

# Plasma und Nahrungsmittel

## Ein Beitrag zur Lebensmittelsicherheit und Ressourcenschonung

Christian Theel, Uta Schnabel und Jörg Ehlbeck

Einer Studie der Universität Stuttgart aus dem Jahr 2012 zufolge werden in Deutschland jedes Jahr ca. 11 Millionen Tonnen Lebensmittel entsorgt. Diese Menge weggeworfener Lebensmittel verteilt sich auf die Industrie (17 %), den Handel (5 %), Großverbraucher wie Hotels, Gastronomie und öffentliche Einrichtungen (17 %) und private Haushalte mit 61 % (6,7 Millionen Tonnen). Gerade in privaten Haushalten sind bis zu 65 % der 6,7 Millionen Tonnen Lebensmittelabfälle teilweise oder ganz vermeidbar.



Dr. Christian Theel

### ›› Zur Person

Dipl.-Geograf, neoplas GmbH, beschäftigt sich mit Forschungsmanagement und Technologie- und Wissenstransfer. Dazu gehören z. B. die Koordination des Netzwerkes Plasma4Food und des Expertenkonsortiums Research2Market, das sich mit der Verwertung von Forschungsergebnissen beschäftigt. ‹‹

Finanziell bedeutet dies für Deutschland eine vermeidbare Verschwendung von 21,6 Milliarden € pro Jahr. Zu den häufig genannten Gründen für die Entsorgung von Lebensmitteln zählen neben der fehlenden Wertschätzung für Lebensmittel, dem niedrigen Preis und der ständigen Verfügbarkeit auch die falsche Lagerung und die kurze Haltbarkeit. Eine längere Haltbarkeit und bessere Lagereigenschaften bei gleichbleibender Produktqualität könnten demnach zu weniger Lebensmittelverlusten und damit gleichzeitig zur Ressourcenschonung von Boden und Wasser führen.

### Zur Haltbarkeit von Lebensmitteln

Die Haltbarkeit insbesondere von frischen Lebensmitteln wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wobei die Lagerung und die Belastung mit Mikroorganismen eine große Rolle spielen. Mikroorganismen sind kleiner als Staub- oder Schmutzpartikel und mit bloßem Auge nicht erkennbar. Zu ihnen zählen unter anderem Bakterien, Pilze (Schimmelpilze und Hefen) und Viren. Sie können als Phytopatho-

gene zum Verderb von Pflanzen führen und als Humanpathogene auch Lebensmittelinfektionen wie Vergiftungen, Listeriose, Salmonellose und enterohämorrhagische Colitis (EHEC) auslösen oder Antibiotika-Resistenzen (z. B. MRSA) verursachen. Beispiele für solche Lebensmittelinfektionen in Deutschland in den letzten 10 Jahren waren 2012 mit Noroviren kontaminierte Tiefkühl-Erdbeeren aus China mit über 11000 Erkrankten, 2011 die EHEC-Epidemie verursacht durch kontaminierte Bockshornkleesamen aus Ägypten mit 53 Todesfällen und 3800 Erkrankten, 2010 Dioxin in Konsum-Eiern und Schweinefleisch, 2008 mit Würmern und Kot belasteter Mozzarella aus Italien, der sog. Gammelfleisch-Skandal 2005 und bereits 1997 Rindfleisch aus Großbritannien welches von an BSE erkrankten Tieren stammte.

Im Januar 2013 veröffentlichte Ergebnisse der Umfrage von Infratest-dimap, die im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durchgeführt wurde, zeigen, dass 65 % der Konsumenten wenig oder gar kein Vertrauen in die Lebens-

mittelindustrie haben. Dies ist hauptsächlich durch die Lebensmittelskandale der letzten Jahre bedingt. Die Schlagzeilen über Gammelfleisch (33 %), Antibiotika in der Nutztierhaltung (29 %) und die EHEC-Epidemie von 2011 (18 %) haben laut Infratest-dimap den größten Anteil am Vertrauensverlust der Verbraucher.

