

Julia Schneider, Janina Wulf, Björn Surowsky, Martin Geyer und Oliver Schlüter, Potsdam

Zerstörungsfreie Untersuchung der Fleischbeschaffenheit mit Hilfe der Fluoreszenzspektroskopie

Die Beschaffenheit von Fleisch wird bislang visuell bestimmt und zusätzlich stichpunktartig an einzelnen Punkten der Produktionskette untersucht. Die Farbe und der pH-Wert des Fleisches sind hierbei neben der mikrobiologischen Untersuchung die am häufigsten verwendeten Entscheidungsparameter. Mit Hilfe der zerstörungsfrei einsetzbaren Fluoreszenzspektroskopie soll die Qualitätskontrolle von der Schlachtung über Lagerung und Transport bis zum Verbraucher ermöglicht werden. In Langzeitversuchen mit unterschiedlichen Lagertemperaturen wurden die Veränderungen der Fluoreszenzsignale der Fleischproben aufgezeichnet und mit den bisher eingesetzten Untersuchungsmethoden verglichen.

Die bislang durchgeführten Kontrollmethoden von der Schlachtung bis hin zum Verkauf umfassen neben der visuellen Begutachtung jeder Schlachtkörperhälfte auch stichprobenartige mikrobiologische Untersuchungen des Fleisches sowie Messungen von Farbe und pH-Wert zur qualitativen Unterscheidung im Hinblick auf DFD- und PSE-Fleisch. Optische Methoden bieten demgegenüber die Möglichkeit eines nicht-invasiven Prozessmonitorings entlang der gesamten Produktionskette. Kommerziell erhältliche Geräte auf der Basis der Reflexionsspektroskopie können hierbei die Hauptkomponenten von Fleisch (Wasser bei 960 bis 1010 nm, Fett bei 930 nm, Proteine bei 875 und 1025 nm und Bindegewebe bei 908 nm) im NIR-Bereich erfassen [1]. Noch selektiver ist die Fluoreszenzspektroskopie, da nicht alle Moleküle aufgrund ihrer chemischen Konstitution die Fähigkeit zur Fluoreszenz besitzen. Im Vergleich zur Absorptions- oder Reflexionsspektroskopie können hierbei auch geringe Mengen geeigneter Substanzen zur Bestimmung der Beschaffenheit von Fleisch mit einem relativ niedrigen Energieaufwand ermittelt werden.

Ziel des interdisziplinären Forschungsverbundes „FreshScan“ [2] ist die Erarbeitung eines mikrosystemtechnischen Messgeräts zur Kontrolle und Optimierung der Prozesse entlang der Fleischproduktion und -verarbeitung. Im Rahmen dieses Projektes wurde der lange Rückenmuskel vom Schwein fluoreszenzspektroskopisch untersucht. Der *Musculus longissimus dorsi* (MLD) wurde einen Tag *post mortem* (p.m.) aus der Schweinehälfte entnommen, in Scheiben geschnitten und lose verpackt in PE-Beuteln bis zu 20 Tage bei 5 oder 12 °C gelagert. Die Fleischproben wurden täglich mit dem Fluoreszenzspektrometer LS55 (Perkin Elmer, Rodgau-Jügesheim) und Anregungswellenlängen von 280, 340 und 420 nm in einem Emissionsbereich von 310 bis 750 nm gemessen.

Fluoreszenzspektroskopische Messungen am MLD

Bild 1 zeigt die Fleischfluoreszenzspektren bei einer Lagerung bei 5 °C beispielhaft für den 18. Tag p.m. dargestellt. Bei einer Wellenlänge von 280 nm werden hauptsächlich aromatische Aminosäuren angeregt. Die In-

Dipl.-Ing. Julia Schneider, Dr. Janina Wulf, Björn Surowsky und Dr. Oliver Schlüter sind Mitarbeiter, Dr. Martin Geyer ist Leiter der Abteilung „Technik im Gartenbau“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V., Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: jschneider@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

