

Zeitschrift: Schweizer Archiv für Tierheilkunde SAT : die Fachzeitschrift für Tierärztinnen und Tierärzte = Archives Suisses de Médecine Vétérinaire ASMV : la revue professionnelle des vétérinaires

Herausgeber: Gesellschaft Schweizer Tierärztinnen und Tierärzte

Band: 127 (1985)

Artikel: Technologie der Verarbeitung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit

Autor: Wirth, F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-588718>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Technologie der Verarbeitung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit

F. Wirth

I. Schlachttiersituation

Kritik an der Verarbeitungseignung von Schweinefleisch ist in der Fachliteratur schon zu Beginn dieses Jahrhunderts zu finden. Fleisch- und Fettmängel wurden auf zu leichte, zu schnellwüchsige Schweine zurückgeführt. Schlachalter und Schlachtgewicht lagen jedoch sehr viel höher als gegenwärtig. Derartige Mängel zählten aber wohl zur Ausnahme.

Seit etwa 20 Jahren sind Schlachttierkörper mit abweichender bzw. mangelhafter Beschaffenheit des Fleisches durch ihr häufiges Auftreten ein ernsthaftes Problem bei der Verarbeitung zu Fleischerzeugnissen und bei der küchentechnischen Bearbeitung zu schmackhaften Gerichten. Produktmängel, die auf den veränderten Rohstoff Fleisch zurückzuführen sind, reichen von *höheren Gewichtsverlusten* beim Erhitzen über *Pökelfehler* und *Geschmacksabweichung* bis zum *schnelleren Verderb*. Vor allem Schweinefleisch zeigt in erheblichem Umfang solche Abweichungen vom Normalen; aber auch beim Rindfleisch, insbesondere bei Fleisch von Jungbullen, werden derartige Veränderungen angetroffen.

Schweinefleisch hat in Europa den weitaus grössten Anteil am Fleischaufkommen und in manchen Ländern wird etwa die Hälfte des erschlachteten Fleisches zu Fleischwaren verarbeitet. Somit hat die Beschaffenheit des produzierten Schweinefleisches erheblichen und bei der umfangreichen Produktpalette der heute erzeugten Fleischwaren auch vielseitigen Einfluss auf die Verarbeitung.

Die Ursache für das vermehrte Auftreten von Fleischmängeln wird im wesentlichen der schwachen Konstitution des heutigen Schweines zugeschrieben. Während noch vor wenigen Jahrzehnten Fettgewebe und tierische Fette begehrte Lebensmittel waren, verlangt der Verbraucher heute ein möglichst fettarmes Fleisch. Diesem Wandel in den Verbraucheransprüchen hat die Schweinezucht durch radikale Umzüchtung zu fleischbetonten Rassen Rechnung getragen. So wurden in den letzten 30 Jahren wesentliche Verbesserungen in der Mastleistung und im Schlachttierkörperwert erzielt: Die tägliche Muskelfleischzunahme stieg im Mittel von 150 auf 250 g an. Der Fleischanteil am Tierkörper wurde von ca. 35% vor 20 Jahren auf heute über 50% erhöht; damit verschob sich das Fleisch : Fett-Verhältnis von früher etwa 1:1 auf etwa 1:0,5 (1 kg Muskelfleisch auf 0,5 kg Fettgewebe). Bei diesen erfolgreichen Zuchtbemühungen um Quantitätssteigerung bei der Produktion von Fleisch, wie sie vom Markt gefordert und

durch massive Einkreuzung und Betonung schnellwüchsiger Rassen erreicht wurde, hat sich gleichzeitig in vielen Zuchtlinien eine höhere Belastungsempfindlichkeit ausgebildet und genetisch manifestiert. Die psychische und physische Belastung der Tiere vor dem Schlachten spielt dann in der Regel die auslösende Rolle bei der Ausprägung des Fleischmangels. Zu den besonderen Stress-Situationen zählen zu langer oder stark belastender Transport zur Schlachtstätte, ungewohnte körperliche Anstrengung, Abhetzen und Aufregung der Tiere vor und während des Schlachtvorganges. Derartige Belastungen der Schlachttiere sind zwar einzuschränken, aber niemals ganz auszuschliessen.

Der Stress führt zu Störungen des Energiestoffwechsels im Muskel. Nach der Tötung des Tieres ist vor allem die anaerobe Glykogenolyse anormal. Es kommt zu einer überstürzten Milchsäurebildung, die bei der gleichzeitig noch hohen Körpertemperatur zur *Denaturierung der Muskeleiweisse* führt.

