

Farbhelligkeit L*, Hämpigment- und Eisengehalt im *Musculus longissimus dorsi* bei Thüringer Schweineherkünften

Herrn Professor Dr. Erhard Kallweit zum 65. Geburtstag gewidmet

Summary

Title of the paper: Colour brightness L*, haem pigment and iron content in the musculus longissimus dorsi at Thuringian pig origins

To the identification of the situation at the meat quality trait „meat colour“ were the colour brightness L*, the reflection spectrum between 400 and 750 nm, the haem pigment content and the iron content at the *musculus longissimus dorsi* of 278 pigs from the Thuringian performance testing center determined. While at the colour brightness L* measuring 24 h post mortem 90 % of the animals corresponded to the quality requirements at intact muscles the same samples of minced meat measuring 25 h post mortem presented a lower level of colour brightness L* predominantly. The haem pigment as well as the iron content (n = 104) showed means average values (1,06 mg/g resp. 4,18 mg/kg) which were too low in comparison with bibliographical references. The reflection at 525 nm was correlated with R = 0.7 to the extractive determined haem pigment content.

Key Words: pork, meat colour, colour brightness, haem pigment content, iron content, reflection measurements

Zusammenfassung

Zur Kennzeichnung der Situation beim Qualitätsmerkmal „Fleischfarbe“ wurde am *M. longissimus dorsi* von 278 Schweinen aus der Thüringer Leistungsprüfanstalt die Farbhelligkeit L*, das Reflexionsspektrum von 400 bis 750 nm, der Hämpigment- und der Eisengehalt bestimmt. Während bei der Farbhelligkeitsmessung 24 h p.m. an gewachsenem Muskel 90 % der Tiere den Qualitätsanforderungen entsprachen, wies die Farbhelligkeit L* 25 h p.m. bei den gleichen zerkleinerten Fleischproben überwiegend ein zu niedriges Niveau auf. Der Hämpigment- sowie der Eisengehalt (n = 104) zeigten Mittelwerte (1,06 mg/g bzw. 4,18 mg/kg), die im Vergleich zu Literaturangaben zu niedrig waren. Die bei 525 nm gemessene Reflexion korrelierte mit r = 0,7 zum extraktiv ermittelten Hämpigmentgehalt.

Schlüsselwörter: Schweinefleisch, Fleischfarbe, Farbhelligkeit, Hämpigmentgehalt, Eisengehalt, Reflexionsmessungen

Einleitung

„Die Farbe von Frischfleisch ist ein Qualitätsmerkmal, das den Konsumenten beim Einkaufen immer zur Verfügung steht. ... Schweinefleisch hat eine rosarote Fleischfarbe ohne Farbveränderungen aufzuweisen“ (SCHWÖRER u.a., 1996a). Nach BAUSCHMID u.a. (1982) nimmt einer repräsentativen Verbraucherumfrage zufolge die Farbe den ersten Platz unter den Kriterien beim Fleischeinkauf ein. GARRIDO u.a. (1994) halten den Hämpigmentgehalt neben Wasserbindungsvermögen und intramuskulärem Fettgehalt für den wichtigsten Parameter der Schweinefleischqualität. Nach Auffassung von SCHWÖRER u.a. (1995) besteht bei den Schweinerassen gegenwärtig die Tendenz, dass das Fleisch heller wird. Die Selektion auf hohen Muskelfleischanteil

könnte sich in Veränderungen im Anteil und im Durchmesser der verschiedenen Muskelfasertypen niederschlagen und so die Farbhelligkeit beeinflussen. Daneben sollen nach SCHWÖRER u.a. (1995) sehr hohe Tageszunahmen vermehrt zu hellerem Fleisch führen. Auch das geringe Alter der Tiere bei der Schlachtung trage zu diesem Trend bei, weshalb die Fleischfarbe beim Schwein ein wesentliches Qualitätsmerkmal darstelle (SCHWÖRER u.a., 1996b, 1996c). Nach BOWMAN und MARSHALL (1971) verfügen rote Muskelfasern über einen zehnfach höheren Pigmentgehalt als weiße.

Die in Deutschland übliche Einteilung der Qualitätsklassen von Schweinefleisch anhand der Ergebnisse von 24 Stunden post mortem (24 h p.m.) vorgenommenen Reflexionsmessungen am *Musculus longissimus dorsi* (M.l.d.) ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

Einteilung von Schweinefleisch in Qualitätsklassen anhand von Reflexionsmessungen 24 h p.m. am M.l.d. (Division of pork in quality classes with reflection measurements 24 h p.m. at the m.l.d.)

Meßparameter im M.l.d. 24 h p.m.	Fleischqualität		
	Gut	Mangelhaft	DFD
GÖFO-Wert	55 - 80	< 55	> 80
OPTO-STAR-L*-Wert	55 - 80	< 55	> 80
CHROMAMETER-Werte: L*	< 48 / 51	> 52,1 / 56	< 35
b*	< 2,5	> 4,3	-
Reflexionswert FOM-Sonde	< 30	> 30	-

von den Autoren zusammengestellt anhand von Angaben bei FELDHUSEN u.a. (1987); bei AID (1991); bei DOBROWOLSKI u.a. (1994); bei MUSSMANN u.a. (1994); bei REICHERT (1997); bei BRANSCHIED u.a. (1998) sowie von Angaben aus CMA- und LPA-Prüfbestimmungen; der CIE-Lab-Parameter a* verhält sich hinsichtlich der Qualitätsklassen PSE-/Normal-Fleisch indifferent.

