 1.5 % NaCl (30 ppm)	6.36 ^b ± 0.02	5.80 ^d ± 0.02	1.30	1.59
Natriumhypochlorid (200 ppm)	6.44 ^b ± 0.01	5.97 ^c ± 0.03	1.22	1.42

i: Mittelwert der Standardabweichung bei verschiedenen Wiederholungen

a-d: statistische Signifikanz ($p < 0,05$)



Grafik 4.4.1. Konzentrationswerte von Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien und deren Reduktionspotential: 1. Kontrolle (destilliertes Wasser), 2. SOW mit 1% NaCl, 3. AEW mit 2,5% NaCl, 4. 200ppm Natriumhypochlorid.

In einer Studie von Jung und Anderen (1996) wurde festgestellt, dass ein 20-40 minütiges Tauchbad in SOW eine 90% Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria und eine 2% Reduktion der Colibakterien verursachte. Dies zeigt Parallelen zu unserem Experiment. Hier erzielte SOW mit 20ppm freiem Chlor eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria und der Colibakterien um 95%, während SOW mit 30ppm freiem Chlor eine Reduktion von 96% bewirkte.

Im Rahmen einer anderen Studie in diesem Kontext wurde eine 10 minütige Oberflächendekontamination bei Kopfsalat mit Hilfe von SOW (pH 2,5, ORP 1140mV und 40ppm freies Chlor) vorgenommen. Es konnte eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria und der Colibakterien um 1,7 log und 1,6 log beobachtet werden (Koseki und Itoh, 2001a). In unseren Studien wurden ähnliche Werte ermittelt. SOW mit 20ppm und 30ppm freiem Chlor erreichte eine Reduktion um 1,21 log und 1,30 log bei Mesophilic aerobic bacteria und eine Reduktion um 1,29 log und 1,42 log bei Colibakterien.

In einer Studie von Izumi (1999) wurde frisches Gemüse (Karotten, Spinat, Paprika, Radieschen, Kartoffeln und Gurken) 4 Minuten lang mit SOW (2,5% NaCl Lösung, pH 6,8, 20ppm freies Chlor) behandelt. Die mikrobielle Belastung wurde um 0,6-2,6 log reduziert.

In einer weiteren Studie wird Ozonwasser mit einer SOW Konzentration (pH:2,6, ORP:1140 mV, 30ppm freies Chlor) von 5ppm und einer freien Chlor Konzentration von 150ppm in Verbindung NaCl Lösung zur Oberflächendekontamination verwendet. Im Endergebnis wurde festgestellt, dass SOW und NaCl Lösung ähnliche antimikrobielle Wirkungen aufwiesen, während das Ozonwasser eine Reduktion um 2 log bewirkte (Koseki und Andere, 2001).

In einer Studie von Huang und Anderen (1998) wurden Salatproben 10 Minuten lang in SOW (pH 2.7; ORP 1100 mV; 35ppm freies Chlor) gebadet, was eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria um 98% bewirkte. SOW mit 20 und 30ppm hingegen erzielte eine Reduktion um 95%. Auch hier sind deutliche Parallelen zu den anderen Versuchen zu erkennen.

In einer Untersuchung bezüglich der Wirkung von SOW auf die Qualität von Lebensmitteln wurden mögliche negative Effekte von SOW, NaCl Lösung mit 150ppm freiem Chlor und Kranwasser miteinander verglichen. Die Untersuchung ergab, dass alle 3 Substanzen keinerlei negative Wirkung auf die Lebensmittelqualität der untersuchten Gemüse (Kohl, Kopfsalat, Gurke, Karotte) hatten (Koseki und Itoh, 2001b). Unsere Untersuchungen hingegen ergaben, dass SOW das mildeste Desinfektionsmittel ist.

4.5. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch mit Hilfe von SOW

Die antimikrobielle Wirkung von Oberflächendekontamination bei Hühnerfleisch (anfängliche antimikrobielle Konzentration: 8.90 log₁₀ kob/g) auf Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien ist in Tabelle 4.5.1. und Grafik 4.5.1. zusammengefasst. Der Anova Test ergab hierbei eine statistische Signifikanz von (p<0,05).

