

Verbundprojekt: Entwicklung und Implementierung technologischer Verfahren zur Reduktion von mikrobiellen Kontaminanten im Geflügel- und Schweineschlachtprozess (KontRed)

Teilprojekt G: „Reduktion von mikrobiellen Kontaminanten im Geflügelschlachtprozess durch kaltes Plasma und Oberflächenbeschichtung“ – AP II.5 „Plasmabehandlung von Geflügelfleisch“

Art des Berichts: Sachbericht
Förderkennzeichen: 281C104G18
Projektlaufzeit: 15.11.2020 – 14.11.2023, Verlängerung bis 31.03.2024
Berichtszeitraum 15.11.2020 – 31.03.2024

Zuwendungsempfänger: Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP)
Felix-Hausdorff-Straße 2
17489 Greifswald
Germany

Inhaltsverzeichnis

I. Kurze Darstellung (KontRed, Teilprojekt G, 281C104G18)	3
1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie der wissenschaftliche und technische Stand .	3
2. Ablauf des Vorhabens	3
3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.	4
II. Eingehende Darstellung (KontRed, Teilprojekt G, 281C104G18).....	5
1. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse	5
2. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	13
4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses.....	14
5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	14
III. Erfolgskontrollbericht (KontRed, Teilprojekt G, 281C104G18)..	Fehler! Textmarke nicht definiert.
1. Wissenschaftlich-technisches Ergebnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
2. Fortschreibung des Verwertungsplans	Fehler! Textmarke nicht definiert.
3. Angaben zu Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
4. Angaben über die Einhaltung der Ausgaben- und der Zeitplanung .	Fehler! Textmarke nicht definiert.

I. Kurze Darstellung (KontRed, Teilprojekt G, 281C104G18)

1. Ursprüngliche Aufgabenstellung sowie der wissenschaftliche und technische Stand

Das Ziel bestand darin ein Verfahren zur Inaktivierung von Campylobacter und Salmonellen auf losem und vorverpacktem Geflügelfleisch mittels plasmabasierter Verfahren zu entwickeln und zu optimieren. Dafür stehen prinzipiell zwei verschiedene Verfahren zur Verfügung; die direkte Plasmabehandlung und die indirekte Plasmabehandlung. Bei der direkten Behandlung kommt das zu dekontaminierende Gut, z. B. Fleisch, in Kontakt mit dem Plasma während bei der indirekten Behandlung die dekontaminierende Wirksamkeit von Plasma-behandeltem Gas, z.B. Luft, ausgenutzt wird. Eine wissenschaftliche Herausforderung bestand in der Ermittlung von geeigneten technischen Parametern (z. B. Arbeitsgas, Einwirkzeit) zur Erregerreduktion. Zudem wurden verschiedene Technologien zur Erzeugung des Plasmas untersucht, um optimale Behandlungsoptionen bzgl. der genannten Parameter zu ermöglichen und einen Transfer der Ergebnisse vorzubereiten. Dabei wurde die erzielbare Reduktionsrate auf artifiziell mit Campylobacter und Salmonellen inokulierten Fleischproben durch Kurzzeitbehandlung (Sekunden bis Minuten) an losen Fleischteilstücken (**Task 1**) und der Behandlung von vorverpackten Fleischteilstücken innerhalb der Verpackung im Labormaßstab ermittelt. Für die Behandlung innerhalb der Verpackung waren konstruktionstechnische und messtechnische Voraussetzungen neu zu schaffen (**Task 2**). Geeignete Parameterkombinationen wurden durch sensorische und mikrobiologische Untersuchungen der Produktqualität/Haltbarkeit (u.a. Farbe, Textur, aerobe mesophile Keimzahl) als Voraussetzung für die Anwendbarkeit überprüft (**Task 3**).

2. Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen von **Task 1** und **Task 2** (Plasmabehandlung loser bzw. vorverpackter Fleischteilstücke) im gemeinsamen Vorhaben der Universität Leipzig (UL) und des Leibniz-Instituts für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP) in **AP II.5** zur Plasmabehandlung von Geflügelfleisch wurde jeweils eine Einrichtung zur indirekten und eine zur direkten Plasmabehandlung von Fleischstücken entworfen und erstellt. Der Teststand zur direkten Behandlung wurde so konzipiert, dass er einer Behandlung von Fleischteilstücken in einer Verpackung entspricht. Ziel beider Teststände war es die mikrobielle Kontamination von Fleischteilstücken zu reduzieren.

Die Teststände bildeten die Grundlage für die Arbeiten der UL **Task 1-3** zur „Behandlung loser Fleischteilstücke“, „Behandlung vorverpackter Fleischteilstücke“ sowie zur „Qualitätsbeurteilung“ (Produktqualität und -haltbarkeit).

3. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Die beiden Teststände wurden erfolgreich konzipiert und aufgebaut. Die prinzipielle antimikrobielle Wirksamkeit wurde für inokulierte Agarplatten nachgewiesen und die Teststände daraufhin an die UL für Untersuchungen an Fleischstücken übergeben.

Die Aufgaben wurden entsprechend des Projektplans bearbeitet und abgeschlossen.

Zu Task 1:

1. Erstellung eines Teststands zur indirekten Behandlung von losen Fleischteilstücken mit Plasma-behandelter Luft
2. Charakterisierung der zur indirekten Behandlung verwendeten Plasma-behandelten Luft
3. Validierung der Inaktivierung von Mikroorganismen durch die indirekte Behandlung mit Plasma-behandelter Luft

Zu Task 2:

4. Erstellung eines Teststands zur direkten Behandlung von losen Fleischteilstücken mit Plasma-behandelter Luft (entspricht der Behandlung vorverpackter Fleischteilstücke)
5. Charakterisierung der zur direkten Behandlung verwendeten Plasma-behandelten Luft
6. Validierung der Inaktivierung von Mikroorganismen durch die direkte Behandlung mit Plasma-behandelter Luft und Mischungen (CO₂:O₂ sowie CO₂:N₂) als Arbeitsgase

Sowohl für die indirekte als auch die direkte Behandlung wurde eine Inaktivierung der getesteten Mikroorganismen nachgewiesen und damit die antimikrobielle Wirksamkeit der Teststände bestätigt. Insgesamt führte die indirekte bzw. direkte Plasmabehandlung in/mit Luft gegenüber *Salmonella* Enteritidis jeweils zu einer Reduktion der Lebendzellzahl um bis zu 5 log Stufen. Durch die Änderung der Gasart bei der direkten Plasmabehandlung zu CO₂:O₂-

Mischungen (20:80% bzw. 20:70%) konnte sogar eine Reduktion um fast 7 log Stufen gezeigt werden.

Die weitere Charakterisierung der antimikrobiellen Wirksamkeit gegenüber Fleischteilstücken sowie die Qualitätsbeurteilung der Plasmabehandlung erfolgte an der UL.

II. *Eingehende Darstellung (KontRed, Teilprojekt G, 281C104G18)*

1. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

Im Rahmen der Projektlaufzeit wurden die für Task 1 und 2 vereinbarten Aufgaben erfüllt. Dies bildete die Grundlage für die Arbeiten der Universität Leipzig Task 1-3 zur „Behandlung loser Fleischteilstücke“, „Behandlung vorverpackter Fleischteilstücke“ sowie zur „Qualitätsbeurteilung“ (Produktqualität und -haltbarkeit).

Erstellung von zwei separaten Testständen zur indirekten bzw. direkten Behandlung von Fleischteilstücken mit Plasma-behandelter Luft