Dennoch sind unsere Lebensmittel in hohem Maße sicher und qualitativ hochwertig. Allerdings können nicht alle Lebensmittel keimfrei hergestellt werden, ohne dass ihr hoher Nährwert verloren geht. Dazu kommt ein umfangreiches Lebensmittelangebot, welches auch lange Transportwege und Lagerzeiten bedingt, wodurch das Risiko für die Kontamination mit Mikroorganismen ebenfalls erhöht wird. Besonders frische und roh verzehrte Lebensmittel wie Obst, Gemüse, Käse, Fleisch, Fisch und Eier sind anfällig für mikrobiellem Verderb. Dieser kann

durch die natürliche Mikroflora oder in der Herstellung, Verarbeitung, Lagerung und Zubereitung durch sekundäre Kontamination erfolgen. Trotz hoher Hygienestandards, einer aufwendigen Kühllogistik und Schutzgasverpackungen ist die Zahl von Lebensmittelinfektionen nicht fallend, sondern insbesondere bei Obst und Gemüse sogar ansteigend.

### Konservierung von Lebensmitteln

In Deutschland werden bei der Reinigung von Lebensmitteln unerwünschte Stoffe durch das Waschen mit Trinkwasser und ohne Zusatz von Reinigungsmitteln entfernt. Obst und Gemüse werden so vom Schmutz befreit und die Zahl der Mikroorganismen wird um bis zu 90 % reduziert. Auch das Schälen dieser Produkte minimiert die mikrobielle Belastung.

» Plasma als eine potenzielle Alternative zu chemischen oder physikalischen Dekontaminationsverfahren im Lebensmittelbereich «



## Nutrigenetik: Wie sich Ernährung und Gene gegenseitig prägen

HIRZEL

[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

## Wie das, was wir essen, unsere Gene beeinflusst

Wieso und seit wann essen wir eigentlich so, wie wir es gewohnt sind? Warum vertragen manche Menschen Laktose, andere nicht? Diesen Fragen geht Fritz Höffeler auf den Grund: Er ist der Wechselwirkung zwischen Genen und Ernährung auf der Spur. Die Bestandteile unserer Nahrung lösen jeweils bestimmte Reaktionsketten im Körper aus. Umgekehrt regulieren unsere Gene, wie wir Nahrung verarbeiten: Manches können, anderes müssen wir essen, und einiges ist für uns unverdaulich. Warum, das erklärt Höffeler spannend, informativ, fundiert – und bestens lesbar.

Fritz Höffeler

**Nutrigenetik: Wie sich Ernährung und Gene gegenseitig prägen**

230 Seiten. 34 Abbildungen, 4 Tabellen

Kartoniert

€ 24,90 [D]