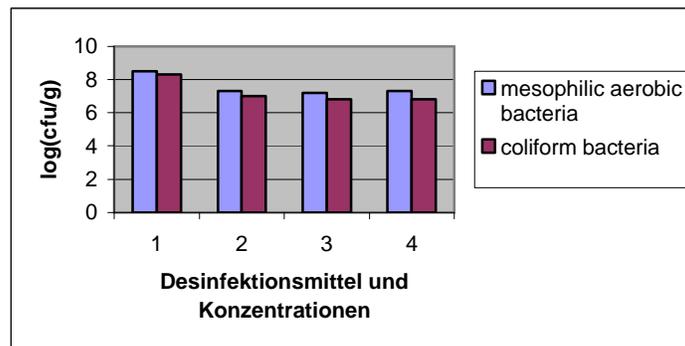
In diesem Experiment werden SOW (20ppm freies Chlor, 1% NaCl), SOW (30ppm freies Chlor, 1,5% NaCl) und Natriumhypochlorid (200ppm freies Chlor) miteinander verglichen. SOW mit 30ppm freiem Chlor ist am wirksamsten, gefolgt von Natriumhypochlorid und SOW mit 20ppm freiem Chlor.

Tabelle 4.5.1. Aerobic Mesophilic und Colibakterienkulturen und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächenkontamination von rohem Hühnerfleisch mit Hilfe von SOW

Desinfektionsmittel	Mesophilic bacteria Konzentration nach Anwendung (log cfu/g)	Colibakterien Konzentration nach Anwendung (log cfu/g)	Verringerung in mesophilic bacteria Konzentration (log)	Verringerung in Colibakterien Konzentration (log)
Kontrolle (Wasser)	8.59 ^a ± 002	8.36 ^a ± 0.04	0.31	0.14
SOW mit 1% NaCl (20 ppm)	7.66 ^b ± 004	7.21 ^b ± 0.01	1.24	1.29
SOW mit 1.5% NaCl (30 ppm)	7.37 ^c ± 002	7.05 ^c ± 0.01	1.53	1.45
Natriumhypochlorid (200 ppm)	7.60 ^b ± 005	7.18 ^b ± 0.01	1.30	1.32

i: Mittelwert der Standardabweichung von verschiedenen Wiederholungen

a-d: Statistische Signifikanz (p<0,05)



Grafik 4.5.1. Konzentrations- und Reduktionswerte von Mesophilic aerobic bacteria und Colibakterien nach Behandlung mit SOW: 1. Kontrolle (destilliertes Wasser), 2. SOW mit 1% NaCl, 3. SOW mit 2,5% NaCl, 4. 200ppm Natriumhypochlorid.

Es gibt nur wenige Studien zur Anwendung von SOW bei rohem Hühnerfleisch. In einer Studie von Parker (2002) wurde *Campylobacter jejuni* in eine Probe eingepflegt, welche im Anschluss mit SOW (50ppm freies Chlor) behandelt wurde. Destilliertes Wasser wurde zur Kontrolle verwendet. Im Ergebnis reduzierte das SOW deutlich die mikrobielle Konzentration. Des Weiteren wurde festgestellt, dass SOW ein mildes Desinfektionsmittel ist, welches perfekt für diesen Zweck geeignet ist (Parker und Andere, 2002b). In unserer Studie wurde festgestellt, dass SOW mit 20ppm und 30ppm eine Reduktion der Mesophilic aerobic bacteria um 1,24 und 1,53 log und eine Reduktion der Colibakterien um 1,29 und 1,45 log bewirkte.

4.6. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

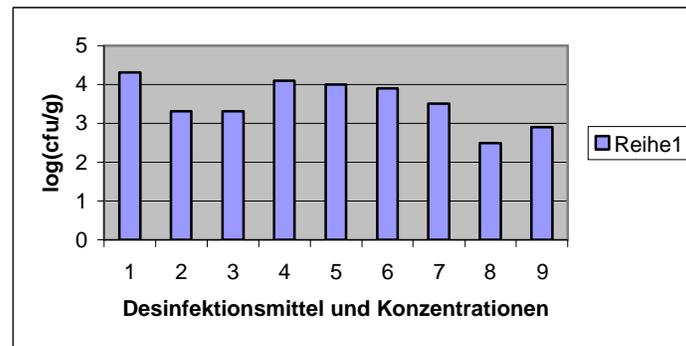
Die Reduktionswerte von *Staphylococcus aureus* (anfängliche mikrobielle Konzentration: 4.81 log kob/g), nach 15 minütiger Oberflächendekontamination bei Kopfsalat, sind in Tabelle 4.6.1. und Grafik 4.6.1. dargestellt. Der Anova Test ergab hierbei eine statistische Signifikanz von ($p < 0,05$). Am effektivsten ist 12% TSP, gefolgt von 5% H_2O_2 , 2% Milch- und Essigsäure, 200ppm Natriumhypochlorid Lösung, 20mM EDTA und 3% Natriumlaktat und -acetat.