In Tabelle 2 sind die wenigen verfügbaren Literaturdaten zum Hämpigmentgehalt des M.l.d. beim Schwein zusammengefaßt. Vielfach sind Angaben zum Farbpigmentgehalt von Fleisch infolge von Unterschieden in der Bestimmungsmethode oder der Angabe-

Tabelle 2

Literaturangaben zum Hämpigmentgehalt beim M.l.d. von Schweinen (Bibliographical references to the haem pigment content at the m.l.d. of pigs)

Tiermaterial	n	x	s	Literatur
Eber	223	1,23	0,26	GARRIDO u.a. (1994a)
Jungsauen	139	1,18	0,55	GARRIDO u.a. (1994a)
insgesamt	362	1,22	0,52	GARRIDO u.a. (1994a)
DFD-Eber + -Sauen	106	1,32	0,54	*
PSE-Eber + -Sauen	11	0,95	0,50	*
normale Eber + Sauen	245	1,19	0,50	*
Schweizer Edelschwein	373	1,28	0,18	SCHWÖRER u.a. (1996a)
Schweizer Landschwein	110	1,31	0,20	SCHWÖRER u.a. (1996a)
Halothan-Typ NN-Tiere	30	1,33	-	TAM u.a. (1998)
Halothan-Typ Nn-Tiere	30	1,31	-	TAM u.a. (1998)
Halothan-Typ nn-Tiere	24	1,36	-	TAM u.a. (1998)
40 kg Endmasse	14	1,31	-	TAM u.a. (1998)
60 kg Endmasse	14	1,29	-	TAM u.a. (1998)
80 kg Endmasse	14	1,28	-	TAM u.a. (1998)
100 kg Endmasse	14	1,34	-	TAM u.a. (1998)
115 kg Endmasse	14	1,28	-	TAM u.a. (1998)
130 kg Endmasse	14	1,50	-	TAM u.a. (1998)

* berechnet aus den Angaben von GARRIDO u.a. (1994a); DFD = Fleischqualitätsmangel: dark, firm, dry; PSE = Fleischqualitätsmangel: pale, soft, exudative

form (Hämin- oder Hämingehalt bzw. Hämpigment- oder Myoglobingehalt; Hämpigmentgehalt = $17.000 / 615,5 * \text{Hämingehalt}$) nicht miteinander vergleichbar. Aus Untersuchungen von FISCHER (1995) folgt, dass erhebliche topographische Unterschiede zwischen dem Pigmentgehalt der Muskeln beim Schwein bestehen und der M.l.d. am 14. Brustwirbel den niedrigsten Wert unter den 20 analysierten Muskeln aufwies.

Material und Methoden

Die Erhebungen umfassten Schweine verschiedener genetischer Konstruktionen der Prüffahre 1997 und 1998 aus der Thüringer Leistungsprüfanstalt (LPA). Die Tiere sind in Prüfgruppen ($n = 15 - 25$) wöchentlich geschlachtet worden. Die OPTO-STAR-Farbhelligkeits(L^*)-Messungen erfolgten auf dem Schlachthof 24 Stunden post mortem (h p.m.) entsprechend den LPA-Prüfbestimmungen (OPTO 1) an frischem Muskelanschnitt sowie zusätzlich 25 h p.m. an frisch zerkleinerten Fleischproben (OPTO 2). Hierzu wurden 24 h p.m. aus der ersten Messstelle (13./14. Brustwirbel M.l.d.) Proben von etwa 60 g entnommen und anschließend mit Hilfe eines Küchen-Homogenisators zerkleinert. Nach der Bestimmung des L^* -Wertes ist das Prüfgut in einem 100 ml-Polystyrolgefäß bei -18°C eingefroren worden. Vor den weiteren Untersuchungen sind die zerkleinerten Proben über Nacht im Kühlschrank bei 6 bis 8°C aufgetaut und nochmals intensiv mittels Spatel durchgerührt worden. Es ergaben sich insgesamt vier verschiedene, sich teilweise überschneidende Probenserien mit unterschiedlichem Stichprobenumfang:

1. Farbhelligkeitsmessungen 24 h p.m. (gewachsenes Fleisch) und 25 h p.m. (zerkleinertes Fleisch) mit $n = 1017$ Proben
2. Hämpigmentuntersuchungen mit $n = 278$ Proben (153 Sauen, 84 Eber und 41 Böрге)
3. die Bestimmung des Gesamteisengehaltes bei $n = 104$ Proben und
4. Reflexionsmessungen an zerkleinertem Fleisch bei $n = 119$ Proben

Zur Bestimmung des Hämpigmentgehaltes ist die Methode nach TROUT (1991) modifiziert worden, indem zur Extraktion des Pigmentes bei 0°C ein 40 mM Phosphatpuffer pH 6,5 eingesetzt wurde, der zugleich 1,2 mM NaNO_2 und 2,5 % Triton X100 enthielt (vgl. REICHARDT u.a., 1998). Nach der Extraktion erfolgte die Bestimmung der Absorbanz der gut filtrierten Lösung bei 409, 525 und 730 nm. Der Hämpigmentgehalt H_p in mg /g Frischfleisch ergab sich aus den von TROUT angegebenen Gleichungen:

$$H_p = (A^{409} - 2,68 * A^{730}) * \text{Verdünnungsfaktor} * M_{m,Myo} / MAC_{Myo} * 1.000 * \text{Einwaage.}$$

$$H_p = (A^{409} - 2,68 * A^{730}) * 32,25 * 17.500 / 79,6 * 1.000 * \text{Einwaage.}$$

$$H_p = (A^{409} - 2,68 * A^{730}) * 7,09 / \text{Einwaage.}$$

(A^{409} = Absorptionsmaximum von eisenfreiem und eisenhaltigem Protoporphyrin; A^{525} = Absorbanz von Myoglobin oder Hämpigment; A^{730} = Absorbanzwert für die Trübungskorrektur; M_m = Molmasse; Myo = Myoglobin; MAC = molarer Absorptionskoeffizient)

Für die Untersuchung des Gesamteisengehaltes wurden 1 g zerkleinertes Fleisch mit 3 ml 65 %iger Salpetersäure 30 Minuten bei 160°C mittels mikrowellenbetriebenen

Druckaufschluss behandelt (2 Parallelaufschlüsse). Der Aufschluss ist danach mit bidestilliertem Wasser in das Probengefäß überspült und auf 15 ml aufgefüllt worden. Für die Analyse des Eisengehaltes dieser Lösung gelangte die Atomemissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (Optima 3000 der Firma Perkin Elmer) nach DIN 38406-E22 zum Einsatz. Zur Kontrolle der Richtigkeit der Analysen wurden die BCR-Referenzmaterialien Nr. 184 (lyophilisierter Rindermuskel) sowie Nr. 185 (lyophilisierte Rinderleber) des Büros für Standards der EU-Kommission nach der gleichen Arbeitsvorschrift untersucht. Referenz- und gefundene Eisengehaltswerte stimmten sehr gut überein (Wiederfindungen von 100,6 bzw. 102,3 %).

