

Schnellanalytik der Rohfleischqualität zur Schinkenproduktion – Eine Online-Methode

Rapid analysis of the raw meat quality for ham production – an online method

P. FREUDENREICH, K. FISCHER und W. BRANSCHIED

Zusammenfassung

Eine der am weitesten verbreiteten Methoden für die Schnellbestimmung von Wert bestimmenden Merkmalen in Fleisch und Fleischwaren ist die Nah-Infrarot-Spektroskopie. Sie wird nicht nur in Forschungsinstituten und Untersuchungsämtern weithin angewandt, sondern ist auch bereits als Standardverfahren in Produktionsbetrieben etabliert. Im Vordergrund der eigenen Untersuchungen, die sich auf NIR-Messungen im Online-Betrieb beziehen, stand die Schätzung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) im Schinken unmittelbar nach der Schlachtung (<1 h p.m.). Das Projekt wurde an 242 Schlachtkörpern aus der Routineschlachtung eines kommerziellen Schlachtbetriebs durchgeführt. Als Gerätekonfiguration der Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIR) kam das verhältnismäßig langsam arbeitende NIR-System 6500, Foss (Versuchsgerät, Messzeit 60 s) mit einem Kontaktmesskopf zum Einsatz. Für die NIR-Messungen wurde die am gespaltenen Schlachtkörper frei liegende Muskelfläche des *M. semimembranosus* (Oberschale) genutzt. Die Ergebnisse der NIR-Messungen wurden mit der Laboranalyse verglichen. Mit dem hier benutzten NIR-System wird eine hohe Schätzgenauigkeit für die Ermittlung des intramuskulären Fettgehalts im Schinken erreicht. Das Bestimmtheitsmaß (R^2) liegt zwischen 75 und 79 % bei einem Standardfehler der Schätzung von $\pm 0,37$. Die Anwendung der Methode in der Praxis des Schlachtbetriebes erscheint aussichtsreich.

Summary

Near infrared spectrometry is one of the most common methods for the rapid analysis of quality characteristics determining the value of meat and meat products. It is used not only in research institutes and official food control centres. It has already been established as a standard technique in production enterprises. The main focus of the own investigation, which refers to NIR measurements in the online operation, is the estimation of the fat content (IMF) in the ham immediately after slaughter (1 h p.m.). The project was accomplished at 242 carcasses obtained from the routine slaughtering of a commercial slaughter plant. As device configuration of the near infrared reflection spectroscopy (NIR) the relatively slowly working NIR system 6500, Foss (test device, measuring time 60 s) with a contact measuring head was used. The NIR measurements were carried out at the surface of the semimembranosus muscle, being visible at the medial side of the split carcass. The results of the NIR measurements were compared with the laboratory analysis. With the NIR system used in this investigation high accuracy for the estimation of the fat content in the ham muscles has been reached. The coefficients of determination (R^2) range from 75 to 79 % with a standard error of estimation of ± 0.37 . The application of the method in the practice of slaughter plants appears promising.

Schlüsselwörter Schnellanalytik – NIR-Spektroskopie – Rohfleischqualität – Schinken – Online-Methode

Key Words rapid analysis – NIR spectrometry – raw meat quality – ham – online method

Einleitung

Der intramuskuläre Fettgehalt (IMF) wird als wichtiges Merkmal für den Genusswert von Schweinefleisch angesehen (BEJERHOLM, 1986; FERNANDEZ *et al.*, 1999). Aufgrund der Bezahlungssysteme für die Erzeugung von Schweinefleisch, sind die Zuchtanstrengungen in Deutschland im Wesentlichen auf die Erhöhung des Muskelfleischanteils bei gleichzeitiger Verringerung des Auflagefettes gerichtet. Aufgrund des Merkmalsantagonismus zwischen IMF und Muskelfleischanteil und weitgehend fehlender Berücksichtigung des IMF im Zuchtziel führte die Selektion zu verringerten IMF-Gehalten. In relevanten Populationen wird der aus sensorischer Sicht wünschenswerte Fettgehalt von ca. 2 % im *M. longissimus dorsi* kaum noch erreicht (LENGERKEN *et al.*, 2007; BERG *et al.*, 1999). So wiesen im Warentest für Mastferkel 2001/2002 über 50 % der geprüften Schlachtschweine im Kotelett IMF-Werte unter 1 % auf, nur knapp 3 % der Tiere hatten mehr als 2 % (WARENTEST, 2002; MÖRLEIN, 2005). Auch in einem von LAUBE *et al.* (2000) durchgeführten Feldversuch mit verschiedenen Vaterlinien erreichten nur Nachkommen von dänischen Duroc-Ebern 2 % IMF; die deutschen Herkünfte lagen im Mittel zwischen 1,2 und 1,5 %. Die genetischen Voraussetzungen für eine züchterische Bearbeitung des IMF wären gegeben, denn die hierzu erforderliche Variabilität innerhalb der Herkünfte sowie die Heritabilität des intramuskulären Fettgehaltes sind ausreichend hoch (LENGERKEN *et al.*, 1988; BRANDT, 1996; LAUBE *et al.*, 2000; GÖTZ *et al.*, 2001).