Der Teststand für die indirekte Plasmabehandlung basiert auf einem kommerziell erhältlichen Mikrowellenplasmajet der Firma Heuermann. Das mit dem Mikrowellenplasmajet behandelte Arbeitsgas wird in einem Reservoir-Gefäß erzeugt und daraus kontrolliert in den Probenbehälter geleitet. Dazu erfolgt zunächst die Evakuierung des Probenbehälters mittels Vakuumpumpe, um diesen dann so schnell wie möglich mit Plasma-behandelter Luft zu füllen. Fülldrücke und Gasflüsse werden durch Pumpen und Durchflussmessgeräte eingestellt und kontrolliert. Als Probenbehälter wurden vakuumierbare Glasgefäße des Herstellers LAVA genutzt, mit denen reproduzierbar stabil Unterdruck bis 50 mbar eingestellt werden konnten. Die Evakuierung auf etwa 50 mbar und Wiederbefüllung auf Atmosphärendruck dauert etwa 1 Minute. Der Luftdruck im System wird mit einem Drucksensor kontrolliert. Das Konzept ist in **Abb. 1** dargestellt und die tatsächliche Ausführung in **Abb. 2**.

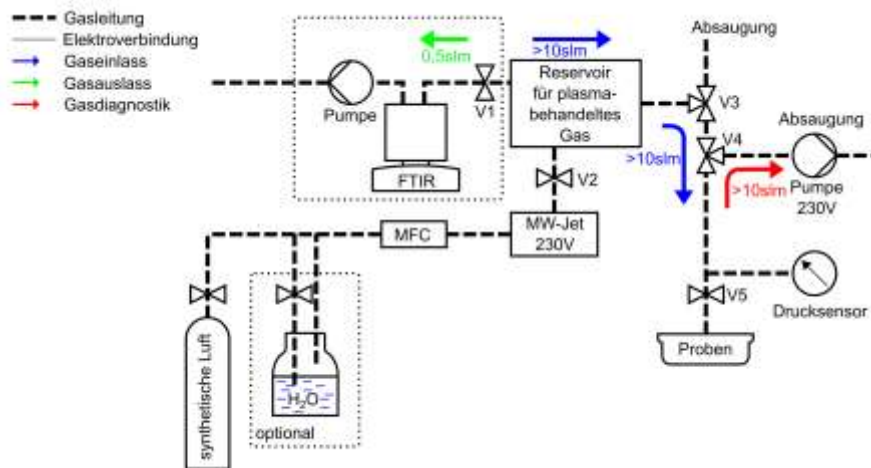


Abb. 1. Schematischer Aufbau des Versuchsstands



Abb. 2. Foto des Aufbaus für die Behandlung der Probenkörper

Für den Teststand zur direkten Plasmabehandlung wurde eine Oberflächen-DBE auf der Innenseite des Kunststoffdeckels eines Glasbehälters installiert und mit einer Hochspannung versorgt. Des Weiteren wurden in den Deckel Anschlüsse für die Zu- und Ableitung von

Arbeitsgasen eingebaut. Das Konzept ist in **Abb. 3** dargestellt und die tatsächliche Ausführung in **Abb. 4** und **Abb. 5**.

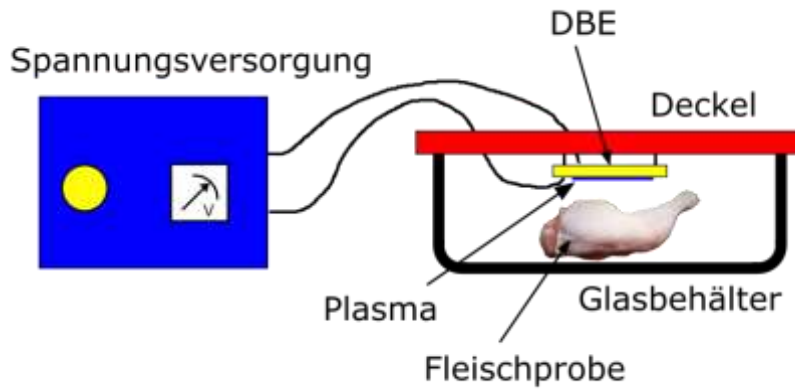


Abb. 3. Schematischer Aufbau des Versuchsstands.