Qualität, Fleisch, Fluoreszenz, Porphyrine, nicht-invasiv

Keywords

Quality, meat, fluorescence, porphyrins, non-invasive

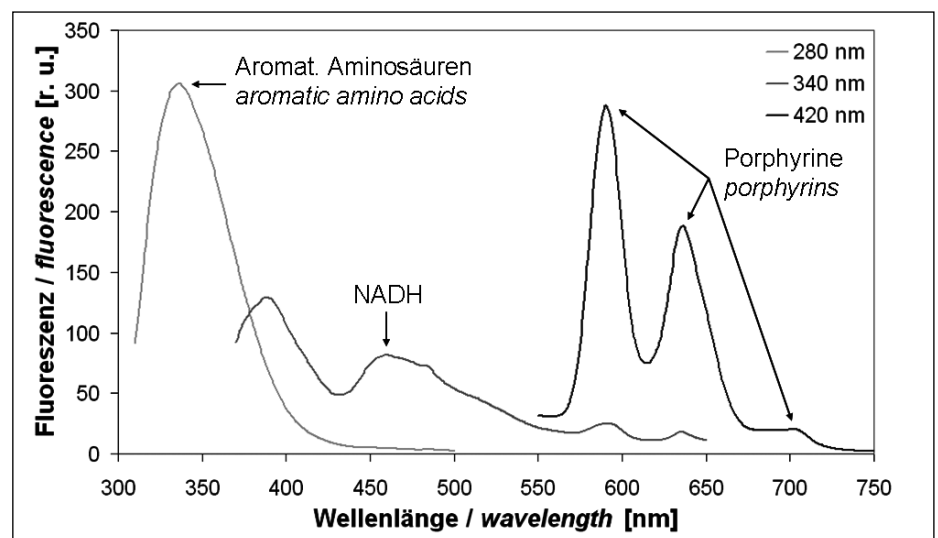


Bild 1: Fluoreszenzspektren ($\lambda_{ex} = 280, 340$ und 420 nm) gemessen an Tag 18 am MLD vom Schwein (Lagerung bei 5 °C)

Fig. 1: Fluorescence spectra ($\lambda_{ex} = 280, 340$ and 420 nm) of porcine MLD at day 18 stored at 5 °C

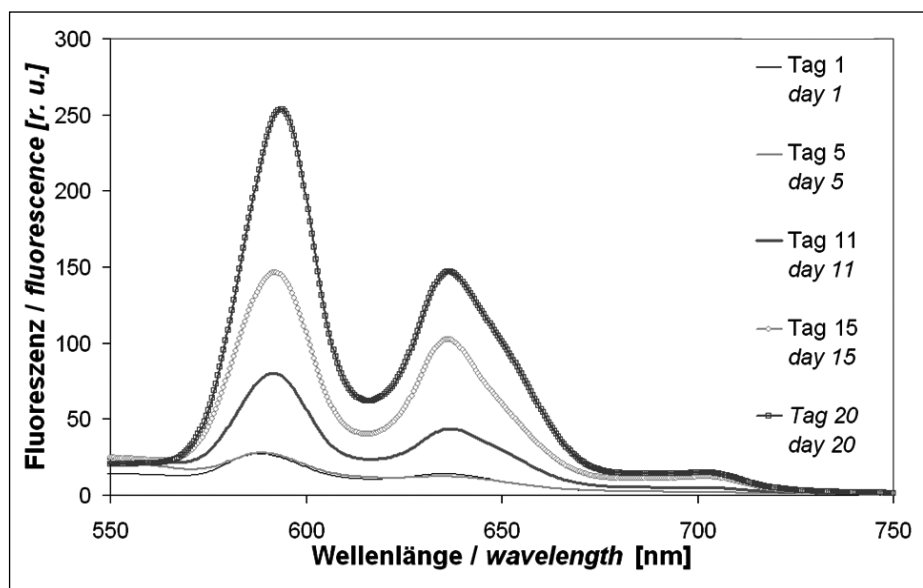


Bild 2: Entwicklung der Fluoreszenzsignale ($\lambda_{\text{ex}} = 420 \text{ nm}$) vom MLD vom Schwein während der Lagerung bei 5 °C

Fig. 2: Development of fluorescence signals ($\lambda_{\text{ex}} = 420 \text{ nm}$) during storage of porcine MLD at 5 °C

tensität ihrer Fluoreszenzemission im Fleisch schwankt zwar im Verlauf der Lagerung, es ist jedoch kein zeitabhängiger Trend erkennbar, so dass die aromatischen Aminosäuren keine geeigneten Parameter zur Bestimmung der Reifung und Alterung des Fleisches darstellen.

Eine Anregungswellenlänge von 340 nm bedingt eine Fluoreszenz von Nikotinamidadeninucleotid (NADH) bei 460 nm. Durch dieses energieliefernde Koenzym wird in der Atmungskette ATP generiert. Nach Eintreten des Todes werden die Zellfunktionen zunächst aufrecht erhalten, wodurch das noch vorhandene NADH verbraucht wird. So ist in den ersten Tagen p.m. ein Maximum bei 460 nm erkennbar, welches jedoch im Verlauf der Alterung abnimmt. Ein erneutes Auftreten der NADH-Fluoreszenz ab etwa dem 18. Tag p.m., wenn das Fleisch bereits dem Verderbnisprozess unterliegt, könnte auf die Produktion von NADH durch Mikroorganismen zurückgeführt werden.

