



Am Anfang steht das Erkennen

Kontaminations- und Qualitätserkennung bei Fleisch

Das Vertrauen der Verbraucher in die fleischproduzierende Lebensmittelbranche wird immer wieder von Skandalen erschüttert, wie das jüngste Beispiel der Pferdefleischbeimischung in Fertigprodukten zeigt. Daher ist es nicht verwunderlich, dass der Ruf nach wirksamen Kontrollen in den Betrieben lauter wird. Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB) erarbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler derzeit die Grundlagen für ein online-fähiges Messsystem, das helfen soll, mikrobielle Belastung von Fleisch künftig schnell und sicher zu erkennen.

Routinemäßig wird zurzeit u. a. die pH-Wert-Messung zum Ausschluss von Fleisch niedrigerer Qualität wie blasses, wässriges (PSE) und dunkles, trockenes (DFD) Fleisch durchgeführt. 45 Minuten nach der Schlachtung

werden die Werte an der Waage mit einer pH-Einstichsonde ermittelt. In Verdachtsfällen ordnet der Fleischbeschauer zusätzliche mikrobiologische Untersuchungen an, die jedoch zeit- und materialintensiv sind.

„Die Herausforderung bei den Kontrollen zur Fleischqualität ist zum einen die hohe Stückzahl in der laufenden Produktion und zum anderen die Komplexität und natürliche Varianz des Fleisches. Obendrein verdirbt frisches Fleisch schnell“, erläutert Dr. Julia Durek vom ATB. „Eine Kontrolle muss aus unserer Sicht direkt in der Produktionskette online erfolgen. Die Entwicklung einer effizienten und praxistauglichen Methode birgt aber einige Schwierigkeiten, denn die Messungen dürfen den Ablauf nicht behindern, das Ergebnis muss direkt ablesbar sein und die ggf. erforderlichen Maßnahmen sollen auch schnell umgesetzt werden können.“

Auf das Fleisch geschaut

Für eine Online-Kontrolle sind optische Methoden, die schnell und zerstörungsfrei messen können, am besten geeignet. Bereits kommerziell genutzt werden Reflexionsspektrometer. Sie kommen hauptsächlich bei der Bestimmung der Fleischbestandteile Wasser, Protein, Fett und Bindegewebe zum Einsatz. „Doch die optischen Methoden können viel mehr“, erklärt Julia Durek, „beispielsweise Mikroorganismen detektieren...“

Im Rahmen des DFG/AiF Cluster-Projekts „Minimal Processing in automatisierten Prozessketten der Fleischverarbeitung am Beispiel der Feinerlegung von Schweinefleisch (Schinken)“ wird am ATB derzeit intensiv an der Entwicklung eines Kontaminationsmonitorings direkt im Fleischzerlegungsprozess gearbeitet. Zur schnellen Bestimmung von mikrobieller Kontamination eignen sich neben den reflexionspektroskopischen Messverfahren insbesondere Verfahren zur Messung von Fluoreszenzsignaturen. Fluoreszenz bezeichnet die spontane Emission von Licht kurz nach der Anregung des Materials durch elektromagnetische Wellen oder Licht. „Die Schwierigkeit besteht zunächst darin, die Fluoreszenzsignale, die durch vorhandene Mikroorganismen hervorgerufen werden, von dem Hintergrund der ebenfalls stark fluoreszierenden Fleischmatrix zu trennen“, erklärt ATB-Wissenschaftlerin Dr. Janina Bolling. Wird das Fleisch beispielsweise mit ultraviolettem Licht (280 Nanometer) angeregt, zeigen sich im Emissionsspektrum Fluoreszenzsignale im Wellenlängenbereich zwischen 300 und 400 Nanometern, die auf aromatische Aminosäuren zurückgeführt werden können. Diese Verbindungen liegen sowohl im Fleisch als auch in den verschiedenen Bakterien vor und führen somit zu sich überlagernden Fluoreszenzsignalen – für das Monitoring von Kontaminationen kein brauchbares Resultat.

