

Schnellanalytische Bestimmung des Wasserbindungsvermögens und anderer Merkmale des PSE-Status von Schweinefleisch mit Hilfe der VIS/NIR-Spektroskopie

Rapid determination of the water-holding capacity and other characteristics of the PSE-status on pork with VIS/NIR spectrometry

K. FISCHER, J. P. LINDNER¹, P. FREUDENREICH, M. SPINDLER und G. SCHÜSSLER

¹ Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Schweinehaltung, Schwarzenau

Zusammenfassung

In der vorgestellten Untersuchung wurde die Eignung der VIS/NIR-Spektroskopie zur Schnellbestimmung des Wasserbindungsvermögens und anderer mit dem PSE-Status verknüpfter Qualitätsparameter von Schweinefleisch geprüft. Hierfür wurden bei den Routine-schlachtungen des *Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Schweinehaltung, Schwarzenau*, 179 Schlachtkörper ausgewählt. Neben der Erfassung üblicher Fleischqualitätsmerkmale wurden an einer 24 h p.m. aus dem Kotelett (*M. longissimus dorsi*) entnommenen Probe VIS/NIR- und Farbmessungen durchgeführt sowie Tropfsaft-, Lager-, Gefrier-/Auftau- und Kochverlust bestimmt. Die VIS/NIR-Analytik (400-2500 nm) erfolgte am unzerstörten Gewebe mit dem NIR-System 6500 (Foss, Silversprings, USA), das mit einem mobilen Messkopf ausgestattet war. An der Kalibrierungsstichprobe konnten für die Merkmale des Saft-haltevermögens mittlere bis hohe Schätzgenauigkeiten ermittelt werden. Bei der Simulation eines unabhängigen Datensatzes (Kreuzvalidierung) verminderte sich die Genauigkeit nur geringfügig. Unbefriedigend blieb jedoch die Schnellbestimmung von Auftau- und Kochverlust. Die Ergebnisse zeigen, dass mit der VIS/NIR-Reflexionsspektroskopie eine zuverlässige Schätzung von Tropfsaftverlust, pH₁, elektrischer Leitfähigkeit und Farbe an unzerstörtem Gewebe prinzipiell möglich ist. Vor einem Einsatz in der Praxis sind neben der Verbesserung gerätetechnischer Details auch Untersuchungen an Probenmaterial aus kommerziellen Schlachtbetrieben und die Überprüfung der Kalibrierung an unabhängigen Stichproben erforderlich.

Summary

In the investigation presented the ability of VIS/NIR spectrometry for a rapid determination of water-holding capacity and other pork quality traits connected with the PSE status was tested. A sample of 179 carcasses derived from the routine slaughtering of the *Training and Research Centre for Pig Production, Schwarzenau*, was selected. In addition to a variety of usual meat quality traits VIS/NIR scans were recorded from a piece of the loin (*M. longissimus dorsi*) which was subsequently used for the determination of drip loss, aging loss, thawing loss and cooking loss. VIS/NIR analysis (400-2500 nm) was performed on intact muscle tissue using the NIR-System 6500 (Foss, Silversprings, USA) equipped with a remote reflectance sensor head. On the sample used for the calibration medium to high accuracies of prediction could be calculated for parameters of the water-holding capacity (R²: 0.75-0.92, SEC: 0.4-1.0 percentage points). Simulating an independent set of data (cross validation) the accuracy diminished only slightly. The rapid analysis of the thawing and cooking loss however, remained unsatisfying. The results show that VIS/NIR reflection spectrometry can basically provide a reliable prediction of drip loss, pH₁, electrical conductivity and colour on intact muscle tissue. Before implementing that tool in the practice however, some features of the instrument have to be improved, and the calibration has to be verified on a really independent validation sample including carcasses from commercial slaughter plants.

