

Untersuchungen zur Charakterisierung von mechanisch entbeitem Hähnchenfleisch

Investigations on the characterization of mechanically deboned broiler meat

W. BRANSCHIED, M. JUDAS, H. WAGNER und K. TROEGER

Zusammenfassung

In automatischen Zerlegelinien für Hähnchen wird die Furcula (Gabelbein) als Teilstück vom Schlachtkörper getrennt, um die Isolierung der Brustmuskulatur zu ermöglichen. Das Fleisch der Furcula-Teilstücke wird dazu durch Baadern mechanisch entbeint. In der Praxis bereitet fallweise die Abgrenzung dieses so gewonnenen Fleisches gegen Separatorenfleisch Schwierigkeiten. Die vorliegende Untersuchung wurde durchgeführt, um die Einordnung des Furcula-Fleisches abzuklären. Zum Vergleich wurden einerseits frisches Hackfleisch aus Oberschenkelfleisch sowie andererseits Separatorenfleisch aus den Restknochen entbeinter Furculae untersucht. Das Furcula-Fleisch unterscheidet sich im Ca- und Knochenpartikel-Gehalt sowie in den wichtigsten mikrobiologischen Kennzahlen nicht von frischem Hackfleisch aus dem Oberschenkel. Allerdings ist, wie schon am Teilstück erkennbar, der Fettgehalt erhöht, der BEFFE-Anteil liegt jedoch in gleicher Größenordnung wie beim Oberschenkelfleisch. Die histologische Untersuchung weist nach, dass das Furcula-Fleisch, wie auch das Oberschenkelfleisch, im Wesentlichen aus morphologisch intakten Muskelfasern besteht, die polarisationsoptisch eine regelhafte und kräftige Doppelbrechung zeigen. Im Gegensatz dazu finden sich im Separatorenfleisch drastische Veränderungen der Zellkerne, die auf das mechanische Abpressen des Substrats unter hohem Druck zurückzuführen sind. Die Doppelbrechung der Muskelfasern ist vielfach vermindert oder weist eine unverwechselbare diskontinuierliche („brüchige“) Ausprägung auf. Die Ergebnisse berechtigen zu der Einschätzung, dass Furcula-Fleisch als „frisches Fleisch“ gemäß VO (EU) 853/2004 einzuordnen ist.

Summary

In automated broiler cut up lines, the furcula (wishbone) is removed from the carcass as an entire cut in order to allow the subsequent separation of breast muscles. For this, the meat of the furcula cuts is mechanically deboned by a Baader process. In practice, difficulties arise from case to case to distinguish such extracted meat from mechanically separated meat (MSM). Our investigation was designed to clarify the correct assessment of such furcula meat. For comparison, we also investigated fresh minced femoral meat on the one hand, and on the other hand MSM from the remaining bones of deboned furculae. Neither the concentrations of calcium or bone particles, nor the most important microbiological characteristics differed between furcula meat and fresh minced femoral meat. However, fat content was increased, which was evident already from the entire dissected part, while the connective-tissue-free-meat-protein concentration (BEFFE) was in the same order of magnitude as for femoral meat. A histological examination showed that furcula meat mainly consisted of intact muscle fibres just like femoral meat, as evidenced by regular and strong birefringence with polarization microscopy. In contrast, MSM cell nuclei were drastically modified, caused by the mechanical high-pressure pressing-off of the meat. The birefringence of muscle fibres was largely diminished or had a distinctive discontinuous (“crumbly”) appearance. As a general assessment, our results allow to rate furcula meat as “fresh meat” according to Regulation (EC) 853/2004.

Schlüsselwörter

Separatorenfleisch – Furcula – Hackfleisch – Histologie

Key Words

mechanically separated meat (MSM)– furcula – minced meat – histology

Einleitung

In weitgehend automatisierten Hähnchenzerlegelinien wird in mehreren Zwischenschritten das Bruststück isoliert, um schließlich die Brustmuskulatur heraussortieren zu können. Als letzter Schritt ist es dabei erforderlich, die Furcula (Gabelbein) abzuschneiden und so die Brustmuskulatur vollständig frei zu legen. Das Teilstück Furcula mit anhängendem Brustmuskeleis (Abb. 1) wird automatisch in Containern abgelegt. Nachfolgend wird der Fleischanteil mit Hilfe einer Entsehnungsmaschine (Baader-Maschine) ausgelöst und steht in Hackfleisch-ähnlicher Form für die Weiterverarbeitung zur Verfügung. Aufgrund des Charakteristikums der mechanischen Entbeinung ist in der Praxis unklar, ob dieses Produkt als Separatorenfleisch anzusehen und daher entsprechend eingeschränkt zu verwenden und zu deklarieren ist.

Die Verordnungen (EG) 853/2004 und 2074/2005 lassen die Verwendung von Separatorenfleisch für die Lebensmittelproduktion grundsätzlich zu, sofern die mikrobiologischen Eigenschaften nicht dagegen sprechen, beschränken jedoch die Verwendung, wenn der Kalziumgehalt signifikant höher ist als bei Hackfleisch. Die Verordnungen definieren aber Separatorenfleisch daneben auch als „ein Erzeug-

nis, das durch Ablösung des an fleischtragenden Knochen nach dem Entbeinen bzw. an den Geflügelschlachtkörpern haftenden Fleisches auf maschinelle Weise so gewonnen wird, dass die Struktur der Muskelfasern sich auflöst oder verändert wird“. Die Integrität der Muskelfasern ist also ein weiteres zu beachtendes Kriterium der Abgrenzung von frischem Hackfleisch gegenüber Separatorenfleisch.

Der Kalziumgehalt und der diesem zugrunde liegende Gehalt an Knochenpartikeln erhielten die größte Aufmerksamkeit zur Abgrenzung von Separatorenfleisch (FIELD 1988; CROSLAND *et al.* 1995; FIELD 2000; HENCKEL *et al.* 2004; STENZEL und HILDEBRANDT 2006; MAYER *et al.* 2007). Allerdings erweist es sich als methodisch problematisch, für den Kalziumgehalt von Separatorenfleisch einen Grenzwert zu finden, weil Fleisch bereits selbst einen gewissen Gehalt an diesem Mineralstoff hat und weil der Kalziumgehalt von Knochen je nach Tierart und anatomischer Herkunft (trabekulärer oder kompakter Knochen) sowie je nach Alter und Fütterung der Tiere variiert (ARNETH 1979; FIELD 2000; HILDEBRANDT *et al.* 2006; STENZEL *et al.* 2006). CROSLAND *et al.* (1995) ziehen daher grundsätzlich in Zweifel, ob Separatorenfleisch überhaupt mit Hilfe des Kalziumgehalts differenziert werden kann.