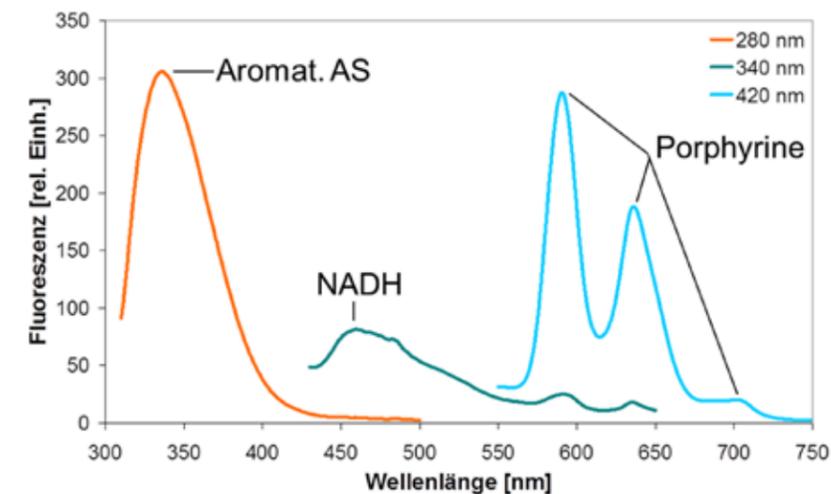


Abbildung 1: Fluoreszenzemission von Fleischinhaltsstoffen bei verschiedenen Anregungswellenlängen



Abbildung 2: Julia Durek und Antje Fröhling diskutieren die Ergebnisse

Angeregt in Blau

Interessant ist dagegen der Anstieg der Intensität der Fluoreszenzemission im roten Wellenlängenbereich (570 – 710 Nanometer), der auf die Präsenz von Protoporphyrinen zurückzuführen ist. Blaues Licht (420 Nanometer) regt deren Fluoreszenz an (Abb. 1). Ein Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Fluoreszenzemissionsintensität und der Zunahme der Gesamtkeimzahl (Kolonienbildende Einheiten pro Quadratzentimeter) auf der Fleischoberfläche konnte bereits nachgewiesen werden.

Während der Lagerung nimmt der Gehalt an Protoporphyrinen, insbesondere von Zn-Protoporphyrin IX (ZnPP), im Fleisch deutlich zu. Ebenso steigt die Anzahl der Mik-



Abbildung 3: Abstimmung der Arbeitsschritte (von links: Julia Durek, Janina Bolling, Antje Fröhling, Amin Ghadiri)

roorganismen. Die Frage, woher die erhöhten Porphyrin-gehalte resultieren, ist noch nicht abschließend geklärt. „Wir vermuten, dass es sich im Kern um eine enzymkatalysierte Reaktion handelt, bei der das ursprüngliche Zentralion im Hämoglobin, Fe^{2+} , durch Zn^{2+} ersetzt wird“, sagt Lebensmittelchemiker Amin Ghadiri, „wobei das Enzym fleischeigen oder mikrobiellen Ursprungs sein kann.“

Schlüssel zu spezifischen Signaturen

Für das Monitoring der Kontamination auf frischem Fleisch ist es wichtig, die spezifischen Signaturen von frischem und kontaminiertem Fleisch sowie der verschiedenen Mikroorganismen klar herauszuarbeiten. Schließlich handelt es sich um Mischsysteme, in denen sowohl die verschiedenen Bakterienstämme als auch die Bestandteile der Fleischmatrix auf das Fluoreszenzsignal einwirken. Welches sind die richtigen Anregungswellen, um Mikroorganismen auf der Oberfläche eindeutig erkennen zu können? Um grundlegende Erkenntnisse über die Autofluoreszenzsignaturen der verschiedenen Bakterien auf der Ebene einzelner Zellen zu erhalten, nutzt Dr. Antje Fröhling die Durchflusszytometrie, ein Verfahren aus der medizinischen Analytik. „Während wir mit der Fluoreszenzspektroskopie nur ein Summenspektrum aller Inhaltsstoffe der in Suspension befindlichen Mikroorganismen messen können, ist es mit Hilfe der Durchflusszytometrie möglich, die Fluoreszenzsignale einzelner Zellen

getrennt voneinander zu betrachten“, beschreibt Antje Fröhling die Vorteile der ergänzenden Untersuchungen.