Schlüsselwörter

Schnellanalytik – VIS/NIR-Spektroskopie – Wasserbindungsvermögen – Farbe – pH – elektrische Leitfähigkeit – Schweinefleisch

Key Words

rapid analysis – VIS/NIR spectrometry – water-holding capacity – colour – pH – electrical conductivity – pork

Einleitung

Das Wasserbindungsvermögen ist einer der wichtigsten Merkmalskomplexe der Schweinefleischqualität. So machen sich gerade die Gewichtsverluste, die durch austretenden Fleischsaft beim Kühlen und Lagern des Fleisches entstehen, direkt monetär bemerkbar. Starker Saftaustritt wirkt aber auch bei der Vermarktung über SB-Packungen unansehnlich und kann zur Kaufzurückhaltung führen. Dazu kommt im Hinblick auf die Verzehrqualität, dass ein schlechtes Safthaltevermögen in der Regel mit einer weniger ansprechenden blassen Farbe sowie einer geringeren Zartheit und Saftigkeit verknüpft ist.

So besteht sowohl für die Zuchtleistungsprüfung auf Stationen als auch für eine Qualitätseinstufung bei der Vermarktung von Schlachtkörpern und Teilstücken Bedarf an Methoden, mit denen das Safthaltevermögen möglichst exakt bestimmt werden kann. Prinzipiell ist dies sehr gut mit Hilfe der Tropfsaftmethode möglich, die jedoch den gravierenden Nachteil hat, dass der Saftaustritt über wenigstens 24 Stunden verfolgt werden muss und dafür eine 2-3 cm dicke Fleischscheibe verbraucht wird. Deshalb werden solche Messungen in der Leistungsprüfung nur in Ausnahmefällen und in der Praxis der Fleischvermarktung allenfalls bei der Bearbeitung betriebsinterner Fragestellungen durchgeführt. Da gerade bei Schweinefleisch der Tropfsaftverlust ganz wesentlich vom PSE-/DFD-Status beeinflusst wird, kann man sich mit den hierfür üblicherweise benutzten Merkmalen (pH_1 , pH_{24} , LF_{24}) behelfen. Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen diesen Hilfskriterien und dem unter standardisierten Bedingungen gemessenen Tropfsaftverlust mit Bestimmtheitsmaßen um 0,5-0,8 nicht so eng, wie das für eine zuverlässige indirekte Methode wünschenswert wäre. Bei der Suche nach Alternativen ist vor allem an die Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR) zu denken, die sich seit vielen Jahren als schnellanalytisches Verfahren für die Bestimmung von Makroinhaltsstoffen im Fleisch bewährt hat. Besonders in Verbindung mit der Reflexion im Spektrum des sichtbaren Lichts

(visible-VIS) lassen sich aber auch Merkmale, die mit dem PSE-Status zusammenhängen (vor allem Farbe, pH-Wert, Leitfähigkeit), mit hoher Genauigkeit schätzen. Darüber hinaus wurde diese Technik versuchsweise auch schon zur Einschätzung des Wasserbindungsvermögens benutzt (BRONDUM *et al.*, 2000; CANDEK-POTOKAR *et al.*, 2006, FORREST *et al.*, 2000; GEESINK *et al.*, 2003, HOVING-BOLINK *et al.*, 2005; SAVENIJE *et al.*, 2005). Derartige Ansätze werden dadurch begünstigt, dass inzwischen nach dem Reflexionsprinzip messende und mit mobilen Messköpfen ausgestattete Geräte verfügbar sind, die auch Messungen an nativem Gewebe ermöglichen. Die bisher in der Literatur zu findenden Ergebnisse sind jedoch auf Grund unterschiedlicher Gerätesysteme, Messbedingungen und Referenzmethoden sehr uneinheitlich und lassen noch keine abschließende Bewertung zu.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es deshalb, die Datengrundlage für den Einsatz der VIS/NIR-Reflexionsspektroskopie zur Schnellanalytik von Merkmalen, die mit dem PSE-Status verknüpft sind, zu erweitern – und zwar durch Verwendung einer spezifischen Gerätekonfiguration und Einbeziehung eines breiten Spektrums an Kriterien des Wasserbindungsvermögens.