Da die grundlegende Ursache der heute vermehrt auftretenden Fleischmängel genetisch bedingt ist, wird Abhilfe auf Dauer nur über erneute Umzüchtung möglich sein. Das Ziel muss ein Schweinetypp sein, der grosse Fleischfülle aufweist, aber weniger stressempfindlich ist. Dieser Prozess wird Jahre in Anspruch nehmen. Zur Zeit ist eine möglichst verlustarme Verwertung der gehäuft auftretenden Tierkörperenteile mit Fleischmängeln eine ökonomische Notwendigkeit. Fleisch mit abweichender Beschaffenheit sollte selektiert und technologisch sinnvoll verwertet werden. Betont sei besonders, dass der *Ernährungswert* der Fleische mit den zu beschreibenden Mängeln *keine oder kaum Einschränkungen* aufweist. Verändert ist das technologische Verhalten, das sich in Einschränkungen des Genusswertes der Fleischerzeugnisse äussert.

II. Fleischmängel

Beim Schwein, prinzipiell aber auch beim Rind, stehen zwei Arten von Fleischabweichungen im Vordergrund:

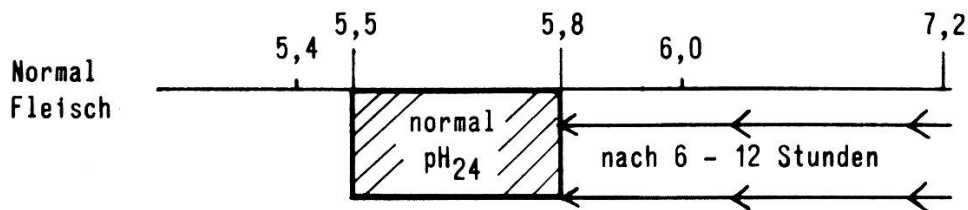
1. Blasses, wässriges Schweinefleisch (PSE),
2. Dunkles, leimiges Schweinefleisch (DFD).

Das Vorkommen von blassem, wässrigem Schweinefleisch wird im Durchschnitt mit etwa 15–20% und das von dunklem, leimigem Schweinefleisch im Durchschnitt mit etwa 5–10% angenommen. Im nationalen und lokalen Bereich gibt es jedoch erhebliche Abweichungen von diesen Zahlen, wobei die genetische Situation, die Behandlung der Tiere vor der Schlachtung sowie die Schlachtmethode bestimmend sind. Bei schonendem Transport zur Schlachtstätte sowie bei Anwendung schonender Schlachtmethoden kann die Entstehung von Fleischabweichungen auch bei überhöhter Sensibilität der Tiere durchaus gering gehalten werden.

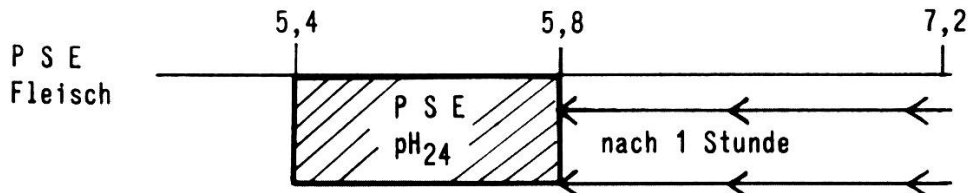
Neben den äusserlichen Merkmalen des Fleisches, wie blass und wässrig bzw. dunkel und leimig, die nicht immer sicher, eindeutig und gleichzeitig ausgebildet sind, wird die Abweichung vor allem am veränderten Verlauf der postmortalen Glykogenolyse, die zu mehr oder weniger rascher bzw. intensiver Milchsäurebildung führt, und damit am *pH-Wert* des Fleisches erkennbar.

III. pH-Wert und Glykolyse

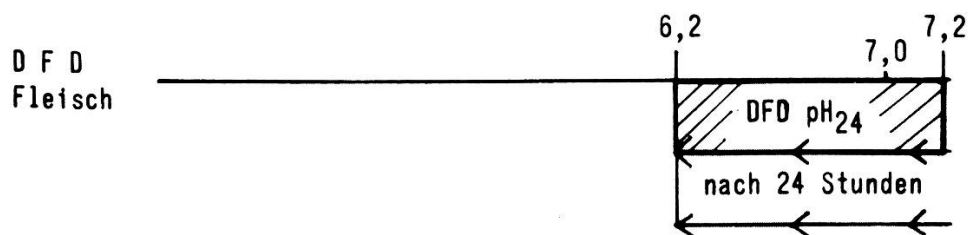
In Abbildung 1 ist der pH-Verlauf der Fleische «normal», «PSE» und «DFD» als Übersicht dargestellt. Die Muskulatur des lebenden, gesunden Tieres weist einen pH-Wert von etwa 7,2 auf. Nach der Tötung tritt eine allmähliche pH-Senkung ein. Verursacht wird sie durch die Glykolyse, bei der aus dem Glykogen der Muskulatur über verschiedene Abbaustufen Milchsäure entsteht. Diese erwünschte Säuerung (Reifung) des Fleisches ergibt beim Schwein nach etw 6–12 Stunden einen unteren (End-)pH-Wert zwischen 5,4 und 5,8. Mit Einschränkungen kann man einen pH-Wert von 6,0 als noch normal tolerieren. Beim Rind verläuft die Glykolyse etwas langsamer; nach 12–14 Stunden werden die etwas niedrigeren pH-Werte zwischen 5,3 und 5,7 erreicht.