Die Reflexionsmessungen erfolgten mit Hilfe eines SPECORD M400 (Carl Zeiss Jena GmbH) sowie dem Remissionsmessansatz mit Photometerkugel bei einer Messgeometrie von 8°/d. Reflexionsunterschiede von Mess- und Vergleichsstrahlengang konnten mit Hilfe der Magnesiumoxid-Standards 945 und 011 des SPECORD M400-Zubehörs durch spezifische Korrektur eliminiert werden. Vor der Messung wurden die Fleischproben nochmals intensiv durchmischt und mit Hilfe eines Spatels auf den Probenteller (d = 1,5 cm; Schichttiefe = 0,3 cm = ca. 1,2 g Fleischbrät) aufgebracht, verdichtet und glatt gestrichen. Nach Einsetzen des Probentellers in den Reflexionsmessansatz durchliefen die Proben einen dreifachen Messzyklus. Alle Reflektanzdaten beruhen auf den daraus berechneten Mittelwerten. Als Referenzwert diente stets der MgO-Standard 945. Bei der Errechnung der Anteile an Myoglobin, Oxy-myoglobin und Metmyoglobin gelangten die von KRZYWICKI (1979) erstellten Gleichungssysteme zur Anwendung:

- Metmyoglobinanteil $y = \text{Met \%} = \{1,395 - [(R^{572} - R^{730}) / (R^{525} - R^{730})]\} * 100 \%$

- Myoglobinanteil $x = \text{Myo \%} = \{1 - [(R^{473} - R^{730}) / (R^{525} - R^{730})]\} * 2,375 * 100 \%$

- Oxy-myoglobinanteil $z = 1 - (x + y) = \text{Ox \%} = 100 \% - (\text{Met \%} + \text{Myo \%})$

Die LPA-Prüfparameter wurden gemäß der Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit (ZDS, 1997) erfasst. Der Einfluss von genetischer Konstruktion sowie Geschlecht / Kategorie auf die Merkmale sind mittels Varianzanalyse (ANOVA) und multiplen Vergleichen nach der modifizierten LSD-Prozedur (BONFERRONI-korrigierte t-Tests) geprüft worden.

Ergebnisse und Diskussion

Farbhelligkeit

Im Mittel genügten bei der ersten Stichprobe die Merkmale OPTO 1, Reflexionswert, pH45 K und pH24 K den LPA-Prüfanforderungen (Tab. 3). Aus den Farbhelligkeitsmessungen am frischen Anschnitt (OPTO 1) ergaben sich kaum Hinweise auf Qualitätsmängel. Nur 7,6 % der Proben wiesen L*-Werte < 55 und nur 2,7 % L*-Werte > 80 auf. Somit entsprachen 89,7 % der Tiere bei der Farbhelligkeit L* dem Qualitätssegment (Tab. 4). Die Stichprobe war weitgehend frei von den Qualitätsmängeln PSE- oder DFD-Fleisch. Der Anteil von PSE- oder PSE-verdächtigem Fleisch (pH45 K < 5,6 bzw. < 5,8) erreichte nur 3,9 bzw. 4,4 %. DFD- oder DFD-verdächtigtes Fleisch (pH24 K > 6,2 bzw. > 6,0) war mit 0,4 % bzw. 0,8 % äußerst gering vertreten. 90,5 % der Fleischproben entsprachen der Qualitätseinstufung „normal“ (pH45 K > 5,8 und pH24 K < 6,0). Auch bei den Merkmalen Leitfähigkeit 45 Minuten p.m. und Reflexionswert FOM-Sonde gehörten mehr als 75 % der Proben zum Qualitätssektor

Tabelle 3

Statistische Daten von Merkmalen der Fleischqualität bei Thüringer LPA-Schweinen der Prüffjahrgänge 1997 und 1998 (Statistical data of meat quality traits with pigs from the Thuringian performance testing center of the examining years 1997 and 1998)

Merkmal (n = 1017)	x	s	s %	Minimum	Maximum
OPTOSTAR-L* gewachsen (OPTO 1)	66,89	7,68	11,48	37	92
OPTOSTAR-L* zerkleinert (OPTO 2)	54,39	8,11	14,91	30	88
FOM-Reflexionswert RFW bei 940 nm	25,82	5,23	20,26	17	87
pH 45 Minuten p.m. Kotelett (pH45 K)	6,26	0,30	4,79	5,40	6,87
pH 24 Stunden p.m. Kotelett (pH24 K)	5,50	0,14	2,55	5,17	6,66
Leitfähigkeit 45 Minuten p.m. K ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	5,13	3,01	58,67	2,2	23,1

K = Kotelett (*Musculus longissimus dorsi*)

„normal“. Für das Merkmal OPTO 2 liegen keine Richtwerte für Qualitätsklassen vor. Eine Übernahme der L*-Prüfgrenzen von gewachsenem Fleisch dürfte bei zerkleinerten Proben infolge der Änderungen in der Oberflächenstruktur nicht zulässig sein. Die durch das Zerkleinern bedingte Veränderung der Oberflächenstruktur bewirkte im Mittel ein Absinken im OPTO-L*-Wert von 12,5 Einheiten, d.h. ein helleres Aussehen der Fleischprobe. 50,8 % der Proben lagen nach dem Zerkleinern mit dem L*-Wert unter 55 und nur noch 0,6 % überschritten den L*-Wert von 80. Bei Sortierung der Stichprobe anhand der L*-Werte von frischem Anschnitt nach den in Tabelle 1 angeführten Qualitätsgrenzwerten ($L^* < 55$; $L^* = 55 - 80$; $L^* > 80$) ergaben sich vor allem bei den Gruppen mit $L^* > 55$ stark abgesunkene L*-Werte für den zerkleinerten Zustand (Tab. 4). Mit $r = 0,40$ ($P = 0,999$) bestand zwischen den Merkmalen OPTO 1 und OPTO 2 nur ein mäßiger Zusammenhang. OPTO 2 scheint andere Merkmalskom-

Tabelle 4

Farbhelligkeit L* von zerkleinertem Fleisch (OPTO 2) bei Sortierung der Stichprobe nach den L*-Werten von frischem Anschnitt (OPTO 1) (Colour brightness L* of minced meat (OPTO 2) at sorting of samples after the colour brightness L* of fresh cut (OPTO 1))

sortiert nach frischem Anschnitt (OPTO 1)		zerkleinerte Proben (OPTO 2)				
Qualitätsklasse	n	% Anteil	x	s	Differenz	
L* < 55	hell	77	7,57	46,68**	7,24	- 1,81
L* 55 - 80	normal	912	89,68	54,65**	7,55	- 13,23
L* > 80	dunkel	28	2,75	66,64**	8,65	- 18,11
** = P = 0,999		1017	100	54,39	7,56	- 12,51