Bei 420 nm werden verschiedene nativ im Fleisch vorhandene Porphyrine angeregt, die zwischen 585 und 710 nm fluoreszieren. Protoporphyrin IX zeigt die maximale Fluoreszenzintensität in einem Bereich von 630 bis 640 nm und 700 bis 710 nm, während Zink-Protoporphyrin IX hauptsächlich in einem Bereich von 585 bis 595 nm und 640 bis 650 nm fluoresziert. Protoporphyrin IX ist eine Vorstufe von Häm, welches in Verbindung mit Proteinen den roten Blutfarbstoff Hämoglobin bildet. Beim Zink-Protoporphyrin IX steht anstelle des zentralen Eisenatoms ein Zinkatom. In ho-

mogenisiertem und vakuumverpacktem Schweinefleisch wurden beide Substanzen bei einer Lagerung über sieben Tage ermittelt [3]. Neben der enzymatischen Katalyse könnte eine Bildung von Zink-Protoporphyrin IX ebenso durch Mikroorganismen hervorgerufen werden [4], womit auch ein Rückschluss auf die mikrobielle Beschaffenheit des Fleisches möglich wäre.

Betrachtet man die Fluoreszenzspektren bei einer Lagerungstemperatur von 5 °C über die gesamte Lagerdauer (Bild 2), so kann eine deutliche Ausprägung ab etwa Tag 11 p.m. dargestellt werden. Eine Lagerung bei 12 °C führt ab etwa dem 6. Tag p.m. zu einem deutlichen Intensitätsanstieg auf ein etwa doppelt so hohes Niveau. Ein beschleunigter Intensitätsanstieg bei einer höheren Lagerungstemperatur kann zum Beispiel als Indikator für eine unerwünschte Unterbrechung der Kühlkette genutzt werden.

Korrelation mit der Begleitanalytik

Neben den fluoreszenzspektroskopischen Messungen wurden die in der Fleischproduktion bereits erprobten Untersuchungen von pH-Wert und Farbe durchgeführt. Im Hinblick auf eine mögliche Korrelation der Daten wurden der pH-Wert im Inneren der Fleischprobe und die Oberflächenfarbe (mit dem Hunter Lab-System) jeder Scheibe erfasst. Die Farbwerte von L (Helligkeit) und b (blau/gelb) zeigten hierbei keinen eindeutigen Trend. Die Werte von a (grün/rot) stiegen zu Beginn der Lagerung wegen der Oxidation von Myoglobin zum hellroten Oxy-myoglobin an und nahmen danach bedingt

durch die Bildung des braunen Metmyoglobins wieder ab. Der pH-Wert blieb über die gesamte Lagerdauer relativ konstant und stieg erst ab etwa Tag 18 p.m. bedingt durch zunehmenden Mikroorganismenbefall an. Es konnte keine Korrelation der Fluoreszenzspektren mit den Werten von pH oder Farbe festgestellt werden.

Fazit

Mit Hilfe der nicht-invasiven Fluoreszenzspektroskopie ist es möglich, indirekte Qualitätsindikatoren für die Beschaffenheit von Schweinefleisch zu ermitteln, die zur Kontrolle und Optimierung der Prozesskette genutzt werden könnten. Die Signale von NADH sowie Protoporphyrin IX und Zink-Protoporphyrin IX könnten als Indikatoren für Verderbnisprozesse herangezogen werden. Übertragen in ein mikrosystemtechnisches Messgerät, welches im Projekt auf Basis der gewonnenen Ergebnisse entwickelt wird, wären diese Parameter zur schnellen Erfassung von abweichenden Prozessbedingungen von großem Vorteil für Produzenten, Händler und Konsumenten.

Literatur

- [1] Freudenreich, P., R. Lautenschläger und W. Rödel: Zuverlässigkeit der Schnellanalytik von Fleisch und Fleischwaren. *Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach* 35 (1996), S. 136-142
- [2] Wulf, J.S., J. Schneider, F. Grzegorzewski, O. Schlüter und M. Geyer: FreshScan – Innovative Konzepte zur Prozess begleitenden Charakterisierung von Lebensmitteln auf Basis mikrosystemtechnischer Detektorvarianten. *Landtechnik* 62 (2007), H. 2, S. 116-117
- [3] Veberg, A., O. Sørheim, J. Moan, V. Iani, P. Juzenas, A. N. Nilsen and J. P. Wold: Measurement of lipid oxidation and porphyrins in high oxygen modified atmosphere and vacuum-packed minced turkey and pork meat by fluorescence spectra and images. *Meat Science* 73 (2006), pp. 511-520
- [4] Diemel, W., R. Pottier, W. Pfister, P. Schleier and K. Zinner: 5-Aminolaevulinic acid (ALA) induced formation of different fluorescent porphyrins: A study of the biosynthesis of porphyrins by bacteria of the human digestive tract. *Journal of Photochemistry and Photobiology* 86 (2007), pp. 77-86