Allmählicher pH-Abfall. Nach 6 - 12 Stunden pH-Werte unter 5,8 (6,0). Nach 24 Stunden (pH_{24}) End-pH-Werte zwischen 5,5 bis 5,8 (Toleranz 5,4 bis 6,0).



Sehr schneller pH-Abfall. Nach 1 Stunde pH-Werte von 5,8 und tiefer. Nach 24 Stunden (pH_{24}) normal erscheinende End-pH-Werte zwischen 5,4 bis 5,8.



Langsamer und unvollständiger pH-Abfall. Nach 24 Stunden (pH_{24}) höher als 6,2. End-pH-Werte zwischen 6,2 bis etwa 7,0.

Abb. 1: pH-Bereiche bei Schweinefleisch

Beim *PSE-Fleisch* erfolgt die Glykolyse überstürzt, d. h. der pH-Wert fällt schon innerhalb einer Stunde, teilweise innerhalb weniger Minuten, nach der Schlachtung stark ab, und zwar etwa *unter pH 5,8*. Dabei ist nicht der untere pH-Wert als vielmehr die Schnelligkeit des pH-Abfalles massgeblich für die entstehenden substantiellen Mängel. Der pH-Wert gelangt also sehr schnell in einen Bereich, den normales Fleisch allmählich und erst nach 6–12 Stunden erreicht. Das bedeutet, dass PSE-Charakter über eine pH-Messung nur im Zeitraum von etwa einer Stunde, also direkt nach der Schlachtung, am Schlachtband, zu erfassen ist. Die Messung nach 12 oder 24 Stunden ergibt einen pH-Wert, wie er auch vom normalen Fleisch inzwischen erreicht wurde. Durch den überstürzten pH-Abfall, zu einem Zeitpunkt, wo das Fleisch noch hohe Temperatur aufweist, kommt es zur Eiweissdenaturierung mit Wirkung auf die Wasserbindung, wodurch PSE-Fleisch vor allem eine *schlechte Wasserbindung* erhält. Etwa 20% Eiweiss im Fleisch müssen etwa 75% Wasser binden. Die Einschränkung der Wasserbindekapazität hat daher fundamentale Auswirkung auf die Verwendung derartigen Fleisches. Verändert ist im wässrigen (PSE-)Fleisch nicht der Wassergehalt, wie es dem Konsumenten oft falsch dargestellt wird, sondern die *Wasserbindung*. Weiterhin ist die Farbe von PSE-Fleisch auffallend hell, woran das Fleisch auch späterhin in der Regel noch erkannt werden kann; sicher ist diese Farbausage jedoch nicht. Die Muskelfarbstoffmenge ist, im Gegensatz zur landläufigen Meinung, meistens nicht vermindert; die helle Farbe entsteht als optischer Effekt veränderter Lichtbrechung, hervorgerufen durch die offene Struktur des Fleisches (geringe Quellung der Muskelfasern) und durch die wässrige Oberfläche. Die Salzaufnahme durch derartiges Fleisch ist beschleunigt, wodurch sich häufig ein kräftigerer Salzgeschmack ergibt, und die Pökelfarbbildung ist zwar nicht geringer (Menge an Stickoxidmyoglobin), jedoch das Pökelfarbbild durch den lichtbrechenden Effekt oft blasser. Regelmässig liegt bei PSE-Fleisch eine kräftige Milchsäurebildung vor, die zu ausgeprägten fleischsäuerlichem Geschmack führt und trotz der überhöhten Menge an ungebundenem Wasser einen beschleunigten Verderb meist verhindert. Die spezifische Aromabildung in solchem Fleisch ist oft schwach (flach, einseitig säuerlich).

Beim *DFD-Fleisch* verläuft die Glykolyse (Säurebildung) verzögert oder abgekürzt oder sie bleibt fast vollständig aus. Derartiges Fleisch erreicht zu keiner Zeit den normalen pH-Wert, sondern verbleibt im Bereich hoher (End-)pH-Werte über 6,2, meist deutlich höher, manchmal bis 7,0. Auch ein End-pH-Wert zwischen 6,0 und 6,2 ist beim Schwein bereits mit Vorsicht zu beurteilen und zeigt Übergänge zum ausgeprägten DFD-Charakter. *DFD-Fleisch* ist auf dem Anschnitt *trocken, stumpf, leimig* und die *Farbe ist auffallend dunkelrot*. Die Wasserbindung ist aufgrund des hohen pH-Wertes überdurchschnittlich gut. DFD-Fleisch ist jedoch wegen des hohen pH-Wertes besonders *anfällig für schnellen, mikrobiellen Verderb*. Die Pökelfähigkeit kann vermindert sein, weil durch die intensive Quellung der Muskelfasern das Eindringen der Salze in das Fleisch verzögert wird (mild im Salzgeschmack, unzureichende Pökelfarbbildung).