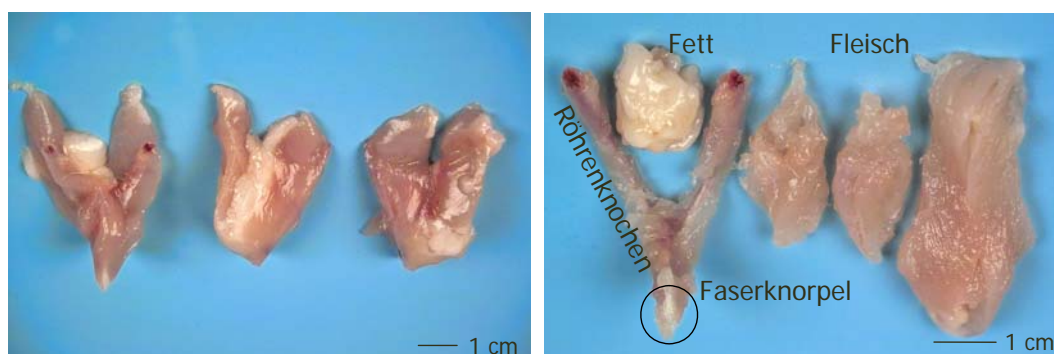


Abb. 1: Drei Furcula-Teilstücke im Zustand nach dem automatischen Abschneiden (linkes Bild) sowie Gewebeanteile des linken Teilstücks nach Entbeinung von Hand (rechtes Bild). Die Fett- und Fleischanteile entsprechen dem Gewebe, das bei dem Auslöseprozess durch Baadern gewonnen wird. Das an den beiden Röhrenknochen anhaftende Restfleisch könnte durch einen Separator abgepresst werden; dieses Endprodukt wäre als Separatorenfleisch anzusehen

Weitere Möglichkeiten ergeben sich mit dem histologischen, morphometrischen oder gravimetrischen Nachweis von Knochenpartikeln (SOMMER und MÜLDER 1975; FIELD *et al.* 1977; KÖNIGSMANN *et al.* 1980; BRANSCHIED 2002; HILDEBRANDT *et al.* 2006; NEGATU *et al.* 2006; BRANSCHIED *et al.* 2008; HILDEBRANDT und KÖPERNIK 2007 sowie JOSEFOWITZ *et al.* 2007) bzw. Knorpelpartikeln (PICKE-RING *et al.* 1995; BRANSCHIED 2002; BRANSCHIED *et al.* 2008). Diese treten durch die Separation vermehrt auf und sind der eigentliche Hintergrund des erhöhten Kalziumgehaltes. Auf diesem Wege scheint der Nachweis von Separatorenfleisch sicher möglich zu sein. Erst bei der Untersuchung von Gemischen mit geringem Anteil an Separatorenfleisch werden auch diese Methoden unsicherer.

Im Gegensatz dazu ist der morphologische Status der Muskelfasern bisher ein weitgehend unberücksichtigtes Gebiet. Die morphologischen Studien von FIELD (1999), RAUSCHER und HILDEBRANDT (2004) und HILDEBRANDT *et al.* (2006) bemühen sich, die Abgrenzung des Separatorenfleisches über die histologische Darstellung von zellkernreichem Gewebe zwischen den Muskelfasern zu erreichen, das sie mit ausgetretenem Knochenmarkgewebe gleichsetzen wollen. Die Muskelfasern selbst berücksichtigen sie dabei nicht. Da kernreiche Zellgruppen aber auch anderer Herkunft sein können, bleibt diese Nachweismethode „extremely subjective“ (FIELD 1999). Lediglich HENCKEL *et al.* (2004) widmen sich in einer Untersuchung an Putenfleisch den histologischen Veränderungen, die an den Muskelfasern selbst durch den Separationsprozess eintreten. Ihre bildanalytischen Untersuchungen beziehen sich auf die Erfassung von „freien Räumen (Luft)“, von strukturiertem und unstrukturiertem Muskelgewebe sowie Fett- und Bindegewebe. Wie insbesondere die Struktureigenschaften der Fasern histomorphologisch konkret beurteilt wurden, bleibt aber in der Studie unklar. Darauf mag es zurückzuführen sein, dass die morphometrische Analyse in dieser Hinsicht hinter den Erwartungen der Autoren selbst zurückbleibt. Die morphometrische Erfassung des kollagenen Bindegewebes

ist offensichtlich erfolgreicher, obwohl hierfür üblicherweise der chemische Nachweis des Kollagengehaltes über die Aminosäure Hydroxiprolin als Methode vorgezogen wird (CROSLAND *et al.* 1994).

Die Untersuchung des Furcula-Fleisches sollte daher genutzt werden, die bisher nicht ausreichend geklärten Aspekte des Separatorenfleisches in einer methodisch breit angelegten Studie zu vertiefen und dabei der morphologischen Darstellung der Gewebekomponenten ein besonderes Gewicht zu geben. Um die Eigenschaften des Furcula-Fleisches einschätzen zu können, wurden zum Vergleich Oberschenkelfleisch nach mechanischer und händischer Entbeinung sowie Separatorenfleisch aus dem Restfleisch der Furcula mit denselben Methoden untersucht.

Für die vorliegende Untersuchung erschien es als geeigneter Ansatz, die Qualität des durch „Baadern“ gewonnenen Furcula-Fleisches anhand

- des mikrobiellen Status,
- des Gehalts von Fett, Protein und Wasser,
- des BEFFE-Gehalts,
- des Kalziumgehalts,
- des Gehalts an Knochen- und Knorpelpartikeln und
- der Histomorphologie der Muskelfasern und des Auftretens weiterer Gewebekomponenten

zu bewerten.

Material und Methoden

In die Untersuchung wurde Material aus zwei Schlachtbetrieben (A und B) einbezogen. Die Fleisch tragenden Furculae wurden in beiden Betrieben nach dem maschinellen Abschneiden in Containern gesammelt und nachfolgend durch eine Baader-Maschine (Sieblochung 3 mm) vom Fleisch getrennt. Das Oberschenkelfleisch wurde im Schlachtbetrieb A im Rahmen der automatischen Zerlegung maschinell vom Oberschenkel separiert, im Schlachtbetrieb B wurde das Fleisch von Hand abgetrennt. Dieses Rohmaterial wurde im Labor mit einer 3 mm-Scheibe gewolft, um einen dem Furcula-Fleisch

vergleichbaren Materialzustand zu erzielen. Das Oberschenkelfleisch ist zweifelsfrei als „frisches Fleisch“ im Sinne der VO 853/2004 einzuordnen und wird daher als Standard für „frisches Fleisch“ nach mechanischer bzw. händischer Trennung vom Knochen angesehen. Ergänzend wurden am Schlachttort B 100 kg gebaaderte Restknochen der Furculae zur Gewinnung des Restfleisches entnommen. Das Rohmaterial wurde in einem Kolbenseparator Typ DMM 50 (Fa. Storck-Protecon, NL) bei einem Druck von 50 bis 100 bar durch eine Lochscheibe von 9 mm gepresst. Dieses Rohmaterial enthielt einen hohen Anteil an Knochensplintern, so dass eine abermalige Behandlung in der Baader-Maschine (Sieblochung 3 mm) erforderlich war.