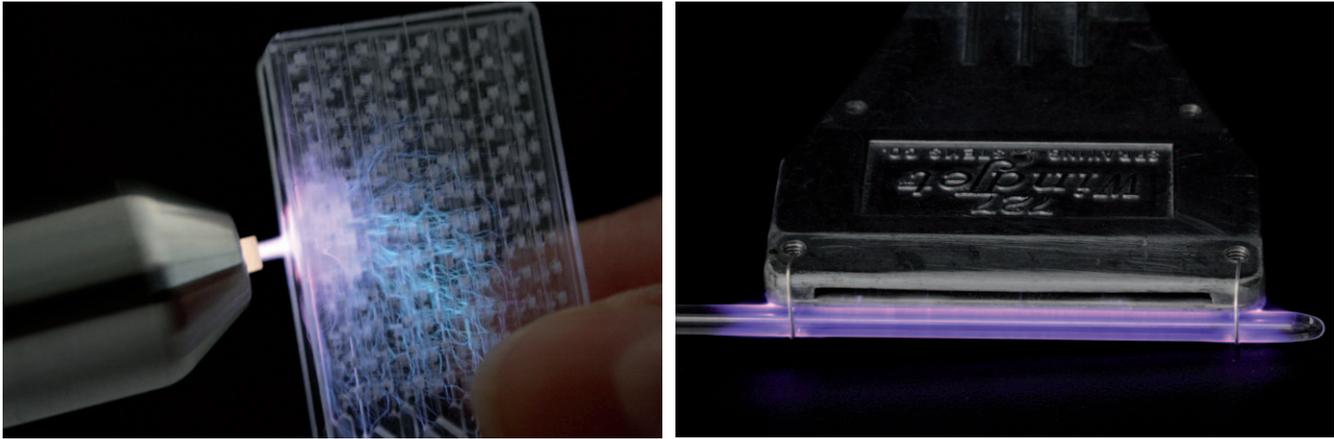
ISBN 978-3-7776-2150-0

E-Book: PDF, € 24,90 [D]

ISBN 978-3-7776-2372-6

HIRZEL

S. Hirzel Verlag · Birkenwaldstraße 44 · 70191 Stuttgart · Telefon 0711 2582 350 · Fax 0711 2582 390 · Mail [service@hirzel.de](mailto:service@hirzel.de)



**Abb. 1**  
Beispiele für unterschiedliche Atmosphärendruck-Plasmaquellen

In anderen Ländern ist der Zusatz von Chlor zum Waschwasser zugelassen. Zum Beispiel wird in den USA Geflügelfleisch mit Wasser gesäubert, dem Chlordioxid in Konzentrationen von 50–200 ppm zugesetzt ist. Dies führt zu einer Desinfektion von 99,9 bis 99,99 % der Mikroorganismen. Reinigung und Desinfektion verhindern, dass sich die Mikroorganismen auf den Produkten festsetzen können. Denn befinden sich Bakterien oder Pilze erst einmal fest auf der Oberfläche oder im Produkt, so gibt es derzeit keine effektive Methode, diese zu entfernen und die Produktqualität und Frische zu erhalten. Chlordioxid ist nicht nur eine Chemikalie, sondern auch instabil und wird mit der Bildung von kanzerogenen chlorhaltigen Verbindungen assoziiert, was die Verwendung von Chlordioxid zur Lebensmittelverarbeitung in Frage stellt.

Daher ist die Entwicklung von umweltfreundlichen, alternativen und innovativen Reinigungs- und Desinfektionsmethoden für Lebensmittel und deren Verarbeitung wichtig und Gegenstand der Forschung in Deutschland. Mögliche Alternativen, die in den letzten Jahren Interesse wecken konnten und untersucht werden, sind Ozon, organische Säuren, Peressigsäure, Ultraschall und weitere innovative Technologien, wie zum Beispiel Pulsed Light, elektrisch angeregtes Wasser, Hochdruck und nicht-thermisches Atmosphärendruckplasma.

### Plasmen

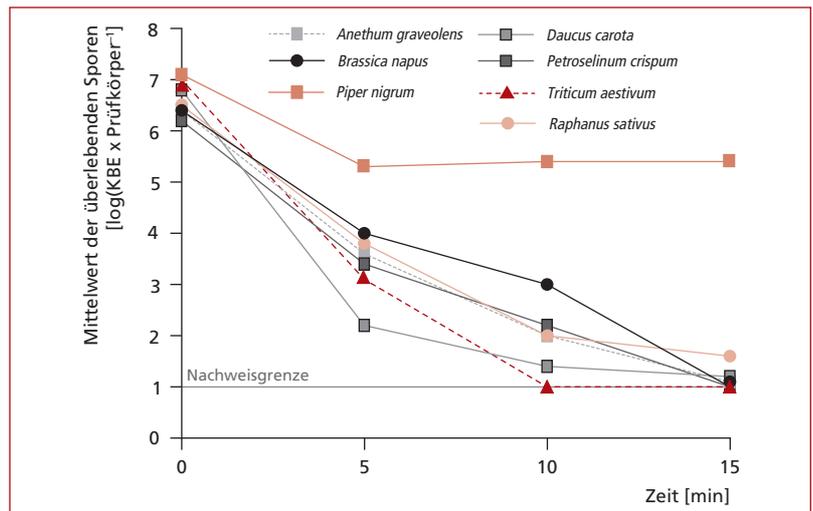
Plasmen sind ionisierte Gase, welche u. a. in der Medizin, Pharma- und Lebensmittelindustrie für die schnelle Dekontamination von Materialien und Packstoffen eingesetzt werden. Dabei haben plasma-basierte Verfahren auch das Potenzial, durch eine nichtthermische Inaktivierung von Mikroorganismen Lebensmittel und deren Verarbeitung sicherer zu machen und so das Risiko von Krankheitsausbrüchen zu reduzieren. Die ganze Wertschöpfungskette kann mit der Technologie Plasma berücksichtigt werden, von der Stallluft über die Produktion bis zur Verpackung und zum Transport.