Auch beim *Rindfleisch* findet man gegenwärtig, wenn auch in geringerem Umfang abweichende Fleischbeschaffenheit. So werden vor allem bei Jungbullen, die vor der Schlachtung längere Zeit stark erregt waren, hohe End-pH-Werte gemessen, oft weit über 6,2. Diese dem DFD-Fleisch beim Schwein ähnliche Veränderung wird beim Rind

als «dark cutting» («dunkler Anschnitt») bezeichnet. Die Auswirkungen auf die Verarbeitungseignung sind ähnlich.

IV. Entstehung von PSE- und DFD-Fleisch

Die Entstehung von PSE- oder DFD-Fleisch wird auf die gleiche genetische Ursache, nämlich erhöhte Stressanfälligkeit, zurückgeführt. Durch die verschiedenartigen Stress-Situationen kommt es zur verstärkten Ausschüttung des Nebennierenrindenhormons Adrenalin. Durch hohen Adrenalin Spiegel wird das fleischeigene Phosphat, Adenosin triphosphat (ATP), beschleunigt abgebaut. Dieser Vorgang wiederum ruft die überstürzte Glykolyse hervor, die PSE-Charakter verursacht. Voraussetzung ist, dass die Muskulatur ausreichend Glykogen enthält. Wenn es durch starke Transportbelastung, d.h. langes, strapaziöses Fahren zur Schlachtstätte, ungewohnte Fussmärsche oder längere starke Erregung, zum Aufbrauchen der Glykogenreserven in der Muskulatur kommt, kann sich nur wenig Milchsäure bilden und der pH-Wert verbleibt in einem relativ hohen Bereich: es entsteht DFD-Fleisch.

Diese Hypothese stützen Beobachtungen aus der Schlachtpraxis: Nach nur kurzen Transportstrecken zur Schlachtstätte oder nach Ausruhen vor dem Schlachten (ausreichende Glykogenreserve in der Muskulatur), aber starker Aufregung kurz vor dem Schlachten, trifft man vermehrt PSE-Charakter an. Nach langen Transporten ohne Erholung der Tiere vor der Schlachtung und damit Aufbrauchen der Glykogenreserve des Muskels werden dagegen überwiegend DFD-Konditionen beobachtet.

Bei der Beurteilung und Einstufung von Fleisch nach dem pH-Wert ist zu berücksichtigen, dass die Muskeln des Tierkörpers nicht alle den gleichen pH-Wert aufweisen, d.h. es gibt regelmässig Unterschiede zwischen den verschiedenen Muskeln des Tierkörpers und auch zwischen den gleichen Muskeln der beiden Tierkörperhälften (bis zu 0,3 pH-Einheiten). Die Messung zur Erkennung von Abweichungen muss daher immer im gleichen Muskel, und zwar in einem solchen mit erfahrungsgemäss mittlerem pH-Wert durchgeführt werden.

Beim Schwein treten die Veränderungen der Muskulatur besonders in den Edelteilen *Schinken* und *Kotelett* auf. Abweichungen im Kotelett, wo sie am häufigsten anzutreffen sind, bedeuten dabei nicht gleichzeitig, dass auch der Schinken verändert sein muss. Veränderungen in den Verarbeitungsteilen, wie Schulter, Bauch, Kamm, werden nur in geringem Umfang und dann überwiegend als DFD-Charakter beobachtet. Für die Disposition der Rohstoffe ist diese Feststellung ausserordentlich wichtig.

V. Fleischwarenherstellung

Diesem so unterschiedlichen pH-Wert bei den beschriebenen Fleisch-Konditionen kommt in der Verarbeitung eine fundamentale Bedeutung zu. Insbesondere nimmt der pH-Wert bei der Herstellung von Fleischerzeugnissen Einfluss auf:

1. *Wasserbindung*
2. *Pökelbereitschaft* (Salzaufnahme, Farbbildung)
3. *Haltbarkeit*
4. *Geschmack*

Damit sind die entscheidenden Bereiche der Herstellung, Lagerung und Präsentation von Fleischerzeugnissen betroffen. Jede Abweichung des Rohstoffes von der Norm verändert auch die Eigenschaften für Wasserbindung, Pökellung, Haltbarkeit und Sensorik der Produkte. Nachfolgend wird dieser Einfluss beschrieben und Möglichkeiten der sinnvollen Verwertung gezeigt:

1. Wasserbindung

Schieres Fleisch enthält etwa 75% Wasser, 20% Eiweiss, 3% Fett und 2% Salze und Kohlenhydrate. Zu diesem fleischeigenen Wasser wird der Fleischware zum Teil noch erheblich Wasser hinzugefügt, so bei Brühwurst und Kochschinken. Die Bindung dieser grossen Wassermenge wird allein durch das Fleischeiweiss erreicht, was die technologische Bedeutung intakter Eiweisse für die Wasserbindung unterstreicht. Wie betont, ist bei PSE-Fleisch durch die sehr rasche pH-Senkung nach der Schlachtung die Wasserbinde-eigenschaft der Fleischeiweisse jedoch gestört. Hinzu kommt, dass der pH-Wert der Muskulatur entscheidenden Einfluss auf die Wasserbindung nimmt. Das Wasserbindungsvermögen (Quellung, Safthaltung) fällt von etwa pH 7,2 des Muskels im lebenden Tier bis etwa pH 5,3 zunehmend ab. Im Bereich des isoelektrischen Punktes der Fleischeiweisse von etwa pH 5,0 bis 5,3 stösst das Eiweiss am intensivsten Wasser ab. Diese Wasserabgabe wird bei rohen Fleischwaren (Rohwurst, Rohschinken, Trockenfleisch) angestrebt und dient der Konservierung (Trocknung, Senkung des a_w -Wertes). Bei Brühwurst und Kochschinken ist dagegen eine gute Wasserbindung nötig, daher ist ein möglichst hoher pH-Wert erwünscht. Daraus ergibt sich die Konsequenz, dass PSE-Fleisch dort ungeeignet ist, wo der Produktcharakter ausreichendes Wasserbindevermögen des Fleisches verlangt (Saftigkeit, Zartheit). Dagegen ist DFD-Fleisch mit seinem hohen pH-Wert, das ausserdem keine Eiweisschädigung aufweist, für die Herstellung derartiger Erzeugnisse (Brühwurst, Kochpökelfleisch, Bratenfleisch) besonders gut geeignet oder zumindest verwertbar.

Gewichtsverluste in Prozent

Erhitzungs- verfahren Fleisch- art	70°C	80°C	90°C	100°C	110°C	120°C
	225 Min	120 Min	90 Min	80 Min	70 Min	60 Min
PSE pH ₁ ≤ 5,8	30,5	33,1	36,5	38,5	38,8	39,5
NORMAL pH ₂₄ ≤ 6,0	26,2	28,6	30,6	32,1	32,0	33,4
DFD pH ₂₄ 6,2-6,7	23,0	23,2	25,4	28,9	29,0	30,1

Abb. 2: Erhitzungsverluste bei Schweinefleisch. Rückenmuskulatur; \varnothing der Stücke 15 mm

Die Abbildung 2 zeigt Erhitzungsverluste in verschiedenen Temperaturbereichen von Schweinefleisch mit PSE- und DFD-Konditionen, dem Fleisch normaler Kondition gegenübergestellt. Eindeutig ist, dass das PSE-Fleisch jeweils die höheren Erhitzungsverluste und DFD-Fleisch die geringeren Erhitzungsverluste aufweist.

Bei *Brühwurst* wird mit steigenden Anteilen von Rind- oder Schweinefleisch mit hohem pH-Wert die Wasserbindeeigenschaft zunehmend besser, mit steigenden Anteilen PSE-Fleisch schlechter. DFD-Fleisch verbessert bei Brühwurst die Saftigkeit und Konsistenz und bietet die Möglichkeit sinnvoller Verwertung. Aber auch ein Teil PSE-Fleisch (ca. 20–30% vom Fleischanteil) ist zu Brühwürsten zu verwerten, und zwar dann, wenn der restliche Teil aus Fleisch normaler Beschaffenheit oder aus DFD-Fleisch besteht (Vermischung, «Verschneiden») (Abb. 3).

Geleeabsatz in Prozent

Fleischmischung Erhitzung	70 % PSE	70 % Normal	35 % PSE 35 % Rindfleisch	35 % Normal 35 % Rindfleisch	20 % PSE 50 % Rindfleisch	20 % Normal 50 % Rindfleisch
	70°C	13,7	2,8	7,4	2,3	2,5
100°C	15,1	4,9	9,9	4,1	4,9	3,9
120°C	19,0	7,8	12,8	8,4	5,5	6,3
Gesamt $\bar{\phi}$	15,9	5,2	10,0	4,9	4,3	3,8
Differenz	10,7		5,1		0,5	

Abb. 3: Verarbeitung von PSE-Schweinefleisch zu Brühwurst. Rezeptur: 70% Fleisch, 30% Speck; Wasserzugabe 50%, bezogen auf Fleisch und Fett

Von besonderer Bedeutung für die Qualität des Endproduktes sind die Wasserbindeigenschaften des Fleisches vor allem bei der Verarbeitung zu *erhitzter Pökelstückware*, wie Kochschinken und Kasseler. Wenn derartige Produkte beim Erhitzen größere Mengen Wasser (Fleischsaft) abgeben, werden sie trocken und hart und verlieren damit entscheidend an Qualität. Rohmaterial mit hohem End-pH-Wert zu Kochschinken und Kasselerstücken verarbeitet, zeigte eindeutig geringeren Fleischsaftverlust als Produkte aus Fleisch mit normalem pH-Wert oder aus PSE-Fleisch (Abb. 4). Fleisch mit hohem pH-Wert (DFD-Fleisch) ist somit zur Produktion von gegarter Pökelstückware (Kochschinken, Kasseler) gut zu verwenden, dagegen ist Fleisch mit niedrigem pH-Wert ausgesprochen ungeeignet.