Da zu unterschiedlichen Zeitpunkten Proben gezogen wurden, standen letzten Endes folgende Materialgruppen zur Verfügung:

- Furcula-Fleisch und Oberschenkelfleisch: Schlachtorte A und B, jeweils 3 Entnahmekzeitpunkte (Anfang, Mitte, Ende der Zerlegesicht), Probengröße je 200 g.
- Separatorenfleisch (Furcula): Schlachttort B, 100 kg Rohware, Probengröße je 200 g des Endproduktes.

Folgende Untersuchungsmethoden wurden eingesetzt:

- Mikrobiologische Erfassung der aeroben Gesamtkeimzahl (Amtliche Sammlung § 64 LFGB, L06.00-18) und der Zahl der *Enterobacteriaceae* (L06.00-37). Das Separatorenfleisch wurde nicht mikrobiologisch untersucht, weil eine den anderen Proben entsprechende Behandlung nicht einzuhalten war.
- Chemische Analyse des Kalziumgehalts: Nassaufschluss mit Salpetersäure im Mikrowellengerät, Bestimmung mit der „Inductively coupled plasma-mass spectrometry“ (ICP-MS) über die Massen 43 und 44; Angabe der Ergebnisse in ppm (entsprechend mg/kg).
- Chemische Analyse des Wasser-, Protein-, Fett- und Aschegehaltes (Voll-

analyse nach Amtl. Sammlung § 64 LFGB, L06.00-3, -6, -7)

- Bestimmung des BEFFE-Gehalts auf der Basis der Bestimmung des Hydroxyprolinegehalts (Amtl. Sammlung § 64 LFGB, L06.00-8)
- Bestimmung des Gehalts an Knochen- und Knorpelpartikeln nach Anfärbung mit Alizarinrot/Alcianblau (BRANSCHIED *et al.* 2008). Die Partikelfärbung wird hierbei an einem Aliquot von 2 g durchgeführt.
- Histomorphologische Untersuchungen an Gefrierschnitten (10 µm Dicke):
 - Färbung mit Toluidinblau O (C.I. 52040) zur Darstellung der Morphologie: Entfettung der Schnitte in 100 % Äthanol, Färbung in 0,03 % Toluidinblau in wässriger Lösung für 30 Minuten, Eindecken ohne Entwässerung in Karion F (Merck 102993). Auswertung der Färbung im normalen Durchlicht und unter gekreuzten Polarisatoren zur Erfassung der Doppelbrechung der A-Bande der Muskelfasern (polarisationsoptische Untersuchung).
 - Färbung mit Levanol Fast Cyanin (C.I. 26400) nach PUCHTLER *et al.* (1975) zur selektiven Darstellung des Myosins.

Aufgrund der begrenzten Probenzahl wurden lediglich Mittelwerte ohne weitere statistische Parameter berechnet.

Ergebnisse

Mikrobiologische Untersuchung

Die Mittelwerte der aeroben Gesamtkeimzahl und der *Enterobacteriaceae*-Zahl unterschieden sich nach Fleischart und Entnahmeort (Tab. 1). Das mechanisch entbeinte Oberschenkelfleisch (Schlachthof A) ergab die bei weitem günstigsten Ergebnisse. Insgesamt lagen die Ergebnisse am Schlachthof A um 1 bis 2 Zehnerpotenzen niedriger als am Schlachthof B. Gegenüber dem händisch entbeinten Oberschenkelfleisch zeigte sich das Furcula-Fleisch als gleichwertig.

Tab. 1: Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Proben (KBE pro g)

	Prozess-ablauf	Schlachtort A		Schlachtort B	
		Oberschenkel (mechanisch)	Furcula-Fleisch	Oberschenkel (händisch)	Furcula-Fleisch
Aerobe Gesamtkeimzahl	Beginn	$2,5 \times 10^2$	$6,3 \times 10^3$	$5,3 \times 10^5$	$1,1 \times 10^5$
	Mitte	$2,5 \times 10^2$	$9,2 \times 10^3$	$4,6 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
	Ende	$5,0 \times 10^2$	$5,2 \times 10^4$	$3,3 \times 10^5$	$1,4 \times 10^5$
<i>Enterobacteriaceae</i>	Beginn	$< 1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$6,5 \times 10^2$	$1,8 \times 10^3$
	Mitte	$< 1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$
	Ende	$< 1,0 \times 10^2$	$4,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	$9,5 \times 10^3$

Insgesamt überschritten die Keimzahlen an beiden Standorten die in der VO (EG) 2073/2005 für Hackfleisch vorgesehenen Grenzen nicht. Ein systematischer Einfluss des Zeitpunktes im Betriebsablauf (Anfang, Mitte, Ende) ließ sich nicht nachweisen.

Chemische Vollanalyse und Analyse des BEFFE-Gehalts

Die entscheidenden Größen zur Charakterisierung der Rohware sind in diesem Zusammenhang die Bestimmung des Fettgehaltes und des BEFFE-Gehaltes. Der Fettgehalt des Furcula-Fleisches lag überwiegend über dem Fettgehalt des Oberschenkelfleisches (im Median mit 22 % gegen 11 % doppelt so hoch) und wies eine wesentlich größere Streuung auf (Abb. 2 A). Der Fettgehalt des Separatorenfleisches lag in gleicher Größenordnung wie der des Furcula-Fleisches. Im BEFFE-Gehalt unterschieden sich Furcula- und Oberschenkelfleisch nicht (zwischen 15 % und 20 %), das Separatorenfleisch lag geringfügig niedriger (Abb. 2 B). Allerdings war auch hier beim Furcula-Fleisch die Streuung höher. Der Protein- und Wassergehalt verhielten sich gegenläufig zum Fettgehalt (Furcula und Separatorenfleisch geringfügig niedriger als Oberschenkelfleisch), wobei auch hier die Streuung des Furcula-Fleisches deutlich höher war (Abb. 2 C).