Ziel der vorgestellten Untersuchung war es zu prüfen, ob die Schätzung des intramuskulären Fettgehaltes mit dem schnellanalytischen Verfahren der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIR) bereits am schlacht-

warmen Schinken ohne Wertminderung möglich ist. Hintergrund der Versuchsanstellung waren erweiterte Anforderungen, die in der Sortierung des Ausgangsmaterials für die Rohschinkenproduktion berücksichtigt werden sollten. Üblicherweise werden bisher nur Richtwerte hinsichtlich des Schlachtgewichtes (80 bis 100 kg) und des Muskelfleischanteils (>55 %) vorgegeben. Sofern bestimmbar, wäre die ergänzende Einbeziehung des intramuskulären Fettgehalts höchst wünschenswert. Der vorliegende Beitrag befasst sich daher mit den technischen Voraussetzungen für die Schätzung des IMF im Schinken sowie der Definition einer repräsentativen Messstelle am Schlachtkörper.

Material und Methoden

Die Projektdurchführung erfolgte an Schlachtschweinen des Schlachtbetriebes der Südost Fleisch GmbH in Altenburg im Jahr 2006.

Für die Untersuchung wurde aus den laufenden Schlachtungen eine Stichprobe gezogen, die nach Schlachtgewicht und Muskelfleischanteil (MFA) geschichtet war (Tab. 1). Um eine möglichst große Varianz des Materials zu erreichen, wurden die Erhebungen auf 13 Schlachtstage verteilt. Von den ursprünglich vorgesehenen 300 Schlachtkörpern konnten aus versuchs-technischen Gründen jedoch nur 242 untersucht werden.

Die NIR-Analytik erfolgte mit dem NIR-System 6500 (Foss, Silver Spring, USA). Der über ein 2 m langes Lichtleiterkabel mit der Auswerteeinheit verbundene Messkopf (Remote Reflectance Benchtop) hat eine Messöffnung von 20 cm² und kann sowohl am gespaltenen Schlachtkörper (Abb. 1) als auch an Teilstücken

Tab. 1: Zusammensetzung der gezogenen Stichprobe

Gewichtsbereich	MFA < 54 %	MFA 54-57 %	MFA > 57 %	Gesamt
< 85 kg	30	35	35	100
85-95 kg	30	35	35	100
> 95 kg	30	35	35	100
Gesamt	90	105	105	300

Abb. 1: Anschnitt der Messlokalisationen am *M. semimembranosus* (1) und am *M. adductor* (2). Links der in die Haltevorrichtung eingehängte Messkopf des Gerätes NIR-System 6500 (Foss, Silver Spring, USA)