Ein erheblicher Teil der besonders zu pH-Veränderungen neigenden Rücken- und Schinkenmuskulatur des Schweines wird zum *Kurzbraten* bei der *Kotelett- oder Schnitzelbereitung* verwendet. Daher ist auch das Verhalten von Fleisch mit hohem oder niedrigem pH-Wert bzw. solchem mit geschädigtem Muskeleiweiß beim Kurzbraten in Fett oder beim Fritieren oder Grillen von technologischem Interesse. Bratversuche ergaben, dass DFD-Fleisch aufgrund der geringeren Wasserabgabe beim Erhitzen zum Kurzbraten gut geeignet ist, die zubereiteten Stücke waren besonders saftig und besonders zart. PSE-Fleisch ist dagegen zum Kurzbraten nicht geeignet. Beim Grillen oder Braten

Geleeabsatz in Prozent

Produkt, Erhitzung Fleisch- art	Kochschinken 70°C	Kasseler 75°C	Schweinefleisch i.eig. Saft 120°C
PSE pH ₁ ≤ 5,8	21,9	29,8	38,2
NORMAL pH ₂₄ ≤ 6,0	15,2	21,0	33,5
DFD pH ₂₄ ≥ 6,2	11,3	13,3	27,5

Abb. 4: Produktbezogene Erhitzungsverluste bei Schweinefleisch

in Fett ergeben sich hohe Saftverluste, die zu trockenem Biss mit harter, zäher Konsistenz der Erzeugnisse führen. Diese ungenügenden Eigenschaften von PSE-Fleisch beim Kurzbraten lassen sich durch Panade (paniertes Schnitzel oder Kotelett) deutlich mindern (Abb. 5).

Gewichtsverlust in Prozent

Erhitzungs- verfahren Fleisch- art	Frittiert unpaniert 170°C/3,5'	Frittiert paniert 170°C/4,5'	Gegrillt unpaniert 170°C/ 5'
PSE pH ₁ ≤ 5,8	29,2	6,7	32,1
NORMAL pH ₂₄ ≤ 6,0	24,6	4,2	27,4
DFD pH ₂₄ 6,2 - 6,8	19,1	3,2	21,3

Abb. 5: Bratverluste bei Schweinefleisch. Rückenmuskulatur, «Kotelett»; ø der Stücke 15 mm

Schliesslich ist ein verändertes Wasserbindevermögen von Fleisch auch bei der Herstellung von *Rohpökelwaren* (Rohwurst, Rohschinken, Trockenfleisch) zu beachten. Ein niedriger pH-Wert ist bei derartigen Erzeugnissen wünschenswert, das bedeutet, dass PSE-Fleisch prinzipiell Verwendung finden kann, allerdings mit Einschränk-

kungen. Ausschliessliche Verarbeitung von PSE-Fleisch zu *Rohwurst* kann durch intensive Wasserabgabe zu Trocknungsfehlern führen (Trockenrand, Rissbildung). Eine Zumischung von PSE-Fleisch bis zu 30% Anteil am Gesamtfleisch ergab dagegen keine erkennbaren Veränderungen bei der Rohwurstreifung. Somit ist PSE-Fleisch über Rohwurst in Vermischung mit normalem Fleisch zu verwerten. Nur aus DFD-Fleisch hergestellte Rohwürste mit Ausgangs-pH-Werten des Brätes um 6,2 erreichen dagegen auch nach erhöhter Zuckerzugabe zur mikrobiellen Säurebildung nur sehr verzögert oder gar nicht den Bereich des isoelektrischen Punktes der Fleischiweisse und erlangen nur schwer Schnittfestigkeit. Allerdings sei vermerkt, und diese Feststellung trifft sowohl für DFD- wie für PSE-Fleisch zu, dass es in der Produktion von Rohwurst durch die regelmässige Verarbeitung unterschiedlicher Tierkörperenteile, und dann von mehreren Tieren stammend, zu den Ausnahmen zählen dürfte, dass ausschliesslich Fleisch mit hohem oder niedrigem pH-Wert in eine Rohwurstcharge gelangt. Die Vermischung und damit Integrierung von Fleisch mit abweichender Beschaffenheit hat bisher in der Praxis bei der Herstellung von Rohwurst im allgemeinen grössere Produktionsprobleme verhindert.