Material und Methoden

Bei den Routineschlachtungen des *Lehr-, Versuchs- und Fachzentrums für Schweinehaltung Schwarzenau* wurde eine Stichprobe von insgesamt 179 linken Schweinehälften so ausgewählt, dass eine möglichst breite Streuung des wichtigsten Hilfsmerkmals zur PSE-Einstufung, des pH_1 -Werts, gewährleistet war. An genetischen Herkünften waren in dieser Stichprobe die Mutterlinien DE und DL sowie Kreuzungen aus diesen und Piétrain, aber auch reinrassige Piétrain-Schweine vertreten. Zusätzlich zu den im Rahmen der Leistungsprüfung ohnehin erfassten Qualitätskriterien pH-Wert (pH-Star), elektrische Leitfähigkeit (LF-Star) und Farbhelligkeit (Opto-Star) wurden weitere Mes-

sungen an anderen Stellen des *M. longissimus dorsi* durchgeführt. Hierzu wurde 24 h p.m. vom LPA-Anschnitt (13./14. Brustwirbel) ausgehend in kaudaler Richtung ein ca. 12 cm langes Probenstück entnommen. Von dessen cranialen Ende wurde nach Herstellung einer frischen Oberfläche eine 2,5 cm dicke Scheibe abgeschnitten, die nach Aufnahme der VIS/NIR-Scans und der Farbmessungen (Minolta CR 300 – D65) für die Tropfsaftbestimmung in Anlehnung an die EU-Standardmethode (HONIKEL, 1998) verwendet wurde. Die Rückwaage erfolgte nach 1, 2, 3 und 6 Tagen. Das restliche Probenstück (im Mittel etwa 350 g) diente zunächst zur Ermittlung des Lagerverlustes bei einer Lagerdauer von ebenfalls 1, 2, 3 und 6 Tagen. Im Gegensatz zur Tropfsaftmethode wurde hierbei die dorsale Sehnenplatte des langen Rückenmuskels entfernt und die Probe liegend im verschlossenen Plastikbeutel aufbewahrt. Anschließend wurde aus der Mitte dieses Stückes eine 2,5 cm dicke Scheibe herausgeschnitten und zur Bestimmung des Gefrier-/Auftauverlustes und – anschließend – des Kochverlustes (Kerntemperatur: 72 °C) verwendet.

Darüber hinaus wurde in die Untersuchung eine weitere Methode zur Tropfsaftmessung einbezogen, die sogenannte EZ-Methode (RASMUSSEN und ANDERSSON, 1996; OTTO *et al.*, 2004). Bei dieser werden aus einer Kotelettscheibe zwei zylinderförmige Stückchen mit einem Durchmesser von 2,5 cm ausgestanzt und in passenden, innen geriffelten Trichtern, in denen der austretende Saft gut ablaufen kann, unter Kühlung aufbewahrt – in der vorliegenden Untersuchung für einen Tag (24-48 h p.m., Messstelle: über 13. Brustwirbel).

Die VIS/NIR-Analytik erfolgte mit dem NIR-System 6500 (Foss, Silversprings, USA) in Verbindung mit einem quaderförmigen Messkopf (Remote Reflectance Sensor Head), der über eine Glasfaseroptik beweglich an die Auswerteeinheit angeschlossen war (Abb. 1). Der verwendete Messkopf ist auf seiner Bodenfläche mit einem ca. 20 cm² großen Fenster versehen, durch welches bei der Messung