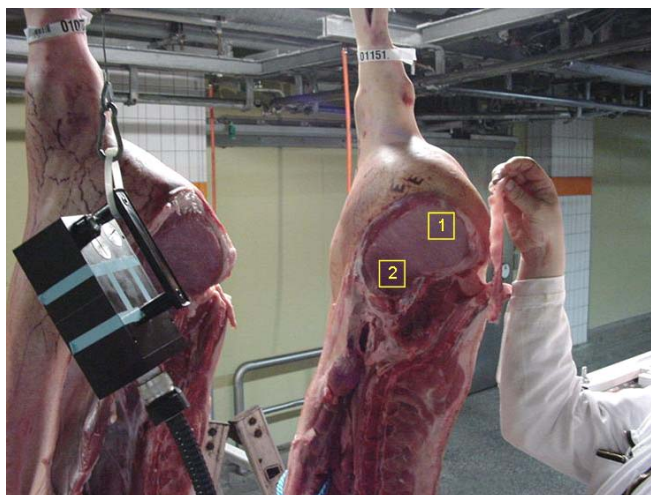
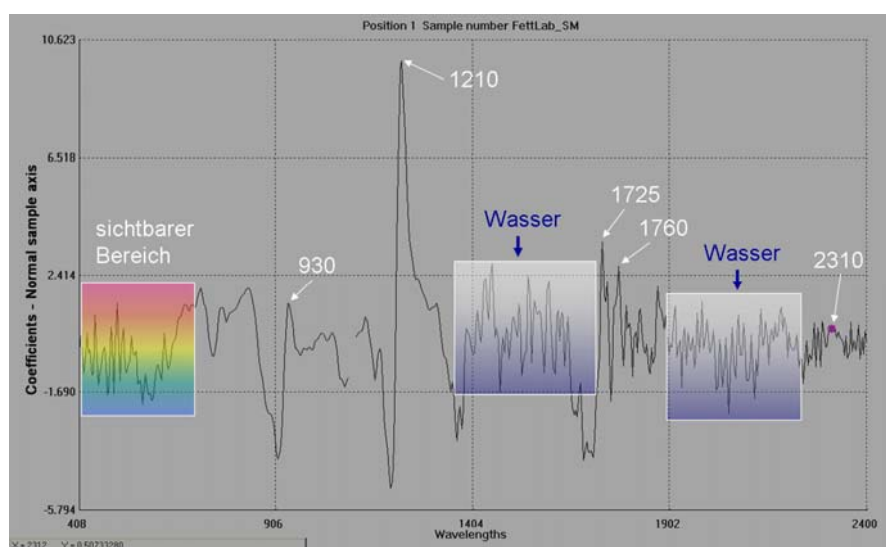


Abb. 2: Lokalisierung des intramuskulären Fettgehaltes auf den NIR-Spektren des NIRS-6500 (Wellenlängenbereich 400-2500nm)



eingesetzt werden. Der verwendete Lichtleitersonden-Messkopf bestrahlt die Probe im Winkel von 90°. Als Reflexions-Detektoren dienen vier Bleisulfid-Detektoren (1100-2500 nm) und zwei Silizium-Detektoren (400-1100 nm); sie sind in einem Winkel von 45° zur Oberfläche der Probe angeordnet. Diese Gerätekonfiguration ist vorrangig für die Erarbeitung von Grundlagen in der Online-Messtechnik zu sehen. Die erfassten NIR-Spektren (1050 Datenpunkte bei 24 Messwiederholungen) werden über das Display des Laptops angezeigt. So ist bereits nach 60 s eine Plausibilitätskontrolle möglich.

In Vorarbeiten mit dem NIR-System 6500 musste zunächst ermittelt werden, in welchen Spektralbereichen nutzbare Informationen für die jeweiligen Schätzungen vorhanden sind. Hierzu wurden die vorgefer-

tigten Programme des Gerätes genutzt (WINISI-Software, Version V 1.5). Die Ergebnisse in Abbildung 2 zeigen neben dem IMF auch die Spektralbereiche für den Wassergehalt des Fleisches. Der IMF ist mit durchschnittlichen Informationen im Wellenbereich von 930, 1725, 1760 nm zu finden. Die meisten Informationen werden bei 1210 nm geliefert. Die Spektren im „verrauschten“ Bereich (um 2310 nm) sind dagegen nur gering aussagefähig. Im sichtbaren Bereich von 400 bis 700 nm kann auch die Fleischfarbe (L^* , a^* , b^*) sicher geschätzt werden.

Die Online-Messung mit der NIR -Technik wurden ca. 45 min. p.m. durchgeführt. Als Messstellen wurden die Schinkenmuskeln *M. semimembranosus* und *M. adductor* (Abb. 1) ausgewählt. Sie liegen im Anschnitt des gespaltenen Schlachtkörpers

teilweise frei und sind daher von der medialen Seite für die Messsonde zugänglich. Allerdings waren die Schlachtkörper nicht immer exakt gespalten und die medialen Seiten dieser Muskeln oft noch von Faszien und Fettgewebe bedeckt. Deshalb wurden die Messflächen grundsätzlich plan vorgeschnitten (Abb. 1, rechts). Doch selbst dann erwiesen sich die Messungen am *M. adductor* als problematisch, weil der z.T. hervorstehende Schlossknochen ein exaktes Anlegen des verhältnismäßig großen Messkopfes erschwerte. Die Fleischtemperatur lag zum Zeitpunkt der Messung durchschnittlich bei 41 °C.