Plasma, oft als der 4. Aggregatzustand bezeichnet, der aus dem gasförmigen durch Zuführung weiterer Energie entsteht, zeichnet sich durch eine technologisch nutzbare elektrische Leitfähigkeit aus. Diese durch freie Elektronen verursachte Leitfähigkeit wird zur Einkopplung elektrischer Energie genutzt und führt zur Beschleunigung der elektrischen Ladungsträger. Diese können dann die vielfältigen Plasmaspezies durch Stöße generieren. Hierzu gehören Ionen, Radikale, angeregte Atome und Moleküle, die z. B. UV- und VUV-Strahlung emittieren können. Durch unterschiedliche Betriebsparameter des Plasmas können die Verhältnisse zwischen den Plasmaspezies unterschiedlich gestaltet und damit die Wirkung des Plasmas kontrolliert werden.



**Uta Schnabel**  
Dipl.-Biologin, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie Greifswald e. V. (INP), Wissenschaftlerin im Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin und Dekontamination; sie beschäftigt sich mit der Dekontamination von Medizinprodukten, Lebensmitteln und Verpackungen.

Plasmen können dadurch ätzen und erodieren, feinareinigen und dekontaminieren oder einfach nur die Oberflächeneigenschaften modifizieren, wie z. B. die Benetzbarkeit einer Oberfläche verändern. Insbesondere bei der Dekontamination ist die Vielfalt an Wirkspezies ein großer Vorteil, da auch die Mikroorganismen unterschiedliche Widerstandsfähigkeiten gegenüber den unterschiedlichen Wirkmechanismen besitzen. Bedingt durch diese Vielfalt konnte bisher keine Resistenzausbildung gegenüber Plasma gefunden werden. Diese beiden Aspekte machen den Einsatz von Plasmen in Applikationen, in denen aufgrund einer natürlichen Kontamination ein breites Spektrum an Mikroorganismen auftritt, besonders erfolgversprechend. Im Gegensatz zu chemischen und thermischen Verfahren werden die Produkte schonend und rückstandsfrei behandelt. Die Erzeugung der Wirkmechanismen auf Knopfdruck und die damit einherge-



**Abb. 2** Ergebnis der indirekten Plasmabehandlung des Saatguts, welches mit Endosporen von *B. atrophaeus* in einer Konzentration von  $10^8$  KBE  $\text{mL}^{-1}$  (Koloniebildende Einheiten) kontaminiert wurde. Eine Inkubierung des Saatgutes erfolgte mittels Plasma-prozessierter Luft für 5 bis 15 Minuten.

hende Vermeidung der Lagerung der als Gefahrstoffe deklarierten Desinfektionsmittel stellt einen wichtigen Kosten- und



„Kaffee dehydriert den Körper nicht.  
Ich wäre sonst schon Staub.“ Franz Kafka

Kaffee ist ein ganz besonderes Getränk – wegen seiner belebenden Wirkung wird es seit Jahrhunderten geschätzt. Doch das ist nicht alles: Studien haben gezeigt, dass Kaffee vielerlei Krankheiten und Beschwerden lindern kann. Das Spektrum reicht von Kopfschmerzen über Asthma und Diabetes bis zur parkinsonschen Krankheit. Welche Inhaltsstoffe für diese Heilwirkungen zuständig sind und wie sie unsere Gesundheit fördern können, erfahren Sie in diesem Buch. Es widerlegt alte Vorurteile und zeigt, dass Kaffee zu Recht ein wichtiger Teil unserer Kultur ist.