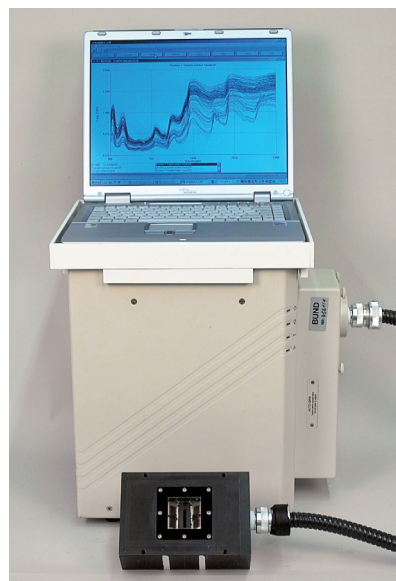


Abb. 1: Die benutzte VIS/NIR-Messeinrichtung mit dem über Glasfaserkabel angeschlossenen Messkopf

Licht definierter Wellenlängen auf die Fleischfläche ausgestrahlt wird. Das jeweils reflektierte Licht gelangt durch dieselbe Öffnung zu den im 45°-Winkel angeordneten Sensoren. Zur Abschirmung von Fremdlicht wurden während des Messvorgangs Probe und Messkopf mit einem schwarzen Tuch abgedeckt. Die aufgenommenen Scans bezogen den Spektralbereich von 400 bis 2500 nm ein, wobei alle 4 nm ein Messvorgang ausgelöst wurde. Ein vollständiger Durchgang dauerte 60 s. Die statistischen Prüfparameter für die Kalibrierung und Kreuzvalidierung wurden mit Hilfe der WINISI-Software (Version 1.50; Infrasoftware International, Port Matilda, USA) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Stichprobe

Zur Kennzeichnung der untersuchten Stichprobe ist in den Abbildungen 2 und 3 die Verteilung der pH₁₋ bzw. pH₂₄₋-Werte dargestellt. Zusätzlich sind in Tabelle 1 das 1., 25., 50., 75. und 99. Perzentil für weitere ausgewählte Merkmale aufgelistet. Diese statistischen Kennzahlen geben jeweils den Wert an, unter dem 1 %, 25 %, 50 %, 75 % und 99 % aller in der Stichprobe gefundenen Werte des untersuchten Merkmals liegen. Das 50. Perzentil ist somit identisch mit dem Median. Aus den

Abbildungen 2 und 3 wird ersichtlich, dass pH₁-Werte <6,0, die schon deutlich ausgeprägte PSE-Erscheinungen erwarten lassen, unterrepräsentiert sind und DFD-verdächtige Fälle mit pH₂₄-Werten >6,0 überhaupt nicht vorkommen. Trotzdem gibt es vor allem bei den Tropfsaft- und Lagerverlusten, aber auch bei der elektrischen Leitfähigkeit (LF₂₄) und beim Auf-

tauverlust eine erhebliche Variationsbreite (Tab. 1). Und die Saftverluste sind in ihrer Höhe durchaus von wirtschaftlicher Bedeutung. So weisen z.B. nach einer Lagerdauer von 6 Tagen 50 % aller Proben einen Gewichtsverlust von über 10 % auf; und in 50 % aller Fälle beträgt der Auftauverlust über 7 % (Tab. 1).

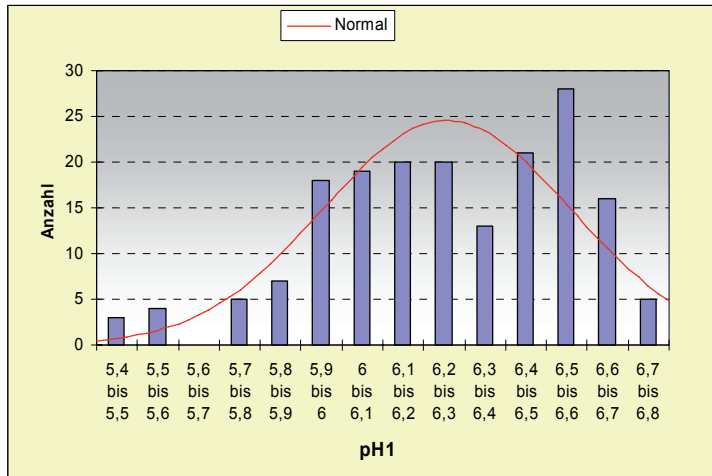


Abb. 2: Verteilung der pH₁-Werte in der untersuchten Stichprobe (n = 179)