24 h p.m. wurden die Schinken grob-geweblich zerlegt und die Proben für die konventionelle IMF-Bestimmung (Extraktion mit Petroleumbenzin, ohne HCl-Aufschluss) entnommen. Bedingt durch die komplexen Verhältnisse im Schinken waren zumindest 5 große Einzelmuskeln zu berücksichtigen (Abb. 3).

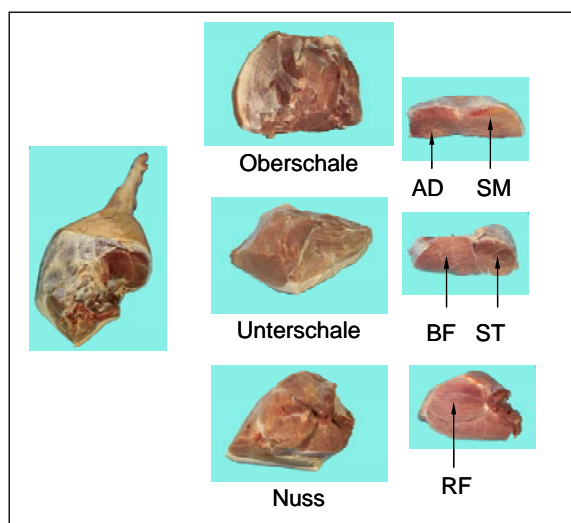


Abb. 3: Probennahme von fünf relevanten Teilmuskeln des Schinkens (SM *M. semi-membranosus*, AD *M. adductor*, BF *M. biceps femoris*, ST *M. semitendinosus*, RF *M. rectus femoris*)

Ergebnisse und Diskussion

Die Merkmale der Schlachtkörperqualität weisen überwiegend auf eine breite Streuung des Tiermaterials hin (Tab. 2). Die Variationskoeffizienten der meisten Merkmale liegen deutlich über 10 %, lediglich der Muskelfleischanteil weist eine geringere Streuung auf. Dennoch belegen auch hier die Minima und Maxima, dass extreme Schlachtkörper im oberen wie im unteren Bereich vertreten sind. Im Hinblick auf die vorliegende Untersuchung ist aber bedeutsam, dass das Speckmaß auf eine hohe Variabilität der Gesamtverfettung hinweist, die auch im Schinken zum Tragen kommen sollte.

Die Schinkengewichte weisen eine erhebliche Streuung auf und liegen im Bereich von 8 bis 15 kg. Für die Schinkenqualität ist aber auch die Ausprägung der bedeutenden Muskelpartien, wie Oberschale, Unterschale und Nuss, entscheidend. Diese haben durchschnittliche Anteile am gesamten Schinken von 19, 23 bzw. 13 % (Abb. 4).

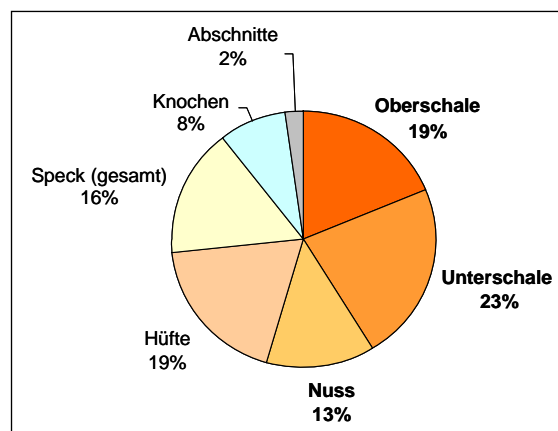


Abb. 4: Zusammensetzung des Schinkens (Anteile in %)