Tabelle 5

Abhängigkeit der Farbhelligkeit von frischem Anschnitt und zerkleinertem Fleisch von der genetischen Konstruktion (Dependence of colour brightness of fresh cut and minced meat on the genotype)

Genkonstrukt	n	OPTO 1-L*	OPTO 2-L*	L*-Differenz		
PI x DEDL	399	64,8	53,7	- 11,1		
HAPI	152	66,7	55,8	- 10,9		
HADU x DEDL	55	67,7	54,9	- 12,8		
HA x DEDL	26	68,5	53,3	- 15,2		
DL	97	68,6	57,2	- 11,4		
DE	213	68,8	53,4	- 15,4		
DUDL	45	68,9	56,4	- 12,5		
LC	30	70,4	52,7	- 17,7		
alle Genkonstrukte	1017	66,9	54,4	- 12,5		
Merkmal	Genkonstrukt	DL	DE	PI x DEDL	LC	DUDL
OPTO 1 - L*	PI x DEDL	P = 0,99	P = 0,99	-	P = 0,99	P = 0,95
OPTO 2 - L*	DL		P = 0,99	P = 0,99		

DE = Deutsches Edelschwein; DU = Duroc; DL = Deutsche Landrasse; HA = Hampshire; LC = Leicoma; PI = Pietrain; DUDL = Duroc x Deutsche Landrasse; DEDL = Deutsches Edelschwein x Deutsche Landrasse; HADU = Hampshire x Duroc; HAPI = Hampshire x Pietrain

plexe der Fleischqualität zu charakterisieren als OPTO 1, das wohl mehr die Lichtreflexionseigenschaften des frischen Anschnitts als die Anzahl seiner Farbzentren erfaßt. Zwischen einzelnen genetischen Konstruktionen der LPA-Schweine konnten auch signifikante Unterschiede bei den Merkmalen OPTO 1 und OPTO 2 gefunden werden (Tab. 5). Ein Einfluß von Prüfjahr und Geschlecht / Kategorie bestand hingegen nicht.

Hämpigment- und Gesamteisengehalt

Mit 1,06 mg Hämpigment/g Frischfleisch unterschreitet die zweite Stichprobe (Tab. 6) die für das Schweizer Land- bzw. Edelschwein von SCHWÖRER u.a. (1996a) angegebenen Werte von 1,31 bzw. 1,28 mg/g um 19 bzw. 17 %. Auch der Gesamteisengehalt des M.I.d. ist mit 4,18 mg/kg Frischmasse niedriger als Literaturangaben (5 - 21,8 mg/kg). Bemerkenswert ist die hohe Variation beider Merkmale (Hämpigmentgehalt: s % = 27,6; Gesamteisengehalt: s % = 23,2). Die Merkmale der Fleischbeschaffenheit entsprechen bei diesen Stichproben ebenfalls im Mittel den deutschen Qualitätsanforderungen. Der gute Muskelfleischanteil von 56,1 % (FOM-Sonde) bzw. 58,4 % (Bonner Formel) bestätigt den erreichten Leistungsstand der Thüringer Schweinezucht. Entsprechend niedrig ist der Gehalt an intramuskulärem Fett (IMF) mit 1,30 %. Prüftagszunahme und Futteraufwand liegen mit 842 g/d bzw. 2,56 kg/kg Körpermasse fast auf dem Niveau, das von KALM (1998) für die deutsche Schweineproduktion als Ziel formuliert wurde (850 g/d PTZ bzw. 2,5 kg/kg FUA).

Tabelle 6

Statistische Parameter von Merkmalen der Fleischfarbe, Fleischqualität, Mast- und Schlachtleistung (Statistical parameters of the traits of meat colour, meat quality, fattening and slaughtering performance)

Merkmal (Einheit)	n	Mittelwert	Standard- Abweichung	Minimum	Maximum
A ⁴⁰⁹	278	0,9431	0,2775	0,3602	1,8063
A ⁵²⁵	278	0,3432	0,1794	0,0676	0,9387
A ⁷³⁰	278	0,1822	0,1122	0,0256	0,5679
Hämpigmentgehalt (mg/g)	278	1,0565	0,2919	0,2021	1,9726
Gesamteisengehalt (mg/kg)	104	4,18	0,97	1,47	7,67
OPTO 1 - L* (frisch)	179	66,23	8,01	38	91
OPTO 2 - L* (zerkleinert)	255	55,32	7,45	32	78
Reflexionswert RFW	179	25,49	6,22	19	87
pH45 Min.-Kotelett	257	6,36	0,27	5,45	6,99
LF45 Min.-Kotelett (mS/cm)	257	4,76	2,23	3,1	22,1
LF24 Std.-Kotelett (mS/cm)	257	7,00	2,85	2,2	14,4
Fleischbeschaffenheitszahl FBZ	255	78,60	11,18	20	100
Prüftagszunahme PTZ (g/d)	257	841,8	102,1	630	1224
Futteraufwand FUA (kg/kg)	257	2,56	0,20	1,95	3,22
Muskelfleischanteil FOM-Sonde	257	56,10	4,13	40,6	65,8
MFA (%)					
Muskelfleischanteil Bonner Formel	257	58,41	2,86	49,2	65,7
MFB (%)					
Kotelettfläche KOT (cm ²)	257	47,12	6,38	31,5	65,5
Intramuskuläres Fett IMF (%)	255	1,30	0,38	0,53	3,39

Die Varianzanalyse ergab, dass von den in Tabelle 7 aufgeführten Merkmalen nur *Hämpigment- und Gesamteisengehalt* signifikante Unterschiede zwischen Schweinen verschiedener genetischer Konstruktion aufwiesen. Ein signifikanter Einfluss von Ge-

schlecht / Kategorie auf diese Merkmale der Fleischfarbe konnte nicht nachgewiesen werden. Eine topographische Untersuchung der Hämpigmentverteilung bei zwei Kotelettsträngen führte zu unterschiedlichen Ergebnissen.