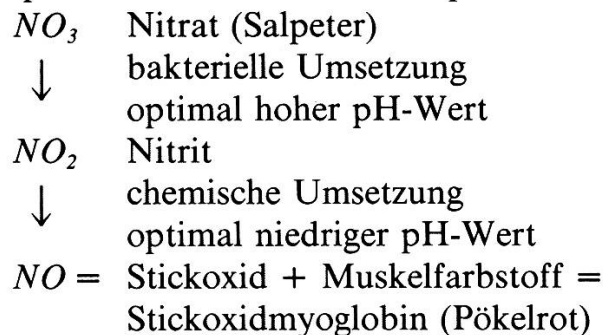
Wesentlich problematischere Zusammenhänge zur pH-Abhängigkeit bestehen bei der *Rohschinken- und Trockenfleischproduktion*, weil es hier keine Vermischung mit anderem Fleisch gibt. Vor allem grosse Fleischteile (Knochenschinken, Rollschinken, Bindenfleisch) sind bei Verwendung von Fleisch mit hohem pH-Wert (DFD-Fleisch) stark gefährdet. Die Wasserretention und der hohe pH-Wert führen zu erhöhter mikrobieller Verderbnisanfälligkeit. Die relativ hohe Rate verdorbener Knochenschinken ist nach unseren Erfahrungen auf die Verwendung von Fleisch mit zu hohem pH-Wert zurückzuführen. Beim Einsatz von Fleisch mit niedrigem pH-Wert (PSE-Fleisch) zu Rohschinken ergeben sich zwar keine Probleme verminderter Haltbarkeit, aber die starke Wasserabgabe kann bei kleinen Schinkenarten zu einer übermässigen Abtrocknung und in deren Folge zu einem zu trockenen, harten Produkt im Randbereich führen.

2. Pökelfähigkeit (Salzaufnahme, Farbbildung)

Die Bereitschaft des Fleisches, Salze aufzunehmen, ist vor allem vom pH-Wert abhängig und damit auch von der vorliegenden Fleischkondition. Je niedriger der pH-Wert liegt und damit das Wasserbindevermögen («offene Struktur» des Fleisches), umso schneller erfolgt die Aufnahme (Diffusion) der Salze, umso besser ist auch die Umsetzung von Nitrit in Stickoxid und damit die Pökelfarbbildung. Bei hohem pH-Wert liegen die gegenteiligen Wirkungen vor.

Unter gleichen Pökelfbedingungen nimmt somit blasses, wässriges Fleisch (PSE) mehr Salz auf als dunkles, leimiges Fleisch (DFD). In erster Linie ist das bei einer Trocken- und Nasspökung von Rohschinken und Trockenfleisch zu beachten. Bei der direkten Einleitung und genaueren Dosierung und Verteilung der Salze im Fleisch beim Spritzpökeln ist diese Eigenschaft dagegen von weniger gravierender Auswirkung. Bei Rohwurst oder Brühwurst ist ein pH-abhängiges Verhalten gegenüber der Salzaufnahme ohne Bedeutung, denn das Salz wird hier dem Gemenge direkt zugesetzt und beim Zerkleinern und Mischen gleichmässig verteilt.

Die Umwandlung der Pökelsalze Nitrat und Nitrit zu Stickoxidmyoglobin (Pökelfarbstoff) erfolgt optimal in unterschiedlichen pH-Bereichen:



Im tieferen pH-Bereich kommt es zur schnelleren und intensiveren Umwandlung von Nitrit und Stickoxid. Daher wird bei PSE-Fleisch in aller Regel ausreichend Stickoxidmyoglobin gebildet, zumal auch die Aufnahme der Salze bei dieser Fleischkondition günstig ist und somit ausreichend Nitrit zur Verfügung steht. Bei DFD-Fleisch ist neben der geringeren Salzaufnahme auch eine verminderte Umwandlung von Nitrit in Stickoxid zu erwarten. Die Vorteile der guten Wasserbindung bei DFD-Fleisch sind also oft mit einer unzureichenden Pökelfarbbildung und -farbhaltung bei Kochschinken oder Brühwurst verbunden.

3. Haltbarkeit

Auch das Wachstum der Mikroorganismen, die entscheidend die Haltbarkeit von Fleisch und Fleischwaren beeinflussen, ist wesentlich pH-abhängig. Nach pH-abhängigen Wachstumsbereichen unterscheidet man, verallgemeinernd, zwei grosse Bakteriengruppen:

1. Säuerungsbakterien (überwiegend Zuckerabbau = Säurebildung = pH-Senkung)
2. Fäulnisbakterien (überwiegend Eiweissabbau = Basenbildung = pH-Anstieg).

Während die Säuerungsbakterien (vor allem Laktobazillen) in einer Reihe von Lebensmitteln erwünscht sind (u. a. Rohwurst), sind Fäulnisbakterien prinzipiell unerwünscht. Nach der Zufallsbeimpfung (Kontamination) des erschlachteten Fleisches finden wir eine Vielzahl unterschiedlicher Bakterienarten aus beiden Gruppen vor. Viele Keimarten konkurrieren miteinander («Konkurrenzflora»), wobei der pH-Wert des Lebensmittels die Selektion mit entscheidet. Im pH-Bereich zwischen etwa 5,6 bis 6,0 liegen für beide Gruppen nicht die optimalen Wachstumsbedingungen vor. DFD-Fleisch mit seinem hohen pH-Wert bietet den Fäulnisbakterien die besseren Entwicklungschancen, daher ist ein schneller Verderb wahrscheinlich. Auch Fleischwaren mit hohem pH-Wert sind verderbnisanfälliger als solche mit niedrigem pH-Wert.