Effizient durch Konzentration

„Bei spektroskopischen Messverfahren fallen große Datenmengen an. Zudem steht der zeitliche Aufwand für die Messung aller relevanten Fluoreszenzemissionssignale in keinem Verhältnis zu den von der Industrie geforderten Zeiten für ein Online-Monitoring“, erklärt Janina Bolling. „Um eine zeitnahe und somit online-fähige Datenauswertung zu ermöglichen, müssen wir uns auf die Bereiche des Spektrums konzentrieren, die alle für das Kontaminationsmonitoring relevanten Informationen liefern.“ Projektpartner von der Universität Hohenheim werten die Daten diesbezüglich aus. Wird die Messung auf nur wenige ausgewählte Anregungswellenlängen und Emissionswellenlängenbereiche beschränkt, kann die Datenmenge deutlich reduziert werden – Voraussetzung für eine Anwendung in der Praxis.

Kontamination im Bild

„Allerdings sind Spektrometer zur Fluoreszenzbestimmung nicht unsere einzige Möglichkeit im Hinblick auf ein online-fähiges Messsystem für die mikrobielle Belastung von Fleisch“, fügt Janina Bolling lächelnd hinzu. „Wertvolle Informationen, z. B. über das Vorhandensein von Porphyrin erhalten wir, wenn die Anregung im sichtbaren,