Tabelle 7

Abhängigkeit des Hämpigment- und Gesamteisengehaltes der Schweinefleischproben von der genetischen Konstruktion (Dependence of the haem pigment and total iron content of the pork samples on the genotype)

Merkmal	n	A ⁴⁰⁹	A ⁵²⁵	A ⁷³⁰	Hämpigment- gehalt mg/g	n	Gesamteisen- gehalt mg/kg
Genkonstrukt							
HAPI	31	0,9277	0,2935	0,1464	1,26	11	4,05
HADU x DEDL	9	1,1278	0,4317	0,2293	1,20	1	4,88
HA x DEDL	1	0,7941	0,2230	0,1113	1,17	-	-
PI x DEDL	83	0,9711	0,3546	0,1890	1,07	35	4,43
DE	38	1,0151	0,3890	0,2060	1,04	12	3,93
DUDL	8	0,8473	0,3161	0,1595	0,99	6	2,69
DL	84	0,9329	0,3474	0,1906	0,96	25	4,41
LC	3	1,3725	0,4653	0,2656	0,81	2	5,05
alle GK	257	0,9658	0,3518	0,1877	1,05	92	4,22
Merkmal	Genkonstrukt	DL	DE	PI x DEDL	LC		
Hämpigmentgehalt	HAPI	P = 0,99	P = 0,95	P = 0,95			
Gesamteisengehalt	DUDL	P = 0,99		P = 0,99	P = 0,95		

GK = Genkonstrukte

Tabelle 8 enthält die Korrelationskoeffizienten, die bei Merkmalen der Fleischfarbe sowie beim Gesamteisengehalt geschätzt wurden. Die engen Zusammenhänge zwischen den Absorbanzwerten entsprechen den Erwartungen. Hervorzuheben sind die gesicherten mittelhohen Zusammenhänge zwischen Hämpigmentgehalt, OPTO 1 und OPTO 2 sowie zwischen den OPTO-Werten untereinander. Niedrige, aber gesicherte Zusammenhänge bestanden beim Eisengehalt zur Absorbanz bei 409 nm und zum Hämpigmentgehalt.

Tabelle 8

Korrelationen zwischen Merkmalen der Fleischfarbe und dem Gesamteisengehalt (Correlations between the traits of meat colour and the total iron content)

Merkmal	A ⁴⁰⁹	A ⁵²⁵	A ⁷³⁰	Hämpig- mentgehalt	OPTO 1- L*	OPTO 2- L*	RFW
n		277	277	277	166	216	166
A ⁴⁰⁹	-	0,94**	0,91**	-0,04	0,13	-0,21**	-0,01
A ⁵²⁵		-	0,99**	-0,35**	-0,04	-0,38**	-0,01
A ⁷³⁰			-	-0,42**	-0,06	-0,39**	-0,02
Hämpigmentgehalt				-	0,48**	0,41**	0,04
OPTO 1 - L*					-	0,56**	-0,18*
OPTO 2 - L*						-	-0,16
n	103	100	100	101	67	90	67
Gesamteisengehalt	0,32**	0,13	0,13	0,27*	0,15	0,12	0,22

* = P = 0,99; ** = P = 0,999

BOULIANNE und KING (1998) fanden negative Korrelationen von L* und b* zu Gesamtpigment- (- 0,69**; - 0,13) und Eisengehalt (- 0,49*; - 0,09) bei Masthühnern. Nur der Rotton a* korrelierte positiv zu Gesamtpigment- (0,75**) und Eisengehalt (0,45*). EIKELNBOOM u.a. (1988) hatten bereits bei Kalbfleisch vergleichbare Zusammenhänge zwischen Eisengehalt und L*a*b* geschätzt.

Tabelle 9 gibt die geschätzten Korrelationen zwischen Merkmalen der Fleischfarbe und solchen der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischqualität wieder. Gesi-

cherte niedrige negative Beziehungen bestanden zwischen MFB und KOT einerseits und OPTO 1 andererseits. Damit weisen Tiere mit höherem Muskelfleischanteil bzw. einer höheren Muskelfülle (Kotelettfläche) helleres Fleisch auf. Die Korrelationen der Merkmale PTZ, FUA, MFB, MFFOM und KOT zum Reflexionswert RFW waren sehr niedrig und statistisch ungesichert. Mittlere Korrelationen um 0,5 fanden sich bei OPTO 1 und RFW zu Fleischqualitätsmerkmalen wie pH45 K, LF45 K und zur FBZ. Der Gesamteisengehalt war gesichert negativ zur Prüftagszunahme und gesichert positiv zum Muskelfleischanteil (MFFOM) korreliert. Absorbanzwerte und Hämpigmentgehalt korrelierten sehr niedrig zu pH45 K, LF45 K, LF24 K oder zur Fleischbeschaffenheitszahl, was zu der Hypothese Anlass gibt, dass der Hämpigmentgehalt nach TROUT innerhalb der Fleischqualitätsparameter ein relativ unabhängiges Merkmal darstellt. Die gesichert positiven Korrelationen der Absorbanz- und Hämpigmentwerte zum intramuskulärem Fettgehalt (IMF) müssen darauf zurückgeführt werden, dass bei einem verstärkten Auftreten von weißen, pigmentärmeren Muskelfasern auch weniger IMF anzutreffen ist (GIESEL, 1998).

Tabelle 9

Korrelationen zwischen Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischqualität und Merkmalen der Fleischfarbe (n = 177) sowie dem Gesamteisengehalt (n = 92) (Correlations between traits of the fattening and slaughtering performance as well as the meat quality and traits of the meat colour (n = 177) as well as the total iron content (n = 92))

Merkmal	A ⁴⁰⁹	A ⁵²⁵	A ⁷³⁰	Hämpigmentgehalt	OPTO 1 L*	OPTO 2 L*	RFW	Gesamteisengehalt
PTZ	0,10	0,13	0,12	-0,08	0,01	-0,09	0,05	-0,26*
FUA	0,14	0,16	0,15	-0,07	0,09	-0,08	-0,03	-0,12
MFB	-0,05	-0,06	-0,04	0,02	-0,20*	0,03	0,07	0,23
MFFOM	-0,04	-0,07	-0,05	0,04	-0,14	0,05	0,06	0,26*
KOT	-0,09	-0,09	-0,08	-0,02	-0,28**	-0,04	0,08	0,06
pH45K	0,12	0,10	0,10	0,06	0,50**	0,21*	-0,25**	-0,06
LF45K	0,02	0,02	0,03	-0,04	-0,25**	-0,15	0,63**	0,20
LF24K	-0,14	-0,12	-0,10	-0,06	-0,30**	-0,21*	0,09	0,12
FBZ	0,05	0,04	0,05	-0,01	0,32**	0,12	-0,43**	-0,12
IMF %	0,29**	0,31**	0,30**	-0,08	0,05	-0,18*	0,02	-0,28*