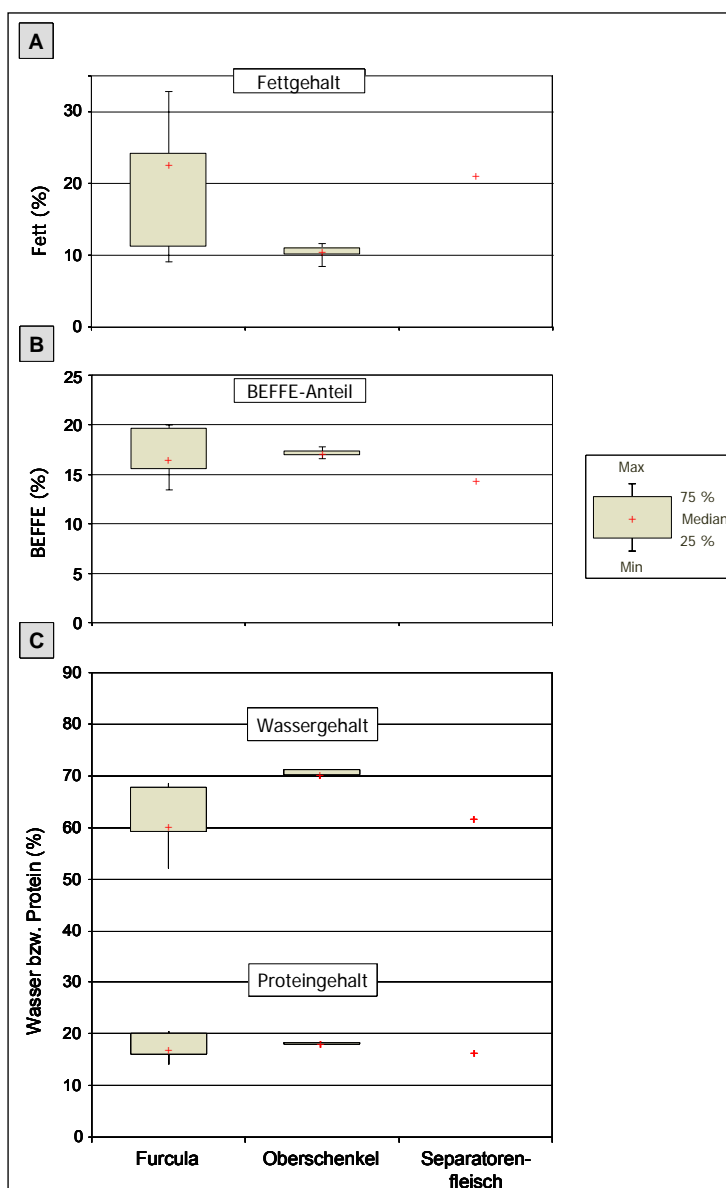


Abb. 2: Gehalt an (A) Fett, (B) BEFFE, (C) Wasser und Protein (% Frischgewicht)

Tab. 2: Kalziumgehalt der Proben (ppm Frischgewicht)

	Oberschenkel	Furcula
Schlachtort A		
Beginn	110	46
Mitte	116	50
Ende	84	98
Schlachtort B		
Beginn	97	66
Mitte	83	235
Ende	138	61
Separatorenfleisch	3124	

Analyse des Kalziumgehaltes

Der Ca-Gehalt lag für Furcula und Oberschenkel in vergleichbarer Größenordnung, ein interpretierbarer Unterschied im Zusammenhang mit dem Betriebsablauf zeigte sich nicht (Tab. 2). Der Ca-Gehalt des Separatorenfleisches lag in der Regel um mindestens das 20fache über dem Gehalt der beiden anderen Fleischarten. Nur in einem Einzelfall wurde beim Oberschenkel (händisch entbeint) ein Gehalt von 200 ppm überschritten.

Tab. 3: Gehalt der Proben an Knochen- und Knorpelpartikeln (% Frischgewicht, Mittelwerte aus Doppelbestimmungen)

Charge	Oberschenkel		Furcula	
	Knochen	Knorpel	Knochen	Knorpel
Schlachtort A				
Beginn	0,00	0,00	0,04	0,02
Mitte	0,08	0,00	0,25	0,00
Ende	0,15	0,02	0,04	0,01
Mittelwert A	0,08	0,01	0,11	0,01
Schlachtort B				
Beginn	0,05	0,17	0,01	0,00
Mitte	0,10	0,33	0,01	0,00
Ende	0,01	0,04	0,08	0,05
Mittelwert B	0,05	0,18	0,03	0,03
Separatorenfleisch	0,79	0,01		

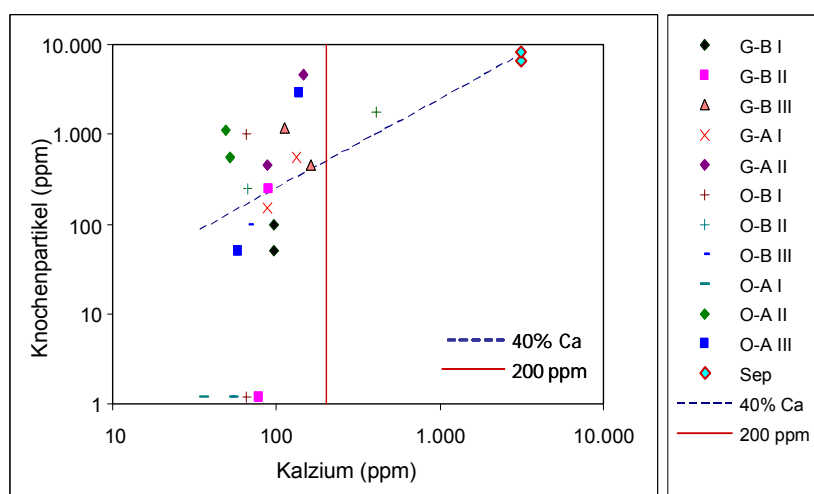


Abb. 3: Abhängigkeit von Kalzium- und Knochenpartikel-Gehalt für die Einzelproben aus den Doppelbestimmungen (ppm Frischgewicht; gestrichelt: Annahme von 40 % Ca-Gehalt der Knochenpartikel)

Gehalt an Knochen- und Knorpelpartikeln
Knorpelpartikel wurden in allen drei Fleischarten nur ausnahmsweise gefunden, allerdings wiederum im händisch ent-

beinten Oberschenkelfleisch (Schlachthof B) in vergleichsweise hoher Konzentration (Tab. 3). Knochenpartikel waren bei Oberschenkel und Furcula überwiegend vor-

handen, allerdings zumeist in einer Konzentration $<0,2\%$ (Einzelwerte) bzw. $<0,1\%$ (Mittelwerte). Das Separatorenfleisch lag mit einem Knochengehalt von $0,8\%$ weit jenseits dieses Bereichs.