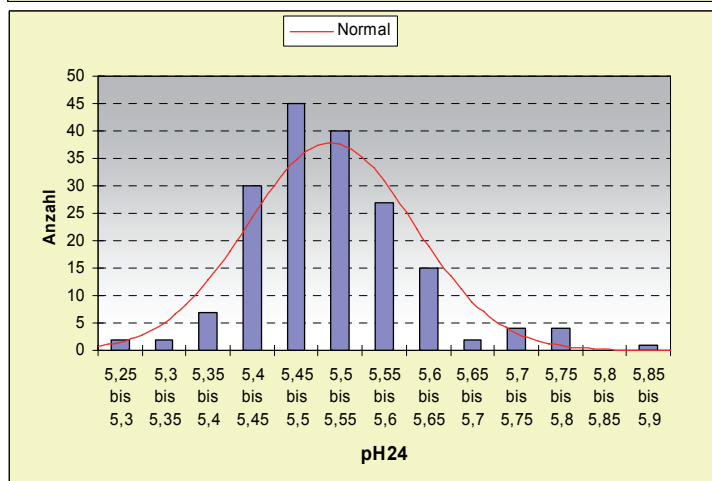


Abb. 3: Verteilung der pH₂₄-Werte in der untersuchten Stichprobe (n = 179)

Tab. 1: Verteilung der Werte von LF₂₄, L* und Merkmalen des Wasserbindungsvermögens in der untersuchten Stichprobe (*M. long. dorsi*, n = 179)

Merkmal	1. Perz.	25. Perz.	50. Perz.	75. Perz.	99. Perz.
LF ₂₄	2,1	3,4	4,7	8,9	12,1
L* ₂₄	42,1	49,6	52,0	54,0	63,0
Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,5	1,6	2,7	4,0	6,8
EZ-Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,2	1,1	2,9	6,4	13,1
Lagerverlust – 1 d, %	0,9	2,5	4,9	7,1	12,2
Tropfsaftverlust – 3 d, %	1,4	3,3	5,0	6,7	9,8
Lagerverlust – 3 d, %	2,0	5,5	8,4	10,7	17,4
Tropfsaftverlust – 6 d, %	2,1	5,1	6,8	8,1	11,1
Lagerverlust – 6 d, %	2,8	7,6	10,4	12,5	18,3
Auftauverlust, %	2,4	6,1	7,2	8,2	11,7
Kochverlust, %	24,9	28,2	29,8	31,0	34,4

Beziehungen Hilfskriterien zu Merkmalen des Wasserbindungsvermögens

Zunächst wurden die Bestimmtheitsmaße für die Beziehungen zwischen bekannten Hilfskriterien und den Zielkriterien (Tropfsaftverluste) an dem vorliegenden Datenmaterial berechnet (Tab. 2). Daraus lassen sich folgende Besonderheiten ableiten:

Die engsten Zusammenhänge, mit R^2 -Werten bis zu nahe 0,8, ergeben sich mit der 24 h p.m. gemessenen elektrischen Leitfähigkeit. Etwas weniger straff ist der pH_1 -Wert mit den Wasserbindungsmerkmalen korreliert; dann folgen pH_{24} und die 24 h p.m. erfassten Merkmale für die Farbhelligkeit (L^* und Opto-Star), deren Bestimmtheitsmaße auf ähnlichem Niveau liegen. Dabei erscheint bemerkenswert, dass zwischen dem pH_{24} -Wert, der ja bei dem untersuchten Material nicht sehr breit gestreut ist (Abb. 3), und den Zielkriterien immer noch R^2 -Werte bis 0,46 zu finden sind. Darüber hinaus wurde auch geprüft, wie weit sich durch die Berechnung multipler Korrelationen, unter Verwendung aller in Tabelle 2 genannten Hilfskriterien, ein noch engerer Zusammenhang mit dem Tropfsaftverlust darstellen ließe. Wie die Bestimmtheitsmaße (Tab. 2, letzte Spalte) zeigen, ist dies jedoch nur in sehr begrenztem Umfang möglich. So erhöhen sich die R^2 -Werte für die Beziehung zwischen dieser Merkmalskombination und dem Tropfsaftverlust im Vergleich zu den Beziehungen, die die elektrische Leitfähigkeit allein erbringt, nur um 0,03 bis 0,08. Ein solches Vorgehen wäre auch für die Praxis nicht von Interesse, da dann gleich