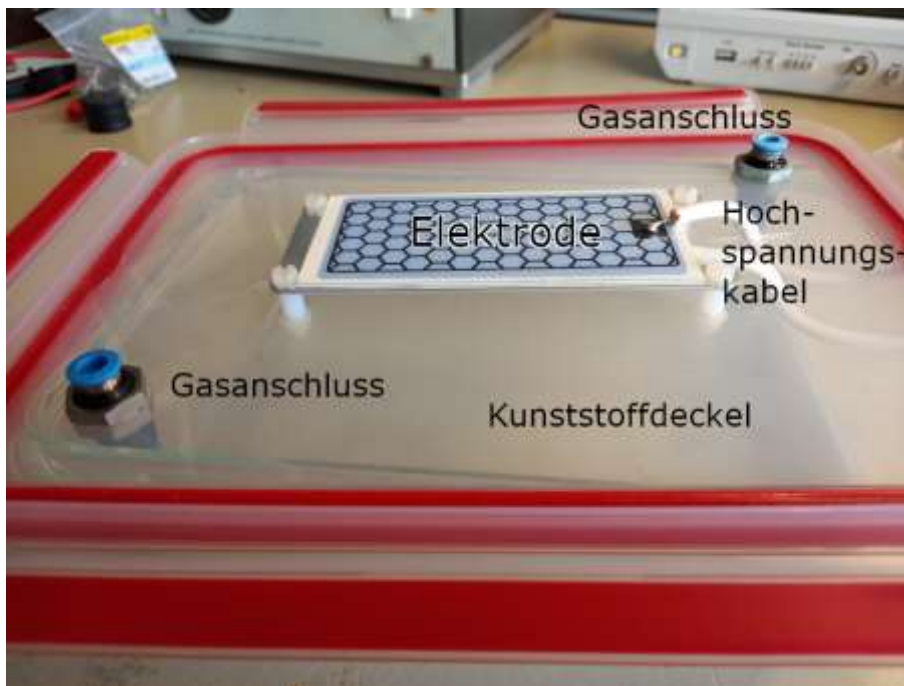


Abb. 4. Foto der Plasmaelektrode auf der Innenseite des Deckels.



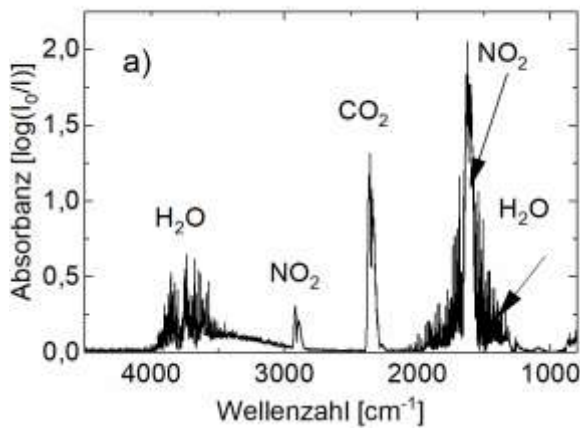
Abb. 5. Foto der Deckel-DBE mit Glasbehälter.

In der ersten Ausführung der Entladungseinrichtung hatte die Spannungsversorgung statt der stufenlos regelbaren Ausgangsspannung eine in zwei Stufen einstellbare Ausgangsspannung. Damit konnte ein leistungsstarkes Plasma mit hoher Ozonausbeute (> 2000 ppm) und ein leistungsschwächeres Plasma mit niedrigerer Ozonausbeute (ca. 1000 ppm) realisiert werden. In einer weiteren Ausbaustufe der Spannungsversorgung wurden ein Stelltransformator und ein Voltmeter integriert. Somit ist es nun möglich, die Plasmaleistung stufenlos einzustellen. Des Weiteren wurde der Hochspannungsanschluss verbessert.

Charakterisierung der zur indirekten bzw. direkten Behandlung verwendeten Plasma-behandelten Luft

An der UL wird der Versuchsaufbau wie im INP mit Druckluft betrieben. Zur Bewertung der potentiellen Wirksamkeit des Plasma-behandelten Gases wurden Gasproben aus dem jeweiligen Glasbehälter mittels FTIR-Spektroskopie analysiert (**Abb. 6**). Es wurden das Plasma-erzeugte Stickstoffdioxid und Ozon nachgewiesen. Die in der Druckluft enthaltenen Komponenten Wasserdampf und Kohlendioxid finden sich in diesem Spektrum nicht, da sie im Hintergrundspektrum sind. Dies erleichtert die Auswertung der anderen und eigentlich interessanten Komponenten.