Synopse des Gehaltes an Kalzium und Knochenpartikeln

Aus Gründen des Methodenvergleichs ist die Synopse von Ca- und Knochenpartikel-Gehalt von speziellem Interesse. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der einzelnen Analysen dargestellt, die der laborüblichen Doppelbestimmung zugrunde lagen. Zusammengehörende Einzelwerte sind durch gleiches Symbol gekennzeichnet. Eine Reihe von Proben wies keine Knochenpartikel und demzufolge einen Ca-Gehalt von <100 ppm auf. Weitere Proben wiesen einen ähnlich niedrigen Ca-Gehalt (<200 ppm) bei relativ breit schwankendem Knochenpartikelgehalt auf. Lediglich eine Oberschenkelprobe (Schlachtbetrieb B; händisch entbeint) wies gleichzeitig einen erhöhten Ca- und Partikel-Gehalt auf. Unterstellt man, dass ungeachtet des natürlichen Ca-Gehalts des Hackfleisches die Knochenpartikel in grober Schätzung einen Gehalt von ca. 40% Ca haben, so müssten die Punkte nahe der Referenzlinie (gestrichelt) liegen. Dies ist erst der Fall, wenn die Daten durch Bildung der Mittelwerte der Doppelbestimmung (ohne Abb.) oder durch Bildung des Mittelwertes für die Furcula- bzw. Oberschenkelproben insgesamt (Abb. 4) agglomeriert werden. Zu beachten ist, dass sich beim Separatorenfleisch schon für die Einzelwerte eine gute Annäherung an die Referenzlinie ergab. Dies weist darauf hin, dass bei geringem Gehalt an Partikeln eine sichere Bestimmung nur bei Durchführung des Nachweises an einem erheblich vergrößerten Aliquot der Probe erzielt wird (z.B. 10 g statt 2 g). Dies hängt damit zusammen, dass die Partikel im Einzelfall so groß sein können, dass sie, wenn sie zufällig in die Probe geraten, den Gewichtsanteil gravierend verschieben.

Histologische Untersuchung

Die beiden histologischen Färbungen wurden mit unterschiedlicher Zielsetzung verwendet. Die Toluidinblau-Färbung sollte die allgemeine Zellmorphologie darstellen,

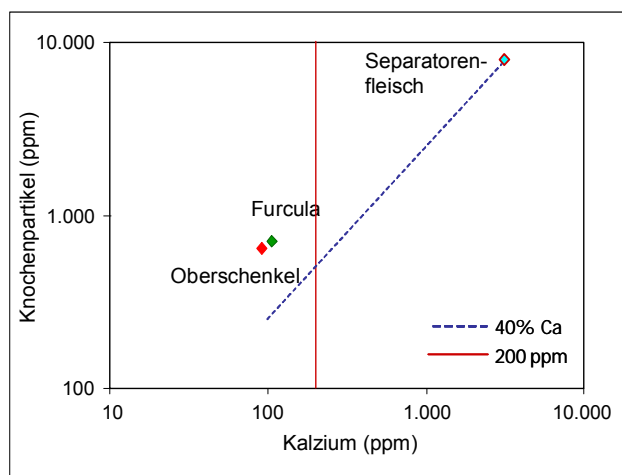


Abb. 4: Abhängigkeit von Kalzium- und Knochenpartikel-Gehalt für die Mittelwerte der Probenarten (ppm Frischgewicht; gestrichelt: Annahme von 40% Ca-Gehalt der Knochenpartikel)

insbesondere durch markante Färbung der Zellkerne und schattierende Anfärbung des Zytoplasmas. Der Farbstoff hat dabei den Vorteil, dass er saure Gruppen an länger-kettigen Molekülen metachromatisch rot (anstatt blau) darstellt. In der ungepufferten Farblösung kommt dies an der Zellkern-DNS, aber wohl auch an amphoter wirkenden Nucleoproteiden zur Wirkung. Dadurch ergab sich in den vorliegenden Präparaten eine stärkere Kontrastierung, namentlich der Zellkerne, als dies nach eigener Erfahrung mit der Hämatoxylin-Eosin-Färbung möglich ist. Dies wirkte sich günstig auf die Auswertbarkeit der Präparate aus.

Der Farbstoff Levanol Fast Cyanin färbt Myosin kräftig schwarz-blau. Dies führte in den vorliegenden Präparaten mit sehr hohem Myosinanteil dazu, dass nicht-muskuläre Strukturen gleichsam in der „Negativ-Färbung“ sehr deutlich erkennbar waren (Abb. 5). Dadurch wurde eine schnelle Durchmusterung der Schnitte möglich, wobei gegebenenfalls die genaue Diagnostik im parallel angefertigten Toluidinblau-Schnitt erfolgte. Übrigens erleichterte die Myosin-Färbung auch die Diagnose glatter Muskulatur (insbesondere der Blutgefäße). Morphologisch und auch im Hinblick auf die Doppelbrechung ergaben sich zwischen Furcula- und Oberschenkelfleisch keine fassbaren Unterschiede.

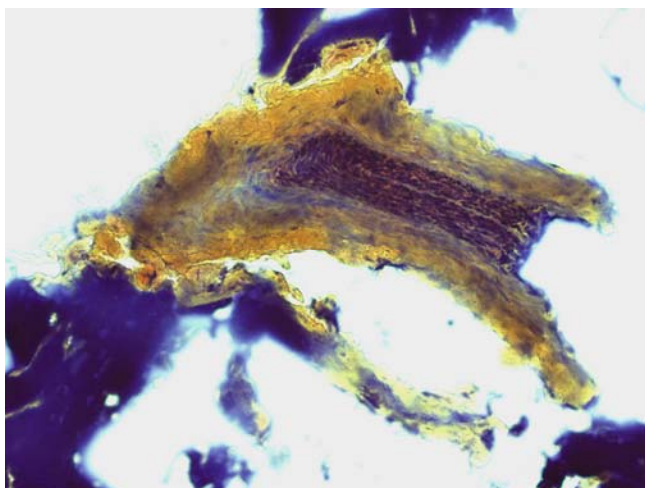


Abb. 5: Der Farbstoff Levanol Fast Cyanin färbt Myosin schwarz-blau, das übrige Gewebe (hier Adventitia einer Arterie) bleibt ungefärbt und tritt hierdurch deutlich hervor. Im zusammengedrückten Lumen der Arterie ist die ebenfalls durch die Myosin-Färbung erfasste glatte Muskulatur der Muscularis gut zu erkennen. (Levanol Fast Cyanin, Originalvergr. 400x)