vier oder fünf Messverfahren parallel eingesetzt werden müssten.

Aus Tabelle 2 geht weiterhin hervor, dass die Beziehungen der Hilfskriterien zum Tropfsaftverlust mit zunehmender Messdauer (1-6 Tage) lockerer werden. Bei den Lagerverlusten ist es in der Tendenz eher umgekehrt. Außerdem sind die Zusammenhänge mit den Tropfsaftverlusten in den meisten Fällen straffer als mit den Lagerverlusten. Dies könnte seine Ursache in Lokalisationseffekten auf die Fleischqualität haben: VIS/NIR-Messung und Tropfsaftbestimmung wurden jeweils an derselben Scheibe (Höhe 14. Brustwirbel) durchgeführt, während die „Lagerverlust-Probe“ aus einer weiter kaudal gelegenen Region des *M. longissimus dorsi* stammte. Außerdem lässt sich die Tropfsaft-Bestimmung nach der EU-Standardmethode, bei der eine stets gleich dicke Scheibe in einem passenden Container aufgehängt wird, besser standardisieren als die Messung des Gewichtsverlustes eines größeren Fleischstückes, das während der Lagerung im Kontakt zum ausgetretenen Fleischsaft bleibt.

Der vor dem Einfrieren entstandene Saftverlust ist negativ mit dem Auftauverlust korreliert. So liegt z.B. der Korrelationskoeffizient für die Beziehung zwischen Lagerverlust nach 6 Tagen und Auftauverlust bei $R = -0,6$ (nicht tab. dargestellt). Dementsprechend ist der Auftauverlust im Vergleich zu Tropfsaft- oder Lagerverlusten auch gegenläufig mit den Hilfskriterien korreliert. Das bedeutet, dass gerade bei

Tab. 2: Bestimmtheitsmaße (R^2) für die Beziehungen zwischen leicht erfassbaren Hilfskriterien und ausgewählten Kennwerten des Wasserbindungsvermögens (*M. long. dorsi*, $n = 179$)

Merkmal	pH_1	pH_{24}	LF_{24}	Opto-Star	L^*_{24}	multipl
EZ-Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,71	0,35	0,79	0,43	0,46	0,86
Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,56	0,38	0,74	0,42	0,41	0,77
Tropfsaftverlust – 3 d, %	0,55	0,40	0,67	0,42	0,40	0,72
Tropfsaftverlust – 6 d, %	0,46	0,40	0,56	0,38	0,36	0,64
Lagerverlust – 1 d, %	0,52	0,40	0,56	0,40	0,32	0,66
Lagerverlust – 3 d, %	0,56	0,46	0,58	0,48	0,42	0,71
Lagerverlust – 6 d, %	0,53	0,45	0,53	0,50	0,45	0,69
Auftauverlust, %	0,24	0,26	0,32	0,23	0,16	0,37
Kochverlust, %	0,14	0,16	0,18	0,17	0,11	0,22

Schweinefleisch mit erwünschten pH-, Leitfähigkeits- oder Farbwerten mit höheren Auftauverlusten gerechnet werden muss.