Tab. 2: Merkmale der Schlachtkörperqualität

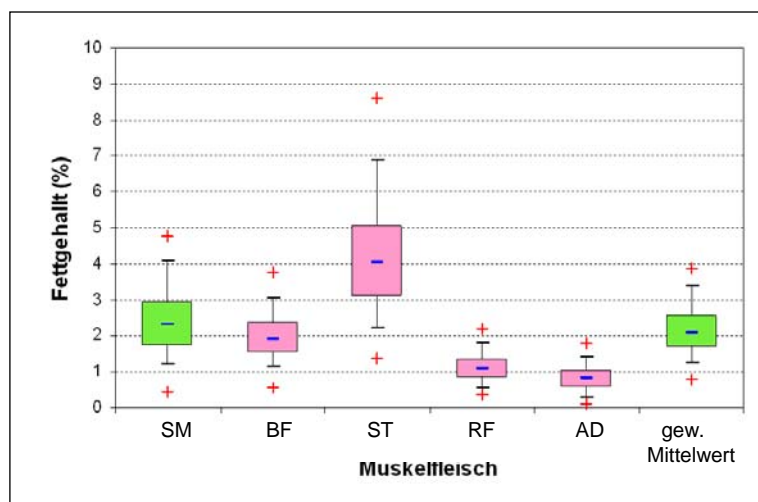
	Mittelwert	±s	VK (%)	min	max
Schlachtgewicht (kg)	91,3	9,6	10,5	87	114
Schinkengewicht (kg)	11,6	1,5	12,9	8	15
Muskelfleisch (%)	55,6	4,3	7,8	44	64
Speckmaß (mm)	16,3	3,9	24,2	9	27
Fleischmaß (mm)	56,7	7,8	13,7	33	78

Von besonderem Interesse für die Untersuchung sind die IMF-Gehalte der einzelnen Muskeln (Abb. 5). Die Mittelwerte zeigen, dass es je nach Muskel erhebliche Unterschiede gibt, die gut mit den Befunden von FISCHER (1994) übereinstimmen: Am fettreichsten ist der *M. semitendinosus* (4 % Fett), während *M. adductor* und *M. rectus femoris* (jeweils 1 % Fett) fettarm sind und jegliche Marmorierung vermissen lassen.

Auch innerhalb der einzelnen Messstellen ist die Streuung im IMF erheblich (Abb. 5). Dabei ist besonders hervorzuheben, dass der *M. semimembranosus*, an dem die Online-Messungen mit dem NIR-Gerät vorgenommen wurden, besonders güns-

tige Streuungsverhältnisse aufweist: im Boxplot liegen Minimum und Maximum zwischen 0,5 bis 4,8 %. Der Mittelwert liegt in diesem Muskel bei 2,4 % und somit auf einem Niveau, das bei Frischfleisch als Voraussetzung für hohe sensorische Qualität angesehen wird. Dabei ist bemerkenswert, dass der „gewichtete Mittelwert“ (Mittelwert aller 5 untersuchten Muskeln unter Berücksichtigung der jeweiligen Gewichtsanteile) bei 2,2 % und damit auf ähnlicher Höhe liegt wie der *M. semimembranosus*. Auch dieser Sachverhalt spricht für die Eignung dieses Muskels als Referenzmuskel für die intramuskuläre Verfettung der gesamten Schinkenmuskulatur.

Abb. 5: Intramuskulärer Fettgehalt (%) der Muskeln des Schinkens (n=242)



Tab. 3: Schätzgenauigkeit der intramuskulären Fettgehalte schlachtwarm (45 min p. m.) mit NIR-System 6500

	Mittelwert	Bereich	R ² (%)	SECV
<i>M. semimembranosus</i>	2,25	0,14-4,36	79	0,37
<i>M. adductor</i>	0,81	0,30-1,80	35	0,24
gewichteter IMF	2,05	0,40-3,70	75	0,29

Tab. 4: Korrelation der intramuskulären Fettgehalte von fünf Schinkenmuskeln zueinander (n = 242)

	SM	AD	BF	RF	ST
SM	-				
AD	0,42	-			
BF	0,75	0,51	-		
RF	0,59	0,40	0,66	-	
ST	0,82	0,33	0,73	0,60	-
gewichteter IMF	0,94	0,51	0,89	0,71	0,91

Die Schätzgenauigkeiten des IMF mit dem NIR-System 6500 schlachtwarm (45 min p. m.) zeigen, dass der IMF-Gehalt des *M. semimembranosus* aus dem Teilstück Oberschale mit einem Bestimmtheitsmaß (R^2) von 79 % und einem Standardfehler der Kreuzvalidierung (SECV) von 0,37 relativ gut geschätzt werden kann. Der gewichtete IMF-Gehalt des Schinkens hat zwar ein etwas geringeres Bestimmtheitsmaß, aber dafür einen günstigeren Schätzfehler. Die Schätzgenauigkeit des IMF am *M. adductor* mit einem Bestimmtheitsmaß von 35 % ist unbefriedigend.