A



B

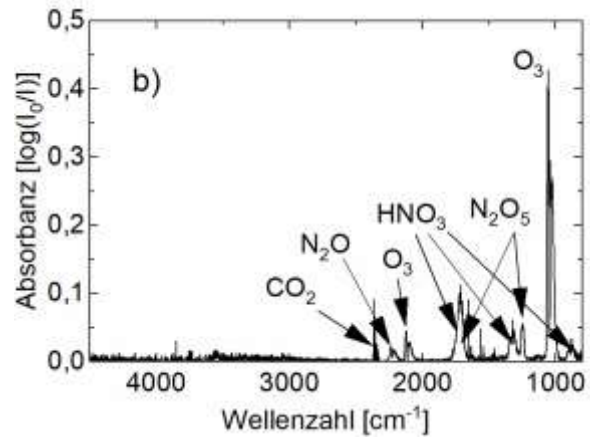


Abb. 6. FTIR-Spektren einer Gasprobe des Teststands zur (A) indirekten bzw. (B) direkten Plasmabehandlung (B: hohe Plasmaleistung)

Die Konzentrationen der einzelnen Gasspezies im Teststand zur direkten Plasmabehandlung wurden über den Vergleich mit Referenzspektren abgeschätzt (**Tab. 1**).

Tab. 1. Konzentrationen der im Plasma-behandelten Gas detektierten Komponenten

Komponente	Konzentration [ppm] Mikrowellenplasmajet (indirekte Behandlung)	Konzentration [ppm] Deckel-DBE (direkte Behandlung)
CO ₂	660	3
O ₃	n.d.	250
HNO ₃	n.d.	15
N ₂ O ₅	n.d.	10
N ₂ O	n.d.	5
NO	368	n.d.
NO ₂	545	n.d.

n.d. nicht detektiert

Validierung der Inaktivierung von Mikroorganismen durch die indirekte bzw. direkte Behandlung mit Plasma-behandelter Luft und weiterer Gase

Zur Bestimmung der Wirksamkeit der beiden Teststände wurden erste mikrobiologische Versuche durchgeführt. Dazu wurden die zwei prävalenten Stämme *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 und *Salmonella* Enteritidis 20SA-02231 eingesetzt. Als Probenkörper wurden inokulierte LB-Agar Petrischalen mit einem Ausgangskeimgehalt von 10^4 bzw. 10^7 KbE/Probenkörper (Kolonie-bildende Einheiten) genutzt. Jeweils drei dieser Probenkörper wurden in der Probenkammer platziert und mit Plasma-behandelter Luft, als indirekter Behandlung, inkubiert bzw. direkt mit Plasma behandelt. Danach wurden die Probenkörper 24 h bei 37°C inkubiert. Als Kontrolle wurden inokulierte Probenkörper genutzt, die unbehandelt blieben. Die Reduktion der Bakterienzahl wurde als $\log_{10}(N_R)$ bezeichnet, wobei sich dieser Wert aus der Berechnung $\log_{10}(N_R) = \log_{10}(N_0) - \log_{10}(N_S)$ ergab, wobei N_0 die Anzahl der Kolonie-bildenden Einheiten pro Probenkörper der unbehandelten Kontrolle war und N_S der Anzahl der Kolonie-bildenden Einheiten pro Probenkörper nach der Behandlung entspricht.

Sowohl für die indirekte als auch die direkte Behandlung wurde eine Inaktivierung der getesteten Mikroorganismen nachgewiesen und damit die antimikrobielle Wirksamkeit der Teststände bestätigt. Insgesamt führte die indirekte bzw. direkte Plasmabehandlung in/mit Luft gegenüber *Salmonella* Enteritidis jeweils zu einer Reduktion der Lebendzellzahl um bis zu 5 log Stufen. Durch die Änderung der Gasart bei der direkten Plasmabehandlung zu CO₂:O₂-Mischungen (20:80% bzw. 20:70%) konnte sogar eine Reduktion um fast 7 log Stufen gezeigt werden.