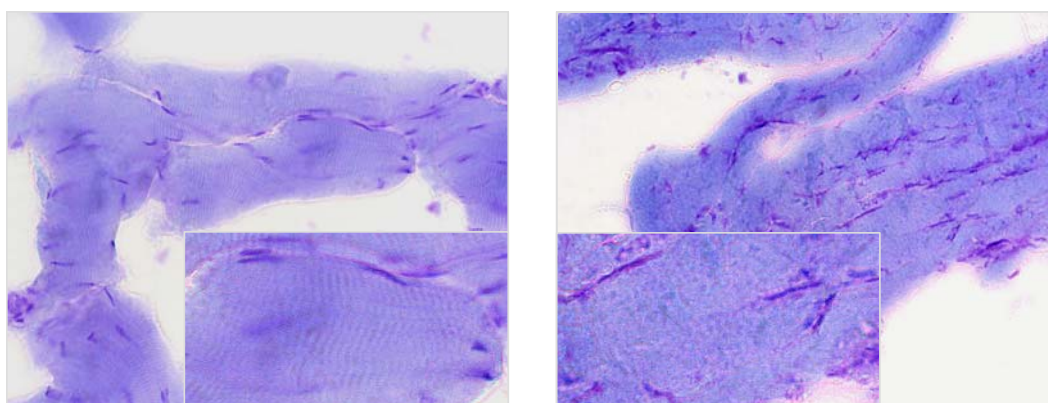


Abb. 6: Furcula-Fleisch (links) im Vergleich zu Separatorenfleisch (rechts). Das Furcula-Fleisch weist eine gut erkennbare Querstreifung auf (blaue A-Bande in der Ausschnittvergrößerung) sowie morphologisch intakte Zellkerne; hierdurch erscheint das Schnittbild insgesamt ruhig. Beim Separatorenfleisch ist die Querstreifung schattenhaft und diskontinuierlich („gebrochen“, s. Ausschnittvergrößerung), die Zellkerne sind verstrichen bzw. ausgefasert, wodurch das Sarkoplasma unruhiger wirkt. (Toluidinblau O, Originalvergr. 400x)

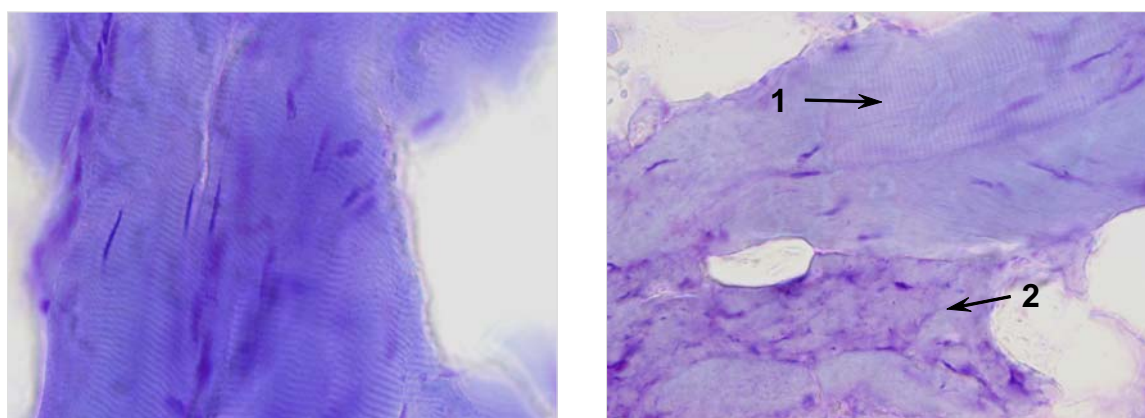


Abb. 7: Morphologisch intaktes Furcula-Fleisch (links) und Separatorenfleisch mit Schädigungen unterschiedlicher Abstufung (rechts). (1) vergleichsweise intaktes Areal mit schwach erkennbarer Querstreifung der Muskelfaser, allerdings bei mäßiger Anfärbbarkeit. (2) stark geschädigte Zellkerne. (Toluidinblau O, Originalvergr. 1000x)

Beide Fleischarten zeigten insgesamt gut erhaltene Strukturen der Muskelfasern mit guter Anfärbbarkeit der A-Bande in Längs- und Schrägschnitten (Abb. 6). Die Zellkerne wiesen, ohne ersichtliche Störungen, die für Skelettmuskulatur typische Morphologie auf. Gequetschte und hierdurch charakteristisch in der Struktur veränderte Fasern waren die Ausnahme. Entsprechend wiesen die Präparate eine durchgehend kräftige, durch die A-Bande der Muskelfasern verursachte Doppelbrechung auf (Abb. 8). Im Gegensatz dazu zeigten sich im Separatorenfleisch sehr deutliche Strukturveränderungen der Fasern mit verminderter Anfärbbarkeit des Sarkoplasmas, verblasster oder fehlender Querstreifung und Veränderung der Zellkernmorphologie; für diese waren gequetschte und faserig ausgestrichene, teilweise auch färberisch „ausblutende“ Kernformen kennzeichnend (Abb. 7). Die Minderung der Doppelbrechung bis hin zu deren völligem Verlust bildete allerdings das am sichersten erkennbare Phänomen

(Abb. 8). Polarisationsoptisch besonders auffällig war die körnig aufgebrochen erscheinende Struktur der Fasern, die die Querstreifung nur noch bruchstückhaft erkennen ließ. Derartige Areale fehlten im Furcula- und Oberschenkelfleisch.

Die Auswertung auf Fremdkomponenten (Levanol Fast Cyanin) ergab für Oberschenkel- und Furcula-Fleisch jeweils charakteristische Muster (Abb. 9). Im Furcula-Fleisch hatte das Fettgewebe stets einen erheblichen Anteil, im Oberschenkelfleisch war dieser unbedeutend. Demgegenüber wies das Oberschenkelfleisch durchgehend hohe Anteile großer Blutgefäße auf, die im Wesentlichen den *Arteriae et Venae femorales* und deren Verzweigungen zuzurechnen sein dürften. Hautpartikel fanden sich nur im Oberschenkelfleisch. Mit der Methode wurden übrigens auch Knorpel- und Knochenpartikel gut sichtbar gemacht. Die entsprechende Auswertung erschien aber ergänzend zur Siriusrot-Alcianblau-Färbung nicht sinnvoll.