Tabelle 4.6.1. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Desinfektionsmittel	Bakterienkonzentration nach Anwendung (log cfu/g)	Verringerung der mikrobiellen Konzentration (log)
Kontrolle (Wasser)	4,32 ^a ± 0,02	0,48
Essigsäure 2%	3,29 ^c ± 0,27	1,51
Milchsäure 2%	3,27 ^c ± 0,02	1,53
Natriumacetat 3%	4,31 ^a ± 0,07	0,49
Natriumlactat 3%	4,16 ^a ± 0,02	0,64
EDTA 20 mM	4,02 ^{ab} ± 0,11	0,78
Natriumhypochlorid	3,52 ^{bc} ± 0,03	1,28
TSP 12%	2,68 ^d ± 0,21	2,12
H_2O_2 5%	3,01 ^{cd} ± 0,31	1,79

i: Mittelwert der Standardabweichung bei verschiedenen Wiederholungen

a-d: statistische Signifikanz ($p < 0,05$)



Grafik 4.6.1. Die mikrobielle Konzentration von *Staphylococcus aureus* nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat mit: 1. Kontrolle (destilliertes Wasser), 2. Essigsäure 2%, 3. Milchsäure 2%, 4. Natriumacetat 3%, 5. Natriumlaktat 3%, 6. EDTA (20mM), 7. Natriumhypochlorid (200ppm), 8. TSP 12%, 9. H₂O₂ 5%.

In der Fachliteratur gibt es etliche Studien über inhibitive Effekte von Desinfektionsmitteln auf mikrobielle Erreger in frischem Gemüse. In einer Studie von Bracket (1992) wurde *Listeria monocytogenes* in Rosenkohl eingepflanzt und anschließend mit 200 ppm Chlorklösung behandelt, was zu einer Reduktion der mikrobiellen Belastung um 2,5 log führte. Derselbe Versuch mit Salat als Wirt und einem desinfizierenden Tauchbad mit 200ppm freiem Chlor, welches 10 Minuten lang bei 4°C und 22°C angewandt wurde hatte eine Reduktion um 1,3 und 1,7 log zur Folge. 1% Milch- und Essigsäure bewirkten hingegen lediglich eine Reduktion um 0,5 und 0,2 log (Zhang und Farber, 1996). Gemäß Ohsone und Andere (1999) reduzieren Milch- und Essigsäure die Bakterienanzahl auf mit *Staphylococcus aureus* infiziertem Kohl um 1 log. Unsere Studie ergab, dass eine Oberflächendekontamination mit 2% Milch- und Essigsäure und Natriumhypochlorid Lösung mit 200ppm freiem Chlor eine Reduktion um 1,51 log, 1,53 log und 1,28 log bewirkte.

In einer weiteren Studie wurde eine Sprühapplikation anstatt eines Tauchbades angewendet und hinsichtlich der antimikrobiellen Wirkung untersucht. Hierzu wurden Äpfel, Tomaten und Kopfsalat mit *Salmonellen*, *Escherichia coli* 0157:H7 und *Listeria monocytogenes* infiziert. Nachdem die Wirtsobjekte 1,3,5 und 10 Minuten lang mit

200-2000ppm freier Chlorklösung und anschließend in einem Tauchbad mit sterilem Wasser getaucht wurden, konnte eine mikrobielle Reduktion von 0,35 log und 2,30 log festgestellt. Abgesehen davon ist Chlor in der Lage, Mesophilic aerobic bacteria und Schimmel abzutöten. Gemäß Beuchat und Andere (1998) sind Tauchbäder und Sprühapplikationen gleichwertig. Die Anwendung beider Applikationen mit Natriumhypochlorid (200ppm freies Chlor) ergab eine Reduktion von Staphylococcus aureus um 1,28 log.