Bei der indirekten Behandlung wurden die Probenkörper mit Plasma-behandelter Luft für 1 min, 5 min oder 10 min inkubiert. Der Plasmaprozess führte in Abhängigkeit von der Lebendzellzahl auf den Probenkörpern für *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 und *Salmonella* Enteritidis 19SA-02231 zu unterschiedlich hohen Reduktionsfaktoren (**Tab. 2**).

Tab. 2. Ergebnisse der Wirksamkeitstestung (indirekte Behandlung) - Plasma-behandelte Luft gegenüber *Salmonella Enteritidis* 19SA-00115 bzw. *Salmonella Enteritidis* 19SA-02231 - Probenkörper mit 10^4 oder 10^7 KbE

Probe	t_{in}^2 [min]	Salmonella enteritidis 19SA-00115 - Probenkörper mit 10^4 KbE ¹		Salmonella enteritidis 19SA-02231 - Probenkörper mit 10^4 KbE		Salmonella enteritidis 19SA-00115 - Probenkörper mit 10^7 KbE		Salmonella enteritidis 19SA-02231 - Probenkörper mit 10^7 KbE	
		\log_{10} (N_t)	Reduktionsfaktor \log_{10} (N_0)	\log_{10} (N_t)	Reduktionsfaktor \log_{10} (N_0)	\log_{10} (N_t)	Reduktionsfaktor \log_{10} (N_0)	\log_{10} (N_t)	Reduktionsfaktor \log_{10} (N_0)
trockene Luft									
100 W Versuch 1	1	1,53	2,55	1,93	1,77	2,49	4,59	2,50	4,20
	5	1,66	2,42	1,82	1,88	2,43	4,85	2,22	4,48
100 W Versuch 2	5	1,11	3,04	1,73	2,31	2,31	4,85	2,69	4,35
	10	1,03	3,13	1,67	2,37	2,32	4,84	2,16	4,88
200 W Versuch 1	1	1,61	2,47	1,70	2,00	2,45	4,63	2,39	4,31
	5	1,49	2,59	1,90	1,80	2,41	4,67	2,27	4,43
unbehandelte Kontrolle (N_t) Versuch 1		4,08		3,70		7,08		6,70	
unbehandelte Kontrolle (N_t) Versuch 2		4,16		4,04		7,16		7,04	
feuchte Luft									
100 W Versuch 3	5	1,25	2,89	1,71	2,43	2,47	4,66	2,19	4,74
unbehandelte Kontrolle (N_t) Versuch 3		4,13		4,14		7,13		6,93	

¹ KbE: Kolonie-bildende Einheiten

² t_{in} : Inkubationszeit

Bei 10^4 KbE pro Probenkörper konnten maximal 3,13 log Stufen für *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 bzw. 2,43 log Stufen für *Salmonella* Enteritidis 19SA-02231 inaktiviert werden. Bei 10^7 KbE pro Probenkörper waren es 4,85 log bei *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 bzw. 4,88 log bei *Salmonella* Enteritidis 19SA-02231.

Insgesamt konnte gegenüber *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 bzw. *Salmonella* Enteritidis 19SA-02231 eine Reduktion der Lebendzellzahl zwischen 2,42 und 4,85 bzw. 1,77 und 4,88 nachgewiesen werden. Damit zeigten die beiden Stämme eine ähnliche Reaktion auf das Plasma-behandelte Gas.

Die weitgehende Unabhängigkeit der Reduktion der Lebendzellzahl von der Leistung, der Inkubationszeit sowie der trockenen oder feuchten Betriebsumgebung lässt darauf schließen, dass bereits bei einer Leistung von 100W genug reaktive Spezies gebildet wurden um den Großteil an Mikroorganismen innerhalb von einer Minute zu inaktivieren. Eine feuchte Umgebung reduzierte die antimikrobielle Wirkung des Plasma-behandelten Gases nicht, führte aber auch zu keiner Erhöhung der Mikroorganismeninaktivierung.