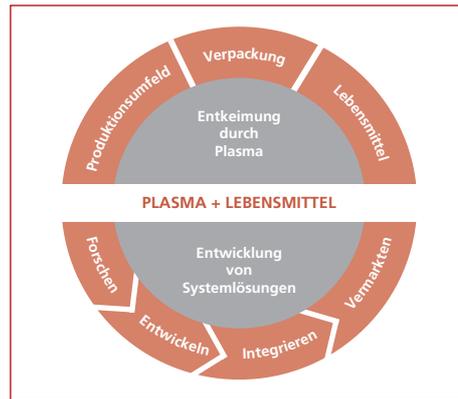


Karen Nieber  
Schwarz und stark  
Wie Kaffee die Gesundheit fördert  
2013. 144 Seiten, 46 Abbildungen, 8 Tabellen.  
Kartonierte.  
€ 19,80 [D]  
ISBN 978-3-7776-2161-6  
E-Book: PDF. € 19,80 [D]  
ISBN 978-3-7776-2339-9

[www.hirzel.de](http://www.hirzel.de)

**HIRZEL**

S. Hirzel Verlag · Birkenwaldstraße 44 · 70191 Stuttgart · Telefon 0711 2582 350 · Fax 0711 2582 390 · Mail [service@hirzel.de](mailto:service@hirzel.de)



**Abb. 3**  
Ziele und Arbeitsfelder  
des Netzwerkes  
Plasma4Food

**» Informationen  
finden Sie unter  
www.  
plasma4food.de «**

Sicherheitsaspekt insbesondere in der lebensmittelverarbeitenden Industrie dar.

### Wirkung auf Mikroorganismen

Die antimikrobielle Wirkung von nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmen auf eine Vielzahl von Mikroorganismen in unterschiedlichen Umgebungen und auf unterschiedlichen Oberflächen ist international gezeigt worden (Ehlbeck et al., 2011). Auf Bereiche der Produktionsumgebung von Lebensmitteln ohne direkten Kontakt zum Lebensmittel selbst lassen sich diese Ergebnisse übertragen und eine Umsetzung in die Industrie kann zeitnah erfolgen. Die direkte Plasmabehandlung von Lebensmitteln und Verpackungen (Lebensmittelkontakt) ist noch weitestgehend unerforscht. Doch erste Publikationen zur Plasmabehandlung von Gemüse/Obst, Eiern, Fleisch und Saatgut zeigen auch hier gute mikrobizide Effekte und ein hohes Optimierungspotenzial. Fröhling et al. (2012) und Rød et al. (2012) zeigten beide die antibakterielle Wirkung einer indirekten Plasmabehand-

lung von Schweinefleisch und Bresaola (luftgetrockneter Rinderschinken). Dabei wurde eine Inaktivierung der natürlichen Mikroflora und damit eine längere Lagerfähigkeit sowie die Inaktivierung von künstlich inokulierten *Listeria-innocua*-Bakterien um bis zu 99 % erreicht. Baier et al. (2010) zeigten für obst- und gemüseähnliche Oberflächen eine bakterielle Inaktivierung bis zu 99,999 % für *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens* und *Pectobacterium carotovorum* in einer direkten Behandlung mit einem Plasmajet. Mangos und Melonen wurden bei Perni et al. (2008) untersucht. In diesem Fall wurden mittels nicht-thermischem Atmosphärendruckplasma Reduktionen von *E. coli*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pantoea agglomerans* und *Gluconacetobacter liquefaciens* um mindestens 99,9 % ebenfalls bei direktem Plasmakontakt erzielt. Auch Schüttgüter wie Futtermittel, Saatgut und Gewürze lassen sich mithilfe von nicht-thermischen Atmosphärendruckplasmen dekontaminieren. Reineke et al. (2013) beschrieben die Inaktivierung von bakteriellen Sporen (*Bacillus subtilis* und *Bacillus atrophaeus*) auf Pfeffer mittels einer direkten und indirekten Plasmabehandlung. Es wurden bis zu 99,9 % der Sporen, welche zu den resistentesten Formen von bekannten Mikroorganismen zählen, reduziert. Schnabel et al. (2012a, 2012b) verglichen die direkte und indirekte Behandlung von Rapssaat, welche die Auskeimungsfähigkeit des Saatgutes nicht beeinträchtigte und dennoch bei der indirekten Behandlung zu einer Reduktion von 99,999 % von *B.-atrophaeus*-Sporen führte. Für das Saatgut von Radieschen, Dill, Möhre, Petersilie und Weizen sowie für schwarzen Pfeffer wurden durch eine indirekte Behandlung mit nicht-thermischem Atmosphärendruckplasma Inaktivierungen von 90 % bis 99,9999 % für *B.-atrophaeus*-Sporen erzielt (Abb. 2).