In einer anderen Studie wurde eine mit Salmonellen infizierte Paprika mit 3%-12% TSP-Lösung behandelt was in einer 10-100fachen (1-2 log) Reduktion der Bakterienanzahl resultierte (Liao and Cooke, 2001). Ähnlich wurde auch in unserem Experiment 2,12 log Reduktion mit 12% TSP Lösung erreicht.

4.7. Salmonella typhimurium Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

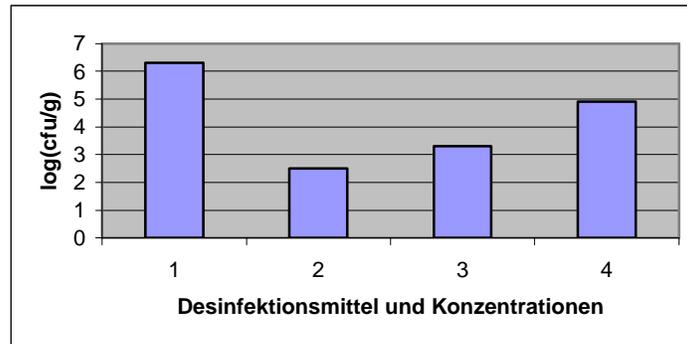
Nach 15 minütiger Dekontamination von Kopfsalat (anfängliche Konzentration an Salmonella typhimurium: 7,06 log kob/g) mit Hilfe von 2% Milchsäure und 8% TSP Lösung wurde eine vollständige Inhibition des Wachstums erreicht. Die Reduktionswerte der verschiedenen Desinfektionsmittel sind in Tabelle 4.7.1 und Grafik 4.7.1 dargestellt. Der Anova Test ergab eine statistische Signifikanz von ($p < 0,05$) bei der Bewertung der verschiedenen Faktoren.

Tabelle 4.7.1. Salmonella typhimurium Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von Kopfsalat

Desinfektionsmittel	Mikrobielle Konzentration nach Anwendung (log cfu/g)	Reduktion der mikrobiellen Erreger (log)
Kontrolle (Wasser)	6,34 ^a ± 0,01	0,72
Essigsäure 2 %	2,78 ^d ± 0,17	4,28
H ₂ O ₂ 5%	3,71 ^c ± 0,01	3,35
Natriumhypochlorid (200 ppm)	5,10 ^b ± 0,01	1,96

i: Mittelwert der Standardabweichung bei verschiedenen Wiederholungen

a-d: statistische Signifikanz ($p < 0,05$)



Grafik 4.7.1. Konzentrationswerte von *Salmonella typhimurium* in Kopfsalat nach Oberflächendekontamination: 1. Kontrolle (Wasser), 2. Essigsäure 2%, 3. H₂O₂ 5%, 4. Natriumhypochlorid (200ppm)

In einer Studie von Beuchat und Anderen (1998) wurden Wirtskörper mit 200-2000ppm freier Chlorklösung besprüht und anschließend für 1,3,5 und 10 Minuten in einem Tauchbad mit sterilem Wasser behandelt, was zu einer Reduktion um 0,35 und 2,30 log führte.

In unserer Studie konnte eine Reduktion um 1,96 log in der *Salmonella typhimurium* Population durch Applikation von 200ppm Natriumhypochlorid Lösung erreicht werden. In einer Studie von Bracket (1992) konnte mit Hilfe von 200ppm Chlorklösung eine Reduktion um 2,5 log erzielt werden. In einer anderen Studie von Zhang und Farber (1996) konnte eine Reduktion der *Listeria monocytogenes* um 1,7 log mit Hilfe eines 10 minütigen Tauchbades in 200ppm Chlorklösung beobachtet werden.

In einer Studie von Liao und Cooke (2001) wurde eine mit *Salmonella* Sap. Infizierte Paprika mit 3%-12% TSP Lösung behandelt, was zu einer Reduktion um 1-2log führte. Die Anwendung von 12% TSP Lösung hingegen verursachte eine vollständige Inhibition der Mikroorganismen.

In einer Studie von Lin und Anderen (2002) wurde ein mit *Eshericia coli* 0157:H7, *Salmonella enterica*, serotyp Enteritis und *Listeria monocytogenes* infizierter Kopfsalat bei 50°C für 60-90 Sekunden lang mit 2% H₂O₂ Lösung besprüht. Hierbei

wurde eine Reduktion um 4 log bei Escherichia coli 0157:H7 und Salmonella enterica serotype Enteritidis und eine Reduktion um 3 log bei Listeria monocytogenes erreicht. In unserer Studie erreichte eine 15 minütige Applikation von 5% H₂O₂ eine Reduktion um 3,35 log.