Trotz der Reduktion der Lebendzellzahl um fast fünf log-Stufen (bei 10^7 KbE pro Probenkörper) konnte bei der Testung von 10^4 KbE pro Probenkörper keine komplette Inaktivierung der Mikroorganismen nachgewiesen werden. Es wird ein Effekt durch die Art der hergestellten Probenkörper oder auch des angelegten Unterdrucks vermutet bei dem die Mikroorganismen in tieferen Agarschichten nicht mehr vom Plasma-behandelten Gas erfasst werden können.

Für die Wirksamkeitstestung der direkten Behandlung wurden drei Probenkörper in der Probenkammer platziert und mit Plasma-behandelter Luft bzw. zwei verschiedenen $\text{CO}_2\text{-O}_2$ -Mischungen für 5 min durchströmt und 3 min darin inkubiert.

Der Plasmaprozess führte in Abhängigkeit von der behandelten Gasart für *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 zu unterschiedlich hohen Reduktionsfaktoren (**Tab. 3**).

Tab. 3. Ergebnisse der Wirksamkeitstestung - Plasma-behandelte Luft gegenüber *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 - Probenkörper mit 10^7 KbE

Probe	t_{ink}^1 [min]	n_{PK}^2	Lebend- zellzahl [KbE ³ /PK]	Mittel- wert [KbE/PK]	\log_{10} (N_S)	Reduktions- faktor $\log_{10}(N_R)$
trocken						
230 V Luft	5+3	1	157	71	1,85	4,80
		2	25			
		3	32			
230 V $\text{CO}_2\text{:O}_2$ 20:80	5+3	1	1	1	0	6,65
		2	1			
		3	0			
230 V $\text{CO}_2\text{:O}_2$ 20:70	5+3	1	1	1	0	6,65
		2	0			
		3	0			
unbehandelte Kontrolle (N_0)				4,51E+06	6,65	

¹ t_{ink} : 5 min Durchströmzeit + 3 min Inkubationszeit

² n_{PK} : Probenkörpernummer

³ KbE: Kolonie-bildende Einheiten

So konnte mit den beiden Plasma-behandelten $\text{CO}_2\text{:O}_2$ -Gasmischungen (20:80% bzw. 30:70%) eine Inaktivierung von *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 um 6,65 log Stufen erreicht werden. Im Gegensatz dazu wurde mit Plasma-behandelter Luft nur eine Reduktion der Mikroorganismenkonzentration um 4,80 log Stufen erreicht.

Nach diesen ersten Versuchen zur antimikrobiellen Wirksamkeit der jeweiligen Systeme erfolgte die Übergabe der Teststände an die UL.

Mit einem Nachbau des Teststandes für die direkte Behandlung erfolgte eine Wiederholung der Versuche und eine Erweiterung der genutzten Gasart (CO₂:N₂-Gasmischung; **Tab. 4**).

Tab. 4. Ergebnisse der Wirksamkeitstestung - Plasma-behandelte Luft bzw. CO₂-O₂- und CO₂-N₂-Mischungen gegenüber *Salmonella Enteritidis* 19SA-00115 - Probenkörper mit 10⁷ KbE

Probe	t _{ink} ¹ [min]	n _{PK} ²	Lebend- zellzahl [KbE ³ /PK]	Mittel- wert [KbE/PK]	log ₁₀ (N _S)	Reduktions- faktor log ₁₀ (N _R)
trocken						
230 V Luft	5+3	1	32	18	1,26	5,51
		2	22			
		3	0			
230 V CO₂:N₂ 30:70	5+3	1	72	36	1,56	5,21
		2	33			
		3	4			
230 V CO₂:O₂ 30:70	5+3	1	0	0	0	6,77
		2	0			
		3	0			
unbehandelte Kontrolle (N₀)				5,84E+06	6,77	