Der Einsatz innovativer Plasmatechnologien kann eine effiziente Dekontamination von Oberflächen und damit eine Erhöhung der mikrobiologischen Sicherheit ermöglichen.



**Dr. Jörg Ehlbeck**

Dipl.-Physiker, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie Greifswald e. V. (INP), Leiter der Gruppe Plasmabiotechnik am INP, Projektleiter im Forschungsschwerpunkt Plasmamedizin und Dekontamination; seine Forschungsthemen umfassen die Anwendung und Diagnostik von Atmosphärendruckplasmen zur biologischen Dekontamination und die AOM-Laseranalytik

Somit können wirtschaftliche Verluste vermindert oder sogar vermieden werden und zusätzlich zur Produktsicherheit wird das Vertrauen des Konsumenten erhöht. Die mit der Inaktivierung von Mikroorganismen einhergehende Verlängerung der Mindesthaltbarkeit bringt wirtschaftliche Vorteile für Produktion und Handel und reduziert somit die Menge der weggeworfenen Lebensmittel.

**Fazit: weiterer Forschungsbedarf**

Allerdings muss die Forschung in der Zukunft zeigen, wie sich der Einsatz von Plasmen zur Dekontamination auf die Lebensmittelqualität auswirkt. Die DFG-Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln SKLM (2012) bestätigt in ihrer Stellungnahme zum Einsatz von Plasmaverfahren zur Behandlung von Lebensmitteln die Perspektiven der Plasmatechnologie zur Keimreduzierung von Lebensmitteloberflächen, zeigt aber auch den noch notwendigen Forschungsbedarf auf. Hierbei sind u. a. mögliche Auswirkungen auf die sensorischen Komponenten wie Aussehen, Geruch und Geschmack sowie die Inhaltsstoffe zu berücksichtigen. Auch werden in der Forschung bisher nur Labormuster getestet, an der Effizienz von Prototypen und Industrieanlagen muss also gearbeitet werden. Genau zu diesem Zwecke hat sich im Jahr 2012 das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderte und von der neoplas GmbH in Greifswald koordinierte Netzwerk Plasma4Food zusammengefunden. 15 kleine und mittelständische Unternehmen und renommierte Forschungseinrichtungen leiten aus den praktischen Bedarfen der Lebensmittelindustrie Forschungsbedarfe ab und entwickeln gemeinsame F&E-Projekte. Das übergeordnete Ziel ist die Entwicklung, Fertigung und Vermarktung von plasmabasierten Systemen zur effizienten und schonenden Entkeimung von Lebensmitteln und den eingesetzten Produktionsmitteln bis hin zur Verpackung. Die Systeme sollen direkt in den Produktionsprozess des Anwenders inte-

grierbar, praxistauglich und wirtschaftlich tragfähig sein. Wie oben beschrieben, befindet sich die Anwendung von Plasmen zur direkten Dekontamination mit Lebensmitteln noch weitestgehend im Forschungsstadium, während sich hingegen die Behandlung der Produktionsumgebung (Transportbänder, Schneidwerkzeuge etc.) oder von Verpackungen schon in einem marktnahen Stadium befindet.