In einem weiteren Experiment wurde Kopfsalat mit Yersinia enterocolitica Typen [Yersinia enterocolitica W1024 O:9 (Typ A) und Yersinia enterocolitica B1 O:5 Lis Xz (Typ B)] infiziert. Eine 10 minütige Behandlung mit 0,5% Essigsäure Lösung bewirkt eine Reduktion des Typ A um 3,15 log und eine Reduktion des Typ B um 2,33 log. Nach 15 minütiger Behandlung mit 2% Milchsäure findet eine Reduktion um 4,28 log und eine vollständige Inhibition der Salmonella typhimurium statt.

4.8. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch

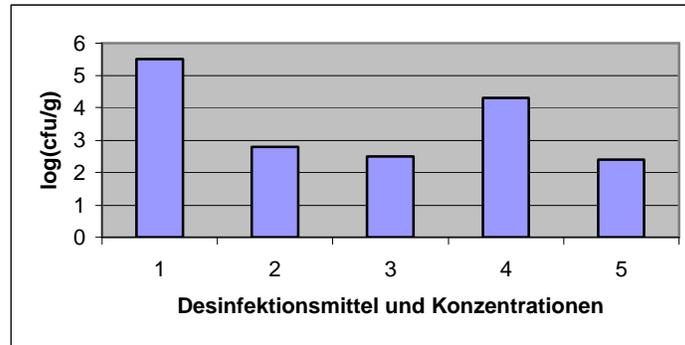
Eine 15 minütige Behandlung von rohem Hühnerfleisch (anfängliche Staphylococcus aureus Konzentration: 5.74 log kob/g) mit 2.5% H₂O₂ Lösung ergab eine vollständige Inhibition. Die Reduktionswerte verschiedener Desinfektionsmittel sind in Tabelle 4.8.1 und Grafik 4.8.1. dargestellt. Der Anova Test ergab hierbei eine statistische Signifikanz von (p<0,05).

Tabelle 4.8.1. Staphylococcus Aureus Kultur und deren abnehmende Konzentration nach Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch

Desinfektionsmittel	Mikrobielle Konzentration nach Anwendung (log cfu/g)	Verringerung in mikrobieller Konzentration (log)
Kontrolle (Wasser)	5,60 ^a ± 0,01	0,14
Essigsäure 2%	2,93 ^c ± 0,02	2,81
Milchsäure 2%	2,58 ^d ± 0,11	3,16
Natriumhypochlorid (200 ppm)	4,46 ^b ± 0,03	1,28
TSP 12%	2,54 ^d ± 0,01	3,2

i: Mittelwert der Standardabweichung bei verschiedenen Wiederholungen

a-d: statistische Signifikanz (p<0,05)



Grafik 4.8.1. Mikrobielle Konzentration des *Staphylococcus aureus* in Hühnerfleisch nach Oberflächendekontamination durch: 1. Kontrolle (Wasser), 2. Essigsäure 2%, 3. Milchsäure 2%, 4. Natriumhypochlorid 200ppm, 5. TSP 12%.

In einer Studie wurde mit *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli* 0157:H7 und *Listeria monocytogenes* infiziertes rohes Fleisch 3 Minuten lang mit 8-12% TSP Lösung desinfiziert, was zu einer mikrobiellen Reduktion um 1-1,5 log in fettarmem Gewebe und um 2-2,5 log in fettem Gewebe führte (Dickson und And., 1994). In einer Studie von Ramirez und Anderen (2001) führte eine Sprüh-Behandlung von mit *Escherichia coli* infiziertem Fleisch mit 12% TSP Lösung zu einer Reduktion um 1,8 log. In einer Studie von Xiong und Anderen (1998) wurde mit *Salmonella typhimurium* infiziertes Hühnerfleisch 30 Sekunden lang mit 5-10% TSP Lösung besprüht was zu einer Reduktion um 2,1-2,2 log führte.