* = P = 0,99; ** = P = 0,999

Die visuelle Wahrnehmung der Fleischfarbe unterliegt zahlreichen Faktoren und wird nicht allein vom Pigmentgehalt des Fleisches bestimmt. Auch zwischen dem Farbhellickeitswert L* und dem Pigmentgehalt bestehen keine linearen Beziehungen. FELD-HUSEN (1994) hat aus den Arbeiten von SANTORO (1984), LUNDSTRÖM u.a. (1988), WARRISS u.a. (1990) sowie GARRIDO u.a. (1994b) folgende Bereiche der korrelativen Abhängigkeit der L*, a*, b*-Werte zum Pigmentgehalt gefunden:

$$\begin{aligned} L^* & r = -0,08 \text{ bis } -0,45 \\ a^* & r = +0,11 \text{ bis } +0,58 \\ b^* & r = -0,06 \text{ bis } -0,22 \end{aligned}$$

Reflexionsmessungen im sichtbaren Spektralbereich

Eine Stichprobe von 119 LPA-Schweinen des Prüffjahres 1998 konnte auch reflektometrisch untersucht werden. Die Abbildung gibt ein typisches Reflexionsspektrum von zerkleinertem Schweinefleisch im sichtbaren Spektralbereich wieder. Von den zehn

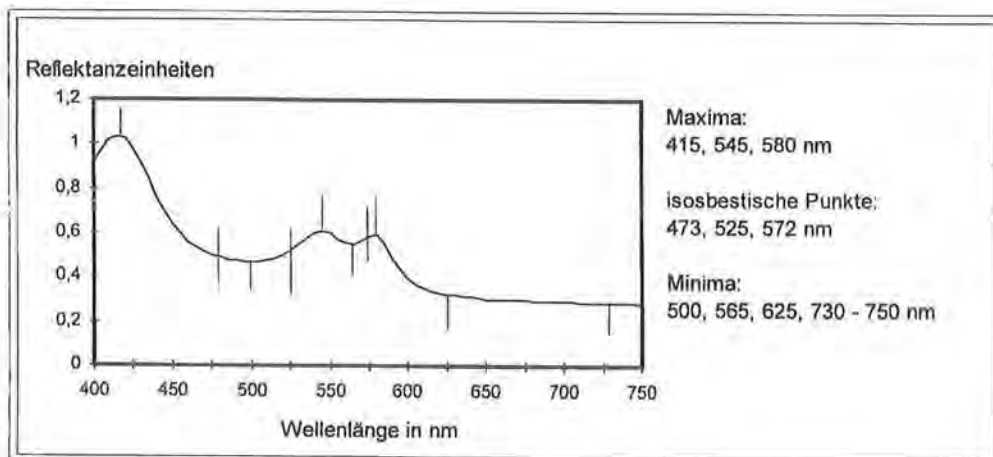


Abb.: Reflexionsspektrum von zerkleinertem Schweinefleisch im sichtbaren Spektralbereich (Reflection spectrum of minced pork in the visible spectral range)

Tabelle 10

Statistische Parameter zu Kennwerten von Reflexionsmessungen an zerkleinerten M.l.d.-Proben (Statistical parameter of characteristic reflection values at minced m.l.d. samples)

Merkmal / Parameter	n	Mittelwert (Dimension)	Standard- Abweichung	Minimum	Maximum
Probenalter	bei 119	17,99 Tage	4,57	13	29
Reflexionsmessung					
R ⁴¹⁵	119	0,9649	0,0597	0,7922	1,0753
R ⁴⁷³	119	0,4347	0,0589	0,2827	0,5536
R ⁵²⁵	119	0,4572	0,0570	0,2989	0,5814
R ⁵⁴⁵	119	0,5240	0,0669	0,3465	0,6543
R ⁵⁶⁵	119	0,4506	0,0588	0,2955	0,5653
R ⁵⁸⁰	119	0,5001	0,0701	0,3172	0,6393
R ⁶²⁵	119	0,2699	0,0409	0,1736	0,3594
R ⁷³⁰	119	0,1857	0,0402	0,0824	0,2814
Myoglobinanteil	112	20,03 %	11,90	1,02	43,23
Oxymyoglobinanteil	112	56,16 %	14,90	26,75	88,84
Metmyoglobinanteil	112	23,82 %	8,84	9,16	57,63

Auf die Angabe der Merkmale der Mast- und Schlachtleistung sowie der Fleischqualität dieser Stichprobe wurde verzichtet.

gekennzeichneten Messpunkten sind für die Auswertung neun von besonderem Interesse: Die Reflexionsmaxima bei 415, 545 und 580 nm, die isosbestischen Punkte (Punkte, an denen verschiedene Myoglobinmolekülformen den gleichen molaren Absorptionskoeffizienten MAC aufweisen) bei 473, 525 und 572 nm sowie die Reflexionsminima bei 565, 625 und 730 nm. Acht Messpunkte sowie die nach KRZYWICKI (1979) berechneten Anteile an den verschiedenen Myoglobinmolekülformen sind in der Tabelle 10 aufgeführt. Selbst bei einem durchschnittlichen Alter der Proben von 18 Tagen p.m. zum Messzeitpunkt und nach Lagerung bei - 18 °C dominiert an der Oberfläche noch das Oxymyoglobin. Negative Anteilsminima bei allen drei Myoglobinmolekülformen (n = 7 Tiere) deuten aber die Grenze dieser Bestimmungsmethode an. Man wäre deshalb geneigt, künftig reflektometrische Untersuchungen auf den Messpunkt bei 525 nm zu beschränken, wenn sich nicht in der Tabelle 11 ein unverkennbarer Einfluss der genetischen Konstruktion auf andere Reflektanzwerte und die Anteile

von Myoglobinmolekülformen zeigen würde. Bei den gesicherten Unterschieden der Reflektanzmittelwerte der Genkonstrukte fällt auf, dass von den drei ausgeprägten Maxima nur das als SORET-Bande bezeichnete Maximum bei 415 nm vertreten ist. Die Minima stehen möglicherweise mehr mit strukturellen Unterschieden der zerkleinerten Fleischoberfläche oder ihrem Wasseranteil in Beziehung als mit dem visuellen Farbeindruck des Fleisches, der mehr mit den Oxymyoglobin-Maxima bei 545 und 580 nm in Beziehung stehen dürfte.