Schätzung von Hilfs- und Zielkriterien des Wasserbindungsvermögens mit VIS/NIR

Mit der hier verwendeten Gerätekonfiguration lassen sich sowohl die wichtigsten Hilfskriterien, die üblicherweise zur Kennzeichnung des PSE-Status und damit auch des Wasserbindungsvermögens herangezogen werden, als auch die direkten Kriterien des Saffthaltevermögens von Frischfleisch mit hoher Genauigkeit schätzen (Tab. 3). An dem Datensatz, auf dem die Kalibrierung beruht, werden für die elektrische Leitfähigkeit und den Tropfsaftverlust nach einem Tag (Standardmethode) Bestimmtheitsmaße von 0,94 bzw. 0,92 bei Schätzfehlern von 0,73 bzw. 0,42 erreicht. Bei der Simulation eines unabhängigen Datensatzes (Kreuzvalidierung), vermindert sich die Genauigkeit nur geringfügig. Die Bestimmtheitsmaße für die Schätzung werden jedoch mit zunehmender Messdauer kleiner. Der für die Praxis noch interessantere Lagerverlust wird mit etwas geringerer Sicherheit ge-

schätzt, wobei es jedoch zwischen Kalibrierungs- und Validierungsstichprobe kaum nennenswerte Unterschiede gibt. Wie die Daten in Tabelle 3 zeigen, lassen sich mit der VIS/NIR-Technik auch die pH- und Farbwerte mit hoher Genauigkeit schätzen, während dies im Hinblick auf Auftau- und Kochverlust nicht gelingt.

Vergleiche mit Literaturergebnissen sind problematisch, weil diesen auch bei Verwendung des gleichen Grundgeräts und des gleichen Wellenlängenbereichs jeweils ein anderes Probenhandling und andere Messbedingungen zugrunde liegen. CANDEK-POTOKAR *et al.* (2006), die VIS/NIR-Messungen unter anderem an 2-3 mm dicken Fleischscheiben durchführten, berichten im Hinblick auf den EZ-Tropfsaftverlust von etwas ungünstigeren Schätzparametern (R^2 bei Kalibrierungsstichprobe: 0,62 nach 1-tägiger und 0,74 nach 2-tägiger Messzeit, Schätzfehler um 1,8). In ähnlicher Größenordnung liegen auch die von BRONDUM *et al.* (2000) mitgeteilten Werte. GEESINK *et al.* (2003), die mit einem andern Gerät arbeiteten, ermittelten für die Schätzung des Tropfsaftverlustes ein Bestimmtheitsmaß von 0,55.

Tab. 3: Schätzungsgenauigkeit der VIS/NIR-Spektroskopie für ausgewählte Merkmale der Fleischqualität

Merkmal	Kalibrierung ^a		Kreuzvalidierung ^b	
	R^2	Schätzfehler	R^2	Schätzfehler
pH ₁	0,89	0,09	0,75	0,14
pH ₂₄	0,61	0,04	0,58	0,04
LF ₂₄	0,94	0,73	0,85	1,13
L* ₂₄	0,91	1,10	0,87	1,31
EZ-Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,89	1,04	0,84	1,27
Tropfsaftverlust – 1 d, %	0,92	0,42	0,86	0,58
Tropfsaftverlust – 2 d, %	0,75	0,93	0,73	0,97
Tropfsaftverlust – 3 d, %	0,81	0,86	0,76	0,96
Tropfsaftverlust – 6 d, %	0,78	0,93	0,67	1,12
Lagerverlust – 1 d, %	0,61	1,65	0,60	1,66
Lagerverlust – 2 d, %	0,67	1,68	0,66	1,70
Lagerverlust – 3 d, %	0,71	1,60	0,70	1,62
Lagerverlust – 6 d, %	0,72	1,52	0,72	1,53
Auftauverlust, %	0,35	0,97	0,33	0,98
Kochverlust, %	0,32	1,37	0,27	1,43