Auch den rechtlichen Voraussetzungen für die Plasmabehandlung von Lebensmitteln oder Aspekten der Verbraucherakzeptanz widmet sich das Netzwerk. Wissenschaftliche, wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Belange und Notwendigkeiten werden gleichermaßen berücksichtigt. Dieser ganzheitliche Entwicklungsansatz lebt von einer engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, zwischen Partnern aus verschiedensten Disziplinen mit jeweils anderem Blickwinkel und von seiner Offenheit für Interessenten. Dadurch werden wissenschaftliche Erkenntnisse direkt wirtschaftlich und gesellschaftlich relevanten Anwendungen zugeführt und die Innovationskraft der beteiligten Unternehmen erhöht. ■

Verweise finden Sie unter [www.dlr-online.de](http://www.dlr-online.de)  
→ DLR Plus  
Passwort:  
Transfettsäuren

» Bei der Plasma-behandlung von Lebensmitteloberflächen besteht noch Forschungsbedarf in Bezug auf die sensorischen Auswirkungen. «

**Anschrift der Autoren**

**Dr. Christian Theel**  
Technologiemanagement  
neoplas GmbH  
Walther-Rathenau-Str. 49a  
17489 Greifswald  
christian.theel@neoplas.eu

**Uta Schnabel**  
Wiss. Mitarbeiterin, stellv. Leiterin der Gruppe Plasmabiotechnik  
uta.schnabel@inp-greifswald.de

**Dr. Jörg Ehlbeck**  
Leiter der Gruppe Plasmabiotechnik  
Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie Greifswald e. V. (INP)  
Felix-Hausdorff-Str. 2  
17489 Greifswald  
ehlbeck@inp-greifswald.de

## Plasma und Nahrungsmittel

Ein Beitrag zur Lebensmittelsicherheit und Ressourcenschonung

Christian Theel, Uta Schnabel und Jörg Ehlbeck

### Verweise

- *Baier M, Schnabel U, Schlüter O*: Mit angewandter Plasma-Physik zu mehr Sicherheit bei Obst und Gemüse. Rundschau Fleischhygiene Lebensmittelüberwachung **1**, 1–2 (2010).
- DFG-Senatskommission zur gesundheitlichen Bewertung von Lebensmitteln: Stellungnahme zum Einsatz von Plasmaverfahren zur Behandlung von Lebensmitteln (2012).
- *Ehlbeck J, Schnabel U, Polak M, Winter J, von Woedtke Th, Brandenburg R, von dem Hagen T, Weltmann K-D*: Low temperature atmospheric pressure plasma sources microbial decontamination. J Phys D: Appl Phys **44** (1), 013002 (2011).
- *Fröhling A, Durek J, Schnabel U, Ehlbeck J, Bolling J, Schlüter O*: Indirect plasma treatment of fresh pork: Decontamination efficiency and effects on quality attributes. Innov Food Sci Emerging Technol **16**, 381–390 (2012).
- *Perni S, Liu DW, Shama G, Kong MG*: Cold atmospheric plasma decontamination of the pericarps of fruit. J Food Prot **71**, 302–308 (2008).
- *Reineke K, Weber G, Ehlbeck J, Schlüter O*: Schonende Dekontamination von Gewürzen. DLG Lebensmittel **3**, 20–21 (2013).
- *Rød SK, Hansen F, Leipold F, Knochel S*: Cold atmospheric pressure plasma treatment of ready-to-eat meat: Inactivation of *Listeria innocua* and changes in product quality. Food Microbiol **30**, 233–238 (2012).
- *Schnabel U, Niquet R, Krohmann U, Winter J, Schlüter O, Weltmann K, Ehlbeck J*: Decontamination of microbologically contaminated specimen by direct and indirect plasma treatment. Plasma Processes Polymers **9**, 569–575 (2012a).
- *Schnabel U, Niquet R, Krohmann U, Polak M, Schlüter O, Weltmann K, Ehlbeck J*: Decontamination of microbologically contaminated seeds by microwave driven discharge processed gas. J Agric Sci Appl **1**, 100–106 (2012b).