Es überrascht, dass in Tabelle 11 die Reflektanz bei 525 nm fehlt, die dem isobestischen Punkt der Reflektanz aller Myoglobinmolekülformen (Myoglobin, Oxymyoglobin und Metmyoglobin) entspricht. Durch Reflektanzmessungen bei dieser Wellenlänge kann die Konzentration an Gesamtmyoglobin (synonym mit Hämpigment) an der Muskeloberfläche bestimmt werden (STEWART u.a., 1965; FRANKE und SOLBERG, 1971; DEMOS und MANDIGO, 1996), was eine partielle Alternative zur zeit- aufwendigen extraktiven Pigmentbestimmung darstellt.

Tabelle 11

Abhängigkeit der Reflektanz von der genetischen Konstruktion (Dependence of reflectance on the genotype)

Genotyp	n	R ⁴¹⁵	R ⁴⁷³	R ⁵⁶⁵	R ⁶²⁵	R ⁷³⁰
DE	14	0,9298	0,3986	0,4206	0,2412	0,1652
DL	53	0,9647	0,4390	0,4505	0,2808	0,1964
LC	1	1,0522	0,5327	0,5461	0,3132	0,2342
HAPI	13	1,0026	0,4836	0,4896	0,2875	0,2002
DUDL	1	1,0043	0,4341	0,4269	0,2345	0,1457
HADU x DEDL	4	1,0012	0,4497	0,4779	0,2775	0,1849
PI x DEDL	30	0,9564	0,4166	0,4419	0,2542	0,1688
Genkonstrukt		DE	PI x DEDL		DE	
DL			R ^{730*}		R ^{625*}	
HAPI		R ^{473**} , R ^{565*}	R ^{415*} , R ^{473**}			

*) = P = 0,99; **) = P = 0,999

Zwischen den Reflektanzwerten, den Absorbanzwerten der Hämpigmentextrakte, dem Hämpigmentgehalt (Hp) sowie den OPTO-STAR-Meßergebnissen wurden nur mittlere Beziehungen geschätzt (Tab. 12). Erwähnenswert sind vor allem die Korrelationen der Reflektanzwerte zu Hp und zu OPTO 1 mit $r > 0,5$. Zu Merkmalen der Mast- und Schlachtleistung fanden sich bei keinem Reflektanzwert nennenswerte Zusammenhänge. Unter den Merkmalen der Fleischqualität korrelierten pH45 K und LF45 K zwar häufiger statistisch gesichert aber dennoch nur niedrig zu Reflektanzwerten.

Tabelle 12

Korrelationen zwischen reflektometrisch und extraktiv bestimmten Parametern der Fleischfarbe (Correlations between meat colour traits, which were determined by reflection measurements or by extraction)

Parameter	R ⁴¹⁵	R ⁴⁷³	R ⁵²⁵	R ⁵⁴⁵	R ⁵⁶⁵	R ⁵⁸⁰	R ⁶²⁵	R ⁷³⁰
A ⁴⁰⁹	-0,01	-0,10	-0,02	0,03	-0,00	0,06	-0,18	-0,20
A ⁵²⁵	-0,26*	-0,35**	-0,27*	-0,23*	-0,25*	-0,19	-0,37**	-0,34**
A ⁷³⁰	-0,29**	-0,38**	-0,30**	-0,26*	-0,28*	-0,23**	-0,39**	-0,36**
Hp	0,69**	0,71**	0,70**	0,71**	0,69**	0,69**	0,53**	0,41**
OPTO 1	0,54**	0,56**	0,55**	0,59**	0,57**	0,61**	0,52**	0,55**
OPTO 2	0,32**	0,39**	0,34**	0,34**	0,34**	0,36**	0,37**	0,40**
RFW	-0,15	-0,16	-0,14	-0,17	-0,16	-0,21	-0,20	-0,33*

*) = P = 0,99; **) = P = 0,999; n = 109 für Absorbanzwerte, Hp, OPTO 2; n = 58 für OPTO 1, RFW

Schlußfolgerungen

Die Farbhelligkeit L^* ist zur alleinigen Kennzeichnung der Fleischfarbe nicht geeignet, da die Meßergebnisse von der Oberflächenstruktur und -beschaffenheit (trocken - feucht) des Prüfgutes stark beeinflusst werden. Wenn bei Schweinefleisch gesicherte Regressionen zwischen $L^*a^*b^*$ sowie Pigment- und Gesamteisengehalt aufgefunden werden könnten, ließen sich neue Grenzwerte für L^* und besonders auch für a^* definieren, um einer Verringerung von Pigment- und Eisengehalt entgegenzuwirken. Aufgrund der Bedeutung von Fleischfarbe und Eisenversorgung für die Konsumenten sollten beim Schwein der Myoglobin- bzw. Hämpigment- sowie der Gesamteisengehalt künftig einem Monitoring unterworfen werden.