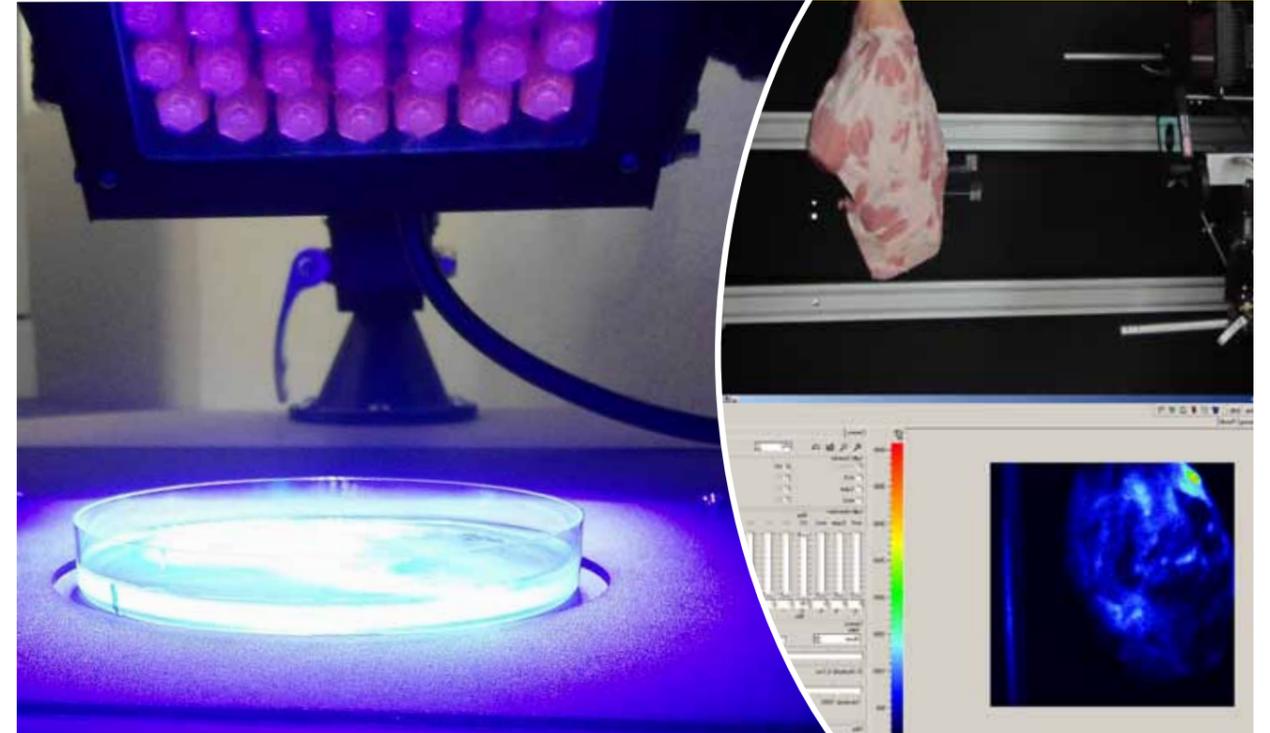


Abbildung 4: Bildgebendes Fluoreszenzmessverfahren: Die kontaminierte Probe wird mit blauem Licht beleuchtet (LED, 420 nm)

blauen Wellenlängenbereich erfolgt.“ Dieses blaue Licht lässt sich mittels LED-Technik kostengünstig und technisch einfach in ein bildgebendes Fluoreszenzmessverfahren einbauen (Abb. 4). Mit Hilfe einer Kamera und einem entsprechenden Vorsatzfilter kann die Kontamination schnell und direkt auf der Fleischoberfläche bestimmt werden. Das bildgebende System hat einen weiteren Vorteil: größere Fleischstücke wie ein Schinken können als Ganzes abgebildet werden, man muss sich nicht auf wenige punktuelle Messungen beschränken. Mit Hilfe dieses Systems soll es künftig möglich sein, kontaminierte Schinken direkt in der Produktion zu erkennen und auszuschleusen.

Rind oder Lamm?

Neben der eher grundlagenorientierten Forschung verfolgt das ATB mit Hilfe instrumenteller Analytik weitere innovative Ansätze zur nicht-invasiven Bestimmung von Qualitätsparametern in Fleisch. Einer der Schwerpunkte: die spektral-optische Erfassung von Qualitätssignaturen von Rindfleisch in der Dönerfleischproduktionskette. Die Qualität von Dönerfleischspießen wird u. a. durch das Mengenverhältnis von Scheiben- bzw. Stückfleisch zu Hackfleisch bestimmt. Fleischspieße aus reinen Fleischscheiben gelten qualitativ als am hochwertigsten. Die ATB-Wissenschaftler wollen mit Hilfe von Reflexions- und Fluoreszenzmessungen an Rindfleisch relevante Emissionsbanden identifizieren, die Aussagen zur inhaltlichen

Zusammensetzung (Protein-, Fett-, Wasseranteil) von Fleischproben ermöglichen. Darüber hinaus sollen die spektralen Messansätze auch dazu dienen, nicht nur zwischen Scheiben- und Hackfleisch unterscheiden zu können, sondern – unter Zuhilfenahme chemometrischer Auswertalgorithmen – künftig auch die Fleischarten Rind, Huhn, Lamm und Schwein gezielt zu identifizieren. Die im Projekt „optimo-Fleisch“ gewonnenen Erkenntnisse sollen in die Entwicklung eines mobilen Handspektrometers einfließen, das Kontrolleuren künftig die prozessbegleitende nicht-invasive Qualitätskontrolle erleichtern soll – und dazu beitragen kann, weitere Verbrauchertäuschungen und Fleischskandale zu verhindern.



Dr. Janina Bolling, Dr. Antje Fröhling,
Dr. Julia Durek, Amin Ghadiri
Leibniz-Institut für Agrartechnik
Potsdam-Bornim e.V.

E-Mail: jbolling@atb-potsdam.de