In einer weiteren Studie wurde mit *Listeria monocytogenes* infiziertes Hühnerfleisch 15 Minuten lang mit 8-10% und 12% TSP behandelt, was zu einer Reduktion um 1,12 und 3,34 log führte (Capita und And., 2002). Eine Studie von Lillard (1994), bei der mit *Salmonella typhimurium* infiziertes Hühnerfleisch 10 Minuten lang mit 10% TSP Lösung wurde, ergab eine Reduktion um 2 log. Eine 15 minütige Einwirkzeit in Verbindung mit 12% TSP Lösung ergab bereits eine Reduktion um 3,2 log. Hierbei sind abermals deutliche Parallelen zu den anderen Studien zu erkennen.

In einer Studie von Morrison und Fleet (1985) wurde mit Salmonellen infiziertes Hühnerfleisch mit 200ppm Chlorklösung behandelt, was zu einer Reduktion um 3 log bewirkte. 200ppm Natriumhypochlorid Lösung verursachte eine Reduktion um 1,28 log.

In einem Experiment von Ransom und Anderen (2003) wurde mit *Escherichia coli* 0157:H7 infiziertes Hühnerfleisch 30 Sekunden lang in 2% Milchsäure getaucht, was zu einer Reduktion um 3,3 log führte. Der gleiche Versuch erzielte durch Sprühanwendung des Desinfektionsmittels eine Reduktion um 1,6 log. In einer Studie von Xiong und Anderen (1998) wurde mit *Salmonella typhimurium* infiziertes Hühnerfleisch mit 1-2% Milchsäure besprüht, was in einer Reduktion um 2,2 log resultierte. Mit *Campylobacter jejuni* infizierte Hühnerrümpfe wurde mit 10% Milchsäurepuffer (3%) desinfiziert was zu einer Reduktion um 1 log führte (Thys und And., 1994). In einer Studie von Zeitun und Anderen (1994) wurde rohes, mit *Enterobacteriaceae* infiziertes Hühnerfleisch mit 10% Milchsäurepuffer (pH3) behandelt was zu einer Reduktion um 1 log führte. Unsere Studie belegt, dass 2% Milchsäurelösung (pH 2,1) die *Staphylococcus aureus* Population um 3,16 log verringert.

In einer Studie von Eggenberger-Solorzano und Anderen (2002) wurde mit *Escherichia coli* infiziertes Schweinefleisch mit 1,8% Essigsäurelösung besprüht, was zu einer Reduktion um 2 log führte. Mit *Escherichia coli* 0157:H7 infiziertes Rindfleisch wurde 30 Sekunden lang in 2% Essigsäure getaucht, was zu einer Reduktion um 1,6 log führte (Ransom und And., 2003). In einer weiteren Studie von Graves Delmore und Anderen (1998) wurde mit *Escherichia coli* infiziertes Rindfleisch 8 Minuten lang in 2% Essigsäurelösung getaucht, was in einer Reduktion um 1,3 log resultierte. In unserer Studie wurde mit *Staphylococcus aureus* infiziertes Hühnerfleisch 15 Minuten lang in Essigsäurelösung getaucht, was zu einer Reduktion um 2,81 log führte.

4.9. Inhibitive Wirkung desinfizierender Lösungen auf *Staphylococcus Aureus* und *Salmonella typhimurium* am Beispiel der Agar-Diffusionsmethode

In Tabelle 4.1. sind die Ergebnisse einer Studie zusammengefasst, welche mit Hilfe der Agar-Diffusionsmethode antimikrobielle Effekte verschiedener Desinfektionsmittel auf *Staphylococcus aureus* und *Salmonella typhimurium* untersucht, indem die entstandenen Inhibitionszonen vermessen werden. Der Anova Test ergab eine statistische Signifikanz von ($p < 0,05$).

Tabelle 4.9. Inhibitive Bereiche verschiedener Desinfektionsmittel

Desinfektionsmittel	Inhibitionszonen (mm)*	
	Staphylococcus aureus	Salmonella typhimurium
Kontrolle (Wasser)	-	-
Natriumhypochlorid (200ppm)	-	-
Essigsäure 2%	-	16,3 ^c ± 0,03
Milchsäure (2%)	8,8 ^c ± 0,08	11,8 ^c ± 0,03
TSP (8%)	10,2 ^c ± 0,08	10,8 ^c ± 0,16
TSP (12%)	10,2 ^c ± 0,14	13,7 ^d ± 0,1
H ₂ O ₂ (2.5%)	43,3 ^b ± 0,03	30 ^b ± 0,1
H ₂ O ₂ (5%)	48 ^a ± 0,17	33,5 ^a ± 0,09