Literatur

- AID (Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V.):
Qualitätsfleisch anbieten: Schweinefleisch. 1991
- BAUSCHMID, M.; EICHINGER, H.; KROMKA, F.:
Rindfleischqualität im Urteil der Verbraucher. Experimentelle Ergebnisse anhand unterschiedlicher chemisch-physikalisch geprüfter Fleischproben. *Fleischwirtsch.* 62 (1982), 1411-1414
- BOULIANNE, M.; KING, A.J.:
Meat Color and Biochemical Characteristics of Unacceptable Dark-colored Broiler Chicken Carcasses. *J. Food Sci.* 63 (1998) 5, 759-762
- BOWMAN W.C.; MARSHALL, I.G.:
Muscle. Red and white Muscle. in: *Physiology and Biochemistry of Domestic Fowl* (Ed. D.J. BELL and B.M. FREEMAN), Academic press, London, Vol. II, 1971, p. 708
- BRANSCHIED, W.; HONIKEL, K.-O.; LENGKERKEN, G. v.; TROEGER, K. (Hrsg):
Qualität von Fleisch und Fleischwaren, Band 1 u. Band 2, Deutscher Fachverlag, Frankfurt/M. 1998
- DEMOS, B.P.; MANDIGO, R.W.:
Colour of Fresh, Frozen and Cooked Beef Patties Manufactured with Mechanically Recovered Neck Bone Lean. *Meat Sci.* 42 (1996) 4, 415-429
- DOBROWOLSKI, A.; FISCHER, K.; HÖRETH, R.; BRANSCHIED, W.:
Zur Einschätzung des Handelswertes an Schweineschlachtkörpern nach der Kühlung. *Fleischwirtsch.* 74 (1994), 1241-1243
- EIKELENBOOM, G.; LAURIJSEN, H.A.J.; VAN VELTHUYSEN, A.; GARSSEN, G.J.:
Beziehung zwischen Kalbfleischfarbe, Produktionsmerkmalen und Mineralstoffen im Muskel. *Fleischwirtsch.* 68 (1988) 4, 500-501
- FELDHUSEN, F.; NEUMANN-FUHRMANN, D.; HÄGER, O.; WENZEL, S.:
Farbmessung im Rahmen der Fleischqualitätsprüfung mit dem Minolta Chromameter. *Züchtungskunde* 59 (1987) 2, 146-157
- FELDHUSEN, F.:
Einflüsse auf die postmortale Farbveränderung der Oberfläche von Schweinemuskulatur. *Fleischwirtsch.* 74 (1994) 9, 989-991
- FISCHER, K.:
Topographic variation of glycolytic potential in skeletal muscles of pigs. 2nd Dummerstorf Muscle Workshop „Muscle Growth and Meat Quality“, Rostock 17.-19.5.1995, Tagungsmaterial
- FRANKE, W.C.; SOLBERG, M.:
Quantitative determination of metmyoglobin and total pigment in an intact meat sample using reflectance spectrophotometry. *J. Food Sci.* 36 (1971), 515-519
- GARRIDO, M.D.; PEDAUYE, J.; BANON, S.; LAENCINA, J.:
Parameter der Schweinefleischqualität. Wasserbindungsvermögen, Hämpigmentgehalt und intramuskuläres Fett. *Fleischwirtsch.* 74 (1994a), 1244-1245
- GARRIDO, M.D.; PEDAUYE, J.; BANON, S.; LAENCINA, J.:
Objective assessment of pork quality. *Meat Sci.* 37 (1994b), 411-420
- GIESEL, M.:
Bestimmung von Struktur- und Funktionsmerkmalen am *Musculus longissimus* und deren Beziehungen zu Leistungskriterien des wachsenden Schweines. Univ. Halle, Diss., 1998

- KALM, E.:
Qualitätskriterien Fleisch - welche Aspekte nutzt die Zucht- und Produktionsstufe. 2. Ernährungs-Symposium der Heinz Lohmann Stiftung am 12./13.10.1998 in Köln, Tagungsband, 8-21
- KRZYWICKI, K.:
Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. *Meat Sci.* 3 (1979), 1-10
- LUNDSTRÖM, P.; BARTON-GADE, P.; ANDERSEN, J.R.; HANSSON, I.:
Pale pig meat - relative influence of PSE and low pigment content. *Proc. 34. Int. Congr. Meat Sci. Techn.* 1988, 584-587
- MUSSMANN, T.; SCHMITTEN, F.; JÜNGST, H.; THOLEN, E.; SCHEPERS, K.-H.:
Vergleichende Untersuchungen zur Methodik der Helligkeits- und Farbmessung bei Schweinefleisch. *Züchtungskunde* 66 (1994) 5, 359-372
- REICHARDT, W.; MÜLLER, S.; LEITERER, M.:
Bewertung des Parameters Fleischfarbe für die Fleischbeschaffenheit und Erhebungen zur Variabilität der Fleischfarbe bei Schweinen der Thüringer Leistungsprüfanstalt. *Abschlußbericht der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena, 1998*, 1-96
- REICHERT, J.E.:
Herstellung von Roh- und Kochschinken. Meßparameter für die automatische Selektion des Ausgangsmaterials. *Fleischwirtsch.* 77 (1997) 4, 341-344
- SANTORO, P.:
L, a, b colour values as related to meat quality in pigs. *Proc. Scient. Meet. Biophys. PSE-Muscle Analysis, Wien, 1984*, C-9, 259-269
- SCHWÖRER, D.; REBSAMEN, A.; LORENZ, D.:
Leistung und Fleischqualität beim Schwein. „Wieviel können - sollen unsere Nutztiere leisten?“ Tagungsbericht, Schriftenreihe des Institutes für Nutztierwissenschaften, Ernährung - Produkte - Umwelt, ETH Zürich, 4. Mai 1995, 77-89
- SCHWÖRER, D.; LORENZ, D.; REBSAMEN, A.:
Die Farbe von Schweinefleisch - ein Qualitätskriterium für den Konsumenten, den Metzger und den Tierzüchter. *Der Kleinviehzüchter* 44 (1996a), 590-601
- SCHWÖRER, D.; LORENZ, D.; REBSAMEN, A.:
Fleischfarbe zeigt Qualität an. *Schweizerische Milchzeitung* 32 (1996b) 37, 7
- SCHWÖRER, D.; LORENZ, D.; REBSAMEN, A.:
Die Farbe - ein Qualitätskriterium für alle. *Die Grüne* 132 (1996c) 26, 23+26
- STEWART, M.R.; ZIPSER, M.W.; WATTS, B.M.:
The Use of Reflectance Spectrophotometry for the Assay of Raw Meat Pigments. *J. Food Sci.* 30 (1965), 464-469
- TAM, L.G.; BERG, E.P.; GERRARD, D.E.; SHEISS, E.B.; TAN, F.J.; LOKOS, M.R.; FORREST, J.C.:
Effect of Halothan Genotype on Porcine meat Quality and Myoglobin Autoxidation. *Meat Sci.* 49 (1998) 1, 41-53
- TROUT, G.R.:
A rapid method for measuring pigment concentration in porcine and other low pigmented muscles. 37th International Congress of Meat Science and Technology, 1.-6. September 1991, Kulmbach/Germany, *Proceedings Vol. 3*, 8:19, 1198-1201
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; ADAMS, S.J.M.:
Variation in haem pigment concentration and colour in meat from British pigs. *Meat Sci.* 28 (1990), 321-329
- ZDS (Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V.):
Richtlinie für die Stationsprüfung auf Mastleistung, Schlachtkörperwert und Fleischbeschaffenheit beim Schwein, 1997

Eingegangen: 05.06.2000

Akzeptiert: 17.01.2001

Anschriften der Verfasser

Dr. habil. WERNER REICHARDT, Dr. SIMONE MÜLLER
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft –
Abt. Untersuchungswesen und Tierproduktion
Am Rennsteig 3
D-99819 Oberellen - OT Clausberg

Dr. MATTHIAS LEITERER
Thüringer Landesanstalt für
Landwirtschaft – Abt. Unter-
suchungswesen
Naumburger Str. 98
D-07743 Jena