Mit der Korrelationsanalyse wurde geprüft, ob beide Messstellen (*M. semimembranosus* und *M. adductor* am Muskelfleisch der Oberschale) in gleicher Weise zur Online-Bestimmung des IMF brauchbar sind. Die Matrix (Tab. 4) zeigt, dass der *M. semimembranosus* diesbezüglich dem *M. adductor* überlegen ist. Letzterer ist sogar der am schlechtesten geeignete Muskel für die Vorhersage des IMF im Schinken, weil er zu den vier anderen Muskeln die niedrigsten Korrelationskoeffizienten aufweist.

Schlussfolgerungen

Dass sich der intramuskuläre Fettgehalt in der Schinkenmuskulatur mit Hilfe von NIR-spektroskopischen Messungen schätzen lässt, konnte mit dem Versuchsgerät NIR-System 6500 nachgewiesen werden. Die Schätzung im *M. semimembranosus* ist mit Bestimmtheitsmaßen (R^2) von 75-79 % und einem Schätzfehler von $\pm 0,37$ zufriedenstellend genau.

Der *M. semimembranosus* liegt mit einem IMF-Mittelwert von 2,4 % auf einem Niveau, das einer optimalen Verfettung gleichkommt. Die Messlokalisierung des *M. semimembranosus* ist im Hinblick auf die Gerätehandhabung praktikabel und bietet weiterhin den Vorteil, dass der IMF dieses Muskels in straffer Beziehung ($r=0,94$) zum gewichteten Fettgehalt der fünf wichtigsten Muskeln des Schinkens steht.

In der Gesamtbewertung stellt die NIR-Analytik grundsätzlich ein schnell arbeitendes und frühpostmortal einsetzbares Verfahren zur Differenzierung der Roh-

fleischqualität des Schinkens dar. Für Online-Messungen im Routinebetrieb wäre das hier benutzte Gerät jedoch zu langsam (60 s). Außerdem erwies sich der große Kontaktmesskopf für Serienmessungen an Schweinehälften als zu unhandlich.

Literatur

BEJERHOLM, C., BARTON-GADE, P. A. (1986): Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. 32nd Europ. Congr. of Meat Research Workers, Gent

BERG, E. P., KALLEL, F., HUSSAIN, F., MILLER, R. K., OPHIR, J., KEHTARNAVAZ, N. (1999): The use of elastography to measure quality characteristics of pork semimembranosus muscle. *Meat Sci.* 53, 31-35

BRANDT, H. (1996): Möglichkeiten der Zucht auf intramuskulären Fettgehalt unter deutschen Marktverhältnissen. IMF-Kolloquium am 22./23. Oktober 1996 in Jena/Wilhelmsthal

FERNADEEZ, X., MONIN, G., ALMANT, A., MOUROT, J., LEBRET, B. (1999): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. *Meat Sci.* 53, 67-72

FISCHER, K. (1994): Zur Topographie des intramuskulären Fettgehalts bei Rind und Schwein. *Mitteilungsblatt BAFF* 33, 112-120

GÖTZ, K.-U., PESCHKE, W., SCHUSTER, M. (2001): Genusswert: Neue Merkmale für die Zucht? Vortrag 5. Schweineworkshop, 20./21. Februar 2001, Uelzen. DGFZ Schriftenreihe 5, 433-446

LAUBE, S., HENNING, M., BRANDT, H., KALLWEIT, E., GLODEK, P. (2000): Meat quality in pig crosses with special quality characteristics as compared to present standard and brand pork supply. *Archiv Tierzucht* 43, 463-476

LENGERKEN, G. v., PFEIFFER, H., PAULKE, T. (1988): Untersuchungen zum intramuskulären Fettgehalt des Kotelettfleisches bei verschiedenen Schweinerassen. *Archiv Tierzucht* 31, 129-136

LENGERKEN, G. v., WICKE, M., FISCHER, K. (2007): Schlachttierwert des Schweines. in *Fleisch und Fleischwaren*. W. BRANSCHIED, K. O. HONIKEL, G. v. LENGERKEN, K. TROEGER (Hrsg.). Frankfurt am Main: Deutscher Fachverlag. p. 207-245

MÖRLEIN, D. (2005): Bestimmung des intramuskulären Fettgehaltes (IMF) im *M. longissimus* von Schweinen mittels Ultraschallspektralanalyse. Dissertation Halle