(*): Diese Werte berücksichtigen Standardabweichungen von 3 unabhängigen Messungen

a-e: Bei (p<0,05) besteht keine statistische Signifikanz zwischen den verschiedenen Variablen

(-): Es konnten keine inhibitiven Effekte beobachtet werden

In dieser Studie wurde beobachtet, dass destilliertes Wasser und Natriumhypochlorid Lösung keine inhibitiven Effekte hatten. 2% Essigsäure hat keine inhibitiven Effekte auf Staphylococcus aureus, bewirkt jedoch die Bildung einer Inhibitionszone von 1,63 mm bei Salmonella typhimurium. 5% H₂O₂ zeigt die größten inhibitiven Effekte auf Staphylococcus aureus, gefolgt von 2.5% H₂O₂, 12% und 8% TSP und 2% Milchsäurelösung. Bei Salmonella typhimurium hat 5% H₂O₂ die größte Wirkung, gefolgt von 2.5% H₂O₂, 2% Essigsäure, 12% TSP, 2% Milchsäure und 8% TSP Lösung. Auch hier sind wieder deutliche Parallelen zu anderen Versuchen zu erkennen.

In einer ähnlichen Studie wurden mit Hilfe der Agar-Diffusionsmethode die antimikrobiellen Effekte verschiedener Desinfektionsmittel auf Pencillium expansum untersucht. 1000ppm Chlor und 1% Essigsäurelösung verursachen keine inhibitiven Effekte, während 1-10 % H₂O₂ eine Inhibitionszone von 2-2,5mm Durchmesser bewirkte (Venturini und Andere, 2002).

5. Ergebnis

In dieser Studie wurde Oberflächenkontamination mit verschiedenen chemischen Substanzen am Hühnerfleisch durchgeführt. Es wurde beobachtet, dass durch desinfizierende Tauchbäder *Staphylococcus aureus* und *Salmonella typhimurium* Populationen deutlich in ihrer Anzahl reduziert wurden.

Im Rahmen dieser Studie wurden ebenfalls Mesophilic aerobic bacteria Populationen untersucht, nachdem infizierte Salatproben 15 Minuten lang in desinfizierende Tauchbäder getaucht wurden. Das Ergebnis war, dass 5 % H_2O_2 die stärksten Effekt hatte, gefolgt von 1% Essigsäure, 12% TSP, 40% Apfelessig, 40% Weinessig, 200 ppm Natriumhypochlorid und 1% Natriumacetat Lösung.

Bezüglich der Oberflächendekontamination von rohem Hühnerfleisch durch ein 15 minütiges Tauchbad erzielten 1% und 2.5% H_2O_2 und 2% Milchsäure die größte Effizienz, gefolgt von 2% Essigsäure, 12% TSP, 200 ppm Natriumhypochlorid, 20 mM EDTA, 3% Natriumacetat und Natriumlaktat Lösung. Die Analyse von Colibakterien ergab, dass 2.5 % H_2O_2 Lösung die größten antimikrobiellen Effekt hatte, gefolgt von 1% H_2O_2 , 2% Milchsäure, 12% TSP, 2% Essigsäure, 200 ppm Natriumhypochlorid, 3% Natriumacetat und Natriumlaktat und 20 mM EDTA.

Für die Untersuchung antimikrobieller Effekt von SOW (Saures Ionisiertes Wasser), als eines der innovativsten Desinfektionsmittel, wurde vorwiegend Hühnerfleisch und Kopfsalat verwendet. Zur Desinfektion durch 10 minütige Tauchbäder wurden 20 bzw. 30ppm SOW mit verschiedenen Konzentrationen freien Chlors und Natriumhypochlorid Lösung mit 200ppm freiem Chlor verwendet. Bei der Analyse von Mesophilic aerobic bacteria wurde die größte antimikrobielle Effizienz bei 30ppm SOW festgestellt, gefolgt von 200ppm Natriumhypochlorid und 20ppm SOW. Diese Reihenfolge gilt ebenfalls für die Oberflächendekontamination von Hühnerfleisch.