^a Berechnung am Datensatz der Kalibrierungsstichprobe

^b Berechnung am Datensatz der Kreuzvalidierung

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen SAVANIJE *et al.* (2005). Sie empfehlen deshalb, die VIS/NIR-Analytik im Hinblick auf den Tropfsaftverlust nicht zur Schätzung von Absolutwerten sondern zur Einstufung in Qualitätsklassen einzusetzen. Dass in der eigenen Untersuchung vergleichsweise gute Schätzergebnisse erzielt werden konnten, mag auch daran liegen, dass VIS/NIR-Messung und Tropfsaftbestimmung an exakt derselben Scheibe durchgeführt wurden. Damit waren topografisch bedingte Einflüsse ausgeschaltet, die in anderen Arbeiten durch die Wahl unterschiedlicher Messstellen eine Rolle gespielt haben könnten und wahrscheinlich im Hinblick auf eine Übertragung des Verfahrens in die Praxis in Kauf genommen wurden.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen, dass über die VIS/NIR-Reflexionsspektroskopie eine zuverlässige Schätzung des Wasserbindungsvermögens am unzerstörten Muskelgewebe prinzipiell möglich ist. Auf längere Sicht könnte sie die wesentlich aufwändigere Tropfsaftbestimmung zumindest im Routinebetrieb der Leistungsprüfanstalten ersetzen. Dies hätte darüber hinaus den Vorteil, dass sich im Zuge desselben Messvorgangs auch der intramuskuläre Fettgehalt erfassen ließe. Das in der vorgestellten Untersuchung benutzte System hat jedoch auch Nachteile, die einem Einsatz als Online-Verfahren in Schlacht- und Zerlegebetrieben im Wege stehen. Dazu gehören vor allem die Größe und Unhandlichkeit des Messkopfes (Abb. 1), dessen zuverlässige Funktion nur an plan zugeschnittenen Fleischscheiben gewährleistet ist, sowie die lange Messdauer von 60 Sekunden. Neben Verbesserungen gerätetechnischer Details sind vor einem Einsatz in der Praxis auch noch Untersuchungen an umfangreicherem Probenmaterial – auch solchem aus kommerziellen Schlachtbetrieben – und die Überprüfung der Kalibrierung an einer völlig getrennt erfassten Stichprobe erforderlich.

Literatur

- Brondum, J., Munck, L., Karlsson, A., Tornberg, E., Engelsen, S.B. (2000). Prediction of water holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy. *Meat Science* 55, 177-185
- Candek-Potokar, M., Prevolnik, M., Skrlep, M. (2006). Ability of near infrared spectroscopy to predict pork technological traits. *J. Near Infrared Spectrosc.* 14, 269-277
- Forrest, J.C., Morgan T.M., Borggaard, C., Rasmussen, A.J., Jespersen B.L., Andersen, J.R. (2000). Development of technology for the early post mortem prediction of water holding capacity and drip loss in fresh pork. *Meat Science* 55, 115-122
- Geesink, G.H., Schreutelkamp, F.H., Frankhuizen, R., Vedder, H.W., Faber, N.M., Kranen, R.W., Gerritzen, M.A. (2003). Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. *Meat Science* 65, 661-668
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49, 447-457
- Hoving-Bolink, A.H., Vedder, H.W., Merks, J.W.M., de Klein, W.J.H., Reimert, H.G.M., Frankhuizen, R., van den Broek, W.H.A.M., Lambooj, E. (2005). Perspective of NIRS measurements early post mortem for prediction of pork quality. *Meat Science* 69, 417-423
- Otto, G., Roehe, R., Looft, H., Thoelking, L., Kalm, E. (2004). Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs. *Meat Science* 68, 401-409
- Rasmussen, A.J., Andersson M. (1996). New method for determination of drip loss in pork muscles. *Proceedings 42nd International Congress of Meat Science and Technology, Lillehammer* (pp. 286-287), September 1-6, Lillehammer, Norway
- Savenije, B., Geesink, G.H., van der Palen J.G.P., Hemke, G. (2005). Determination of pork quality characteristics using VIS/NIR spectroscopy. *Proceedings 51st International Congress of Meat Science and Technology, Baltimore* (pp. 280-287), August 7-12, Baltimore, Maryland USA