¹ t_{ink}: 5 min Durchströmzeit + 3 min Inkubationszeit

² n_{PK}: Probenkörpernummer

³ KbE: Kolonie-bildende Einheiten

Die Versuche führten zu ähnlichen Ergebnissen. Die Nutzung von Plasma-behandelter Luft bzw. die CO₂:N₂-Gasmischung (30:70%) ergaben eine Inaktivierung von *Salmonella* Enteritidis 19SA-00115 um 5,51 bzw. 5,21 log Stufen. Für die Plasma-behandelte CO₂:O₂-Gasmischung (30:70%) konnte hingegen eine Reduktion der Mikroorganismenkonzentration um 6,77 log Stufen nachgewiesen werden.

2. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Für die Durchführung der Arbeiten im Projekt sind Personalkosten in Höhe von 83.561,24 € angefallen. Für die Arbeiten im Projekt wurde ein Mikrowellenplasmagenerator in Höhe von 16.576,70 € angeschafft. Zudem sind Mittel für Verbrauchsmaterialien, wie Elektroden, Ventile oder auch Glasdosen und Dienststreifen in Höhe von insgesamt 5.982,37 € angefallen.

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Die durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, inklusive der dafür aufgewendeten Ressourcen, waren notwendig und angemessen für die Bearbeitung der im Arbeitsplan formulierten Aufgaben zur Erreichung der beschriebenen Ziele. Der Ablauf des Vorhabens und die dafür benötigten Projektmittel führten zur erfolgreichen Installation und Nutzung der beiden Teststände. Dabei bildeten die beiden Teststände die Voraussetzung für die Arbeiten an der UL.

4. Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses

Die Ergebnisse werden als Basis für die Entwicklung und Bearbeitung weiterer Projekte genutzt, beispielsweise zur Dekontamination von Fisch und Garnelen durch Plasma-behandeltes Wasser als Eis (PlasEis, beantragtes Projekt BLE) oder auch die Dekontamination von medizinisch-genutzten Cannabis-Blüten durch Plasma-behandeltes Gas (PlaDeCan, ZIM/AIF).

Zudem werden die Ergebnisse wissenschaftlich im Rahmen von verschiedenen Veröffentlichungen verwertet. (siehe 6. Veröffentlichungen der Ergebnisse)

5. Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Das Projekt wird vom INP kontinuierlich von einer Beobachtung sowohl veröffentlichter Patente (Schutzrechtsanmeldungen Dritter) als auch wissenschaftlicher Publikationen in Bezug auf Systeme, die eine indirekte oder direkte Behandlung mit durch Plasma-behandelte Gase ermöglichen, begleitet. Im Projektzeitraum sind dem INP dabei keine Ergebnisse anderer auf dem Gebiet bekannt geworden.

6. Veröffentlichungen der Ergebnisse

vorliegender Sachbericht

Albert, T., Bläske, V., Hahn, V., Schmidt, M., Kolb, J., Braun, P.G. (2024) Untersuchungen zum Einfluss einer plasmaaktivierten Schutzatmosphäre auf die Sicherheit und Qualität von

vorverpacktem rohem Geflügelfleisch (Poster), DVG-Arbeitstagung “Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz” (GAP2024), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 24.-27.09.2024.

Albert, T., Hahn, V., Schmidt, M., Kolb, J., Braun, P.G. (2023) Antimikrobielle Wirkung einer DBD-Plasmaentladung gegenüber *Campylobacter jejuni* und *Salmonella* Typhimurium auf Geflügelhaut und -fleisch (Poster), DVG-Arbeitstagung “Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz” (GAP2023), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 26.-29.09.2023.

Albert, T., Hahn, V., Schmidt, M., Kolb, J., Braun, P.G. (2022) Antimikrobielle Wirkung plasmaaktivierter Luft gegenüber *Campylobacter jejuni* und *Salmonella* Enteritidis auf Geflügelhaut und -fleisch (Poster), DVG-Arbeitstagung “Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz” (GAP2022), Garmisch-Partenkirchen, Deutschland, 25.-28.10.2022.