Bei der 15 minütigen Oberflächendekontamination von mit *Staphylococcus aureus* infiziertem Kopfsalat wurde festgestellt, dass 12% TSP Lösung die stärkste Wirkung hatte, gefolgt von 5% H_2O_2 , 2% Milch- und Essigsäure, 200ppm Natriumhypochlorid, 20 mM EDTA, 3% Natriumlaktat und Natriumacetat Lösungen.

Nachdem mit *Salmonella typhimurium* infizierter Kopfsalat 15 Minuten lang mit 2% Milchsäure und 8% TSP Lösung desinfiziert wurde, stellte sich heraus, dass eine vollständige Inhibition erreicht wurde. Danach sind die stärksten Substanzen 2% Essigsäure, 5% H₂O₂ und 200ppm Natriumhypochlorid.

Bei mit *Staphylococcus aureus* infiziertem Hühnerfleisch konnte eine vollständige Inhibition nur durch 2.5 % H₂O₂ erreicht werden. Danach sind die stärksten Substanzen 12% TSP, 2% Milchsäure, 2% Essigsäure und 200 ppm Natriumhypochlorid.

In einer Studie, bei der mit Hilfe der Agar-Diffusionsmethode die inhibativen Effekte verschiedener Desinfektionsmittel untersucht wurden, wurde festgestellt, dass 200ppm Natriumhypochlorid und 2% Essigsäure keine Inhibitionszonen erzeugten. Die stärksten Effekte hatten 5% und 2.5% H₂O₂, 12% und 8% TSP und 2% Milchsäure. 200ppm Natriumhypochlorid erzeugte auch bei *Salmonella typhimurium* keine inhibativen Effekte. Auch hier hatten 5% und 2.5% H₂O₂, 12% und 8% TSP und 2% Milchsäure die größte Wirkung.

Kopfsalat kann sehr leicht von Mikroorganismen befallen werden. Im Allgemeinen ist bodennah wachsendes Gemüse sehr anfällig für den Befall durch Krankheitserreger, da es ständig Düngemittel und Insekten ausgesetzt ist. Diese Gefährdung bezieht sich sowohl auf die Wachstumsphase, als auch auf den Transport, Lagerung und Zubereitung zum Verzehr. Außerdem sind die Gewebe von Gemüse sehr empfindlich und eine Verletzung des Gewebes fördert in starkem Umfang mikrobielles Wachstum. Bezüglich der Lebensmittelsicherheit müssten vorbeugende Maßnahmen bereits bei der Bepflanzung in Form von Insektiziden, Kunstdünger und angemessener Bewässerung ergriffen werden. Auch bei der Vorbereitung zum Verzehr müsste eine gründliche Reinigung mit Hilfe verschiedener Desinfektionsmittel verwendet werden, um die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten (ICMSF, 1988; Beuchat, 1996).

Hühnerfleisch verdirbt schnell und ist von daher als riskantes Lebensmittel einzustufen. Bei der Hühnerfleischproduktion muss deshalb die Waschung als zentraler, präventiver Aspekt betrachtet werden (ICMSF, 1988).

Eine Effiziente Reinigung von Lebensmittel ist folglich sowohl in der industriellen Produktion als auch beim privaten Gebrauch elementar, um die Lebensmittelsicherheit zu gewährleisten. Von daher ist heutzutage die Frage nach dem geeigneten Desinfektionsmittel ein Aspekt von zentraler Bedeutung.

Gäbe es in diesem Kontext einheitliche Regelungen zur Reinigung von Lebensmitteln in der industriellen Produktion, so könnten die anfänglichen mikrobiellen Konzentrationen signifikant reduziert werden. Allerdings sind auch diese Maßnahmen häufig nicht ausreichend, um unbedenkliche mikrobielle Konzentrationen zu erhalten. Des Weiteren sind die Wirkeffekte der meisten Desinfektionsmittel beschränkt und folglich können Makroparasiten und bakterielle Sporen oft nicht effizient bekämpft werden. Deshalb verlangt auch das HACCP System eine 100% Lebensmittelsicherheit. Dies bedeutet unter Anderem, dass in der Lebensmittelindustrie meist nur ausgewählte und verlässliche Lieferanten verwendet werden. Mehrere Maßnahmen dieser Art sind auf dem Vormarsch, da heute die Lebensmittelsicherheit einen immer wichtigeren Stellenwert einnimmt (ICMSF, 1998).

Übersetzt aus dem Englischen durch Emilio Ferri / Baeck GmbH & Co. KG, Hamburg