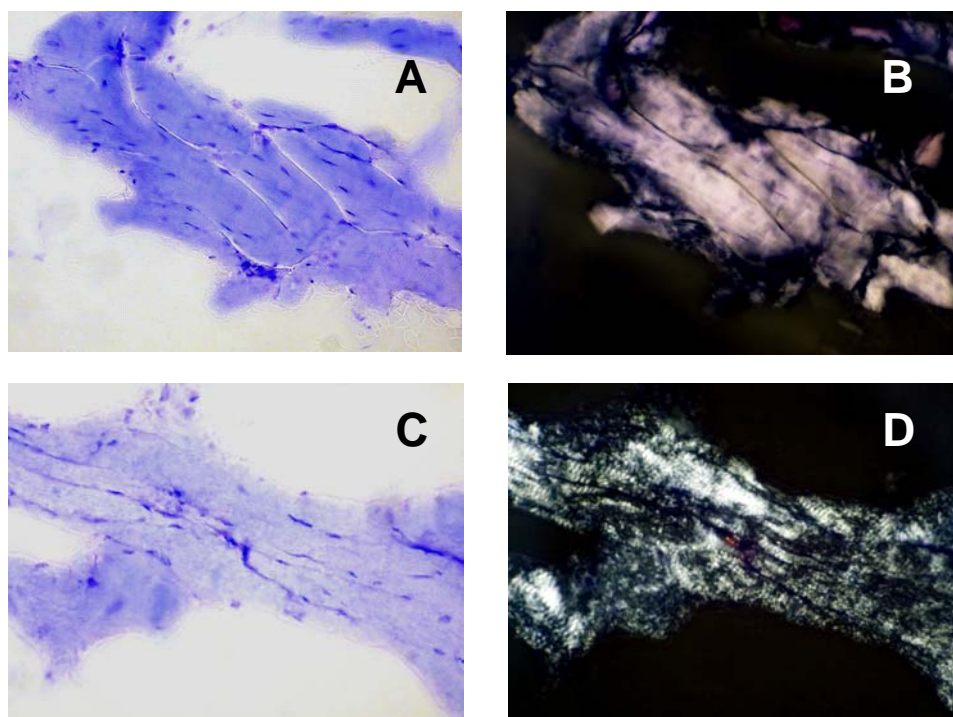


Abb. 8: Furcula-Fleisch (A, B) und Separatorenfleisch (C, D) im Durchlicht (links) bzw. im polarisierten Licht (rechts). Die Doppelbrechung im Furcula-Fleisch (B) ist regelmäßig und erscheint „glatt“, während das Bild des Separatorenfleisches (D) wie gebrochen erscheint. Trotzdem sind auch im Separatorenfleisch noch bruchstückhafte Querstreifen erkennbar, die im Durchlicht nicht zu sehen sind. (Toluidinblau O, Originalvergr. 250x)

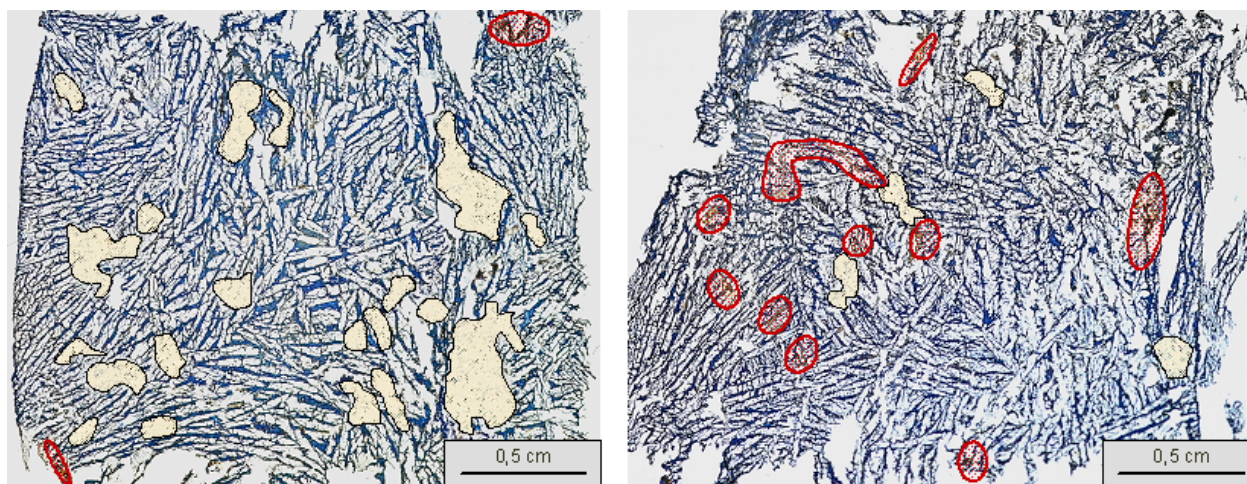


Abb. 9: In der Levanol Fast Cyanin-Färbung sind die geweblichen Unterschiede von Furcula- und Oberschenkel-Fleisch schon makroskopisch zu erkennen. Das Furcula-Fleisch (links) ist durch einen hohen Anteil an Fettgewebe (gelb markiert) und wenige kleine Blutgefäße (rot) charakterisiert. Das Oberschenkelfleisch (rechts) zeigt wenig Fettgewebe, dafür aber zahlreiche große Blutgefäße.
(Levanol Fast Cyanin, Makro-Photo, digital nachvergrößert und bearbeitet)

Diskussion

Furcula-Fleisch wird aus einem vom Schlachtkörper getrennten Knochengewürst mechanisch gewonnen und rückt daher in die Nähe von Separatorenfleisch. Die hier vorgestellten Ergebnisse hinsichtlich des Kalzium- und des Knochen- und Knorpel-partikel-Gehalts zeigen aber, dass Furcula-Fleisch dem Oberschenkelfleisch („frisches Fleisch“ nach VO EG 853/2004) sowohl nach händischem als auch nach mechanischem Entbeinen gleichzusetzen ist und mikrobiologisch zumindest einem *händisch* entbeinten Oberschenkelfleisch entspricht. Die gezeigten Unterschiede im Fett-, Eiweiß-, Wasser- und BEFFE-Gehalt wirken sich auf die weitere Nutzung nur insofern aus, als beim Furcula-Fleisch aufgrund der größeren Streuung aller Inhaltsstoffe die Standardisierung für die Weiterverarbeitung sorgfältiger beachtet werden muss. Der relativ hohe Fettgehalt lässt sich bereits an den frisch abgetrennten Furculae als Körperhöhlenfett identifizieren (vgl. Abb. 1).

Im Gegensatz dazu lässt sich Separatorenfleisch in seinen Eigenschaften scharf gegen Furcula-Fleisch abgrenzen. Das Separatorenfleisch weist, wie auch in anderen Untersuchungen immer wieder dargestellt (Übersicht bei STENZEL und HILDEBRANDT 2006), einen weit höheren Kalzium- und Knochenpartikel-Gehalt auf,

so dass sich kein Überschneidungsbereich mit dem Furcula-Fleisch ergibt. Chemisch-analytisch erweist sich das Separatorenfleisch in der vorliegenden Untersuchung ansonsten als dem Furcula-Fleisch ähnlich, aus dessen Restknochen es gewonnen wurde.

Das Furcula-Fleisch überschreitet in der eigenen Untersuchung die Höchstgrenze des Kalziumgehaltes von 200 ppm nicht, die von STENZEL und HILDEBRANDT (2006) aufgrund des Vergleichs mit Schweinehack zur Abgrenzung vorgeschlagen wurde. Die in der VO (EG) 2074/2005 angegebene Grenze von 100 ppm erweist sich allerdings selbst für das Oberschenkelfleisch als zu eng, das unstrittig als „frisches Fleisch“ einzuordnen ist.

Ein besonderes Gewicht kommt aber den hier erstmals vorgelegten morphologischen und polarisationsoptischen Befunden zu. Nach der Definition der VO (EG) 803/2004 für Separatorenfleisch wird u. a. impliziert, dass bei diesem „die Struktur der Muskelfasern sich auflöst oder verändert wird“. Die Auflösung der Struktur zeigt sich in den hier untersuchten Proben des Separatorenfleisches eindrucklich, während das Furcula-Fleisch, ebenso wie das Oberschenkelfleisch, geradezu die Qualität eines guten normal-histologischen Kurspräparates aufweist. Insbesondere

die polarisationsoptische Auswertung der mit Toluidinblau gefärbten Schnitte gibt gute Möglichkeiten, den Erhaltungszustand der Muskelfasern darzustellen und objektiv auswertbar zu machen. Die Morphologie der durch den Hartseparator gestressten Muskelfasern ist in hohem Maße charakteristisch und namentlich im Polarisationsmikroskop leicht identifizierbar. Gleiches gilt für die gestörte Morphologie der Zellkerne, die schon bei geringer mikroskopischer Vergrößerung als Rauigkeit des Sarkoplasmas erkennbar ist und bei stärkerer Vergrößerung unverkennbare Deformationsstrukturen zeigt.

Bewertung der Ergebnisse

Furcula-Fleisch hat in allen wesentlichen Kriterien die Eigenschaften von frischem Hackfleisch. Auch aus der Art der Gewinnung ist eine Abgrenzung dieses Produktes nicht abzuleiten, da es sich bei diesem Fleisch nicht um Restfleisch vorher bereits entbeinteter Furculae handelt. Vielmehr wird das Furcula-Fleisch in einem mechanischen Entbeinungsprozess gewonnen, welcher prinzipiell z.B. mit der mechanischen Gewinnung des Oberschenkel-fleisches gleichzusetzen ist. Das Produkt ist nach unserer Einschätzung „frisches Fleisch“ und entsprechend handelsfähig und verarbeitbar.

Für die technische Mitarbeit bedanken wir uns bei Gabriele Schüssler, Manfred Spindler und Gerd Wachsmann.

Literatur

Amtliche Sammlung (2006): Bestimmung der geweblichen Zusammensetzung von Fleisch, Fleischerzeugnissen und Wurstwaren. Routineverfahren zur qualitativen und quantitativen histologischen Untersuchung. In Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, § 35 Vorläufiges Tabakgesetz, § 28b GenTG (Vol. 1, part 2, 06.13) (pp 1-14). Berlin, Wien, Zürich: Beuth

Armeth, W. (1979): Analytische Gesichtspunkte der Trennung von Fleisch und Knochen. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 75, 379-389

Branscheid, W. (2002): Polarisationsoptischer Nachweis von Knochenpartikeln in Separatorenfleisch. *Fleischwirtschaft*, 82 (7), 92-95

Branscheid, W., Judas, M., Höreth, R. (2008): The morphological detection of bone and cartilage particles in mechanically separated meat. *Meat Science* (im Druck)

Crosland, A., Patterson, R. L. S., Higman, R. C. (1995): Investigation of methods to detect mechanical recovered meat in meat products. – I. Chemical composition. *Meat Science*, 40, 289-302

Field, R.A. (1988): Mechanically separated meat, poultry and fish. In A. M. Pearson, & T. R. Dutson, *Edible meat by-products, Advances in meat research* (Vol. 5), 83-126. London/New York: Elsevier

Field, R.A. (1999): Bone marrow measurement for mechanically separated products from machines that press bones. *Meat Science*, 51, 205-214

Field, R.A. (2000): Ash and calcium as measures of bone in meat and bone mixtures. *Meat Science*, 55, 255-264

Field, R.A., Olson-Womack, S. L., Kruggel, W. G. (1977): Characterization of bone particles from mechanically deboned meat. *Journal of Food Science*, 42, 1406-1407

Henckel, P., Vyberg, M., Thode, S., Hermansen, S. (2004): Assessing the quality of mechanically and manually recovered chicken meat. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie*, 37, 593-601

Hildebrandt, G., Raucher, K., Stenzel, W.-R. (2006): Analysenmerkmale zum Nachweis von Separatorenfleisch 2. Mikroskopische Untersuchung. *Fleischwirtschaft*, 86 (6), 111-114

Josefowitz, P., Hildebrandt, G., Islam, R., Klare, H.-J. (2007): Qualitätsmerkmale von Putenseparatorenfleisch. 1. Phasenanalytische Bestimmung der Knochengewebfläche. *Fleischwirtschaft*, 87 (11), 122-126

Königsmann, R., Hildebrandt, G., Sinell, H.-J. (1980): Quantitativer Knochennachweis in Fleischerzeugnissen mittels Fernsehbildanalyse. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 31, 6-12

Mayer, A. L., Smith, J. S., Kropf, D. H., Marsden, J. L., Milliken, G. A. (2007): A comparison in the composition of recovered meat produced from beef neckbones processed using hand boning, a traditional Advanced Meat Recovery (AMR) system, and a Desinewated Minced Meat system. *Meat Science* 77, 602-607

Negatu, Z., McNitt, J. I., McMillin, K. W. (2006): Determination of small bone fragments in mechanically separated rabbit meat. *Journal of muscle foods*, 17, 185-197

Puchtler, H., Waldrop, F. S. Carter, M. G., Valente, L. S. (1975): Investigation of staining, polarization and fluorescence microscopic properties of myoepithelial cells. *Histochemistry* 40, 281-289

Rauscher, K., Hildebrandt G. (2004): Zellkernreiches Gewebe in Fleischerzeugnissen – ein Hinweis auf Separatorenfleisch? 45. Arbeits-

tagung des Arbeitsgebietes „Lebensmittelhygiene“. Garmisch-Partenkirchen, 28.09.-01.10.2004. Gießen: DVG. Teil II, 339-342

Sommer, H., Mülder, U. (1975): Eine Methode zur Bestimmung von Knochenteilchen in Wursterzeugnissen aus Separatorenfleisch. *Fleischwirtschaft*, 55, 1730-1732

Stenzel, W.-R., Hildebrandt, G. (2006): Analysemerkmale zum Nachweis von Separatorenfleisch 1. Ergebnisse einer Datenerhebung zum Calcium-Gehalt von Hackfleisch. *Fleischwirtschaft*, 86 (5), 96-98