In Abhängigkeit vom vorliegenden pH-Wert ist *Frischfleisch* ausserordentlich unterschiedlich lagerfähig. Am längsten zu lagern ist Fleisch mit pH-Werten um 5,3 bis 5,6. Bis etwa pH 5,8 kann die Lagerfähigkeit noch relativ gut sein. Mit steigendem pH-Wert verkürzt sich danach die mögliche Lagerzeit zunehmend. So ist z. B. DFD-Fleisch

(Jungbullenfleisch) mit seinem hohen pH-Wert für eine Reifung im Vakuumbbeutel ungeeignet; in aller Regel verdirbt derartiges Fleisch sehr rasch durch Fäulnis. Bei *Frischwaren*, wie Brühwurst und Kochschinken, ist der pH-Wert vor allem bei einer Vorverpackung entscheidend. Brühwurst und Kochschinken mit pH-Werten über 6,2 gelten in der Haltbarkeit als eingeschränkt. Bei niedrigem pH-Wert gewinnen in der Regel die Säuerungsbakterien von vornherein die Oberhand (dominierende Flora), wodurch Fäulnis verhindert wird. Zwar ist die Säurebildung durch Säuerungsbakterien in den Packungen aus Geschmacksgründen ebenfalls nicht erwünscht, andererseits wird die Vorverpackung von Frischwaren und deren Haltbarkeit über etwa 2 Wochen durch die dominierende Entwicklung säuernder Bakterien überhaupt erst möglich. Bei unseren experimentellen Untersuchungen zeigten vorverpackte Scheiben von *Kochschinken*, bei 10°, 5° und 2°C aufbewahrt, unter höherem pH-Einfluss sowohl die Grenze der ersten sensorisch wahrnehmbaren Abweichung als auch die Grenze des Verderbs (genussuntauglich) jeweils deutlich früher als vergleichbare Produkte aus Fleisch mit normalem pH-Wert. Bestätigt wurde dabei, dass unter hohem pH-Wert die Veränderung zu anfangs «Altgeschmack» und später «Fäulnis» tendierte, während bei normalem pH-Wert in der Regel «Säuerung» die Geschmacksveränderung bestimmte. *Rohwürste* gelten nach der Herstellung im pH-Bereich bis etwa 5,5 noch als gefährdet; erst unterhalb dieses Wertes kann man sie als pH-stabilisiert ansehen. Daher ist es wesentlich, dass durch Verwendung von gut gesäuertem Fleisch bereits zu Beginn der Rohwurstreifung ein möglichst niedriger pH-Wert vorliegt. DFD-Fleisch mit seinem hohen pH-Wert ist daher für Rohwurst bei ausschliesslicher Verwendung ungeeignet, nur in Vermischung mit normalem Fleisch ist seine Verwendung vertretbar.

4. Geschmack

Auch der Geschmack ist bei Fleisch mit abweichender Beschaffenheit verändert. Bei PSE-Fleisch ist zwar ein kräftiger fleischsäuerlicher Geschmack, aber nicht immer das spezifische Aroma ausreichend ausgebildet. Bei DFD-Fleisch fehlt die Fleischsäuerung vollständig. In der Regel steht der fleischaromatische Geschmack im Vordergrund, der jedoch auch manchmal etwas flach, andersartig und vereinzelt abweichend sein kann.

VI. Zusammenfassende Darstellung der technologischen Eigenschaften von PSE- und DFD-Fleisch und deren Verwertung

Das technologische Verhalten der beiden typischen Fleischabweichungen PSE und DFD ist nachfolgend zusammengefasst dargestellt:

Eigenschaften von PSE-Fleisch (pH < 5,8)

Vergleich zu Normal-Fleisch (pH 5,6–6,0)

<i>Wasserbindung</i>	schlechter	Starke Wasserabgabe beim Erhitzen (z. B. Brühwurst, Kochschinken, Braten); Produkte trockener, auch härter oder zäh
----------------------	------------	---

<i>Pökelfähigkeit</i>	verändert	Teilweise blasse Pökelfarbe. Erhöhte Salzaufnahme (Pökelstücke bei Trocken- oder Nasspökeln salzschrfer)
<i>Geschmack</i>	verändert	Kräftig fleischsäuerlich
<i>Haltbarkeit</i>	verändert	Nasse Oberfläche bei Rohfleisch; manchmal verminderte Haltbarkeit

Verwertbar für:

Rohwurst: Alleinige Verarbeitung riskant. In ca. 30%iger Vermischung mit normalem Schweine- und Rindfleisch jedoch verlustfrei zu verwerten.

Rohschinken: Unterschiedliche Farben der Muskeln bei grossen Schinken. Teilweise auch zu trocken und aromaarm.

Brühwurst: Alleinige Verarbeitung sehr schlechte Wasserbindung, hohe Brühverluste. In ca. 20%iger Vermischung mit normalem Rind- und Schweinefleisch verlustarm verwertbar.

Ungeeignet für:

Kochschinken: Hohe Kochverluste bzw. hoher Geleeabsatz.

Eigenschaften von DFD-Fleisch (pH > 6,2)

Vergleich zu Normal-Fleisch (pH 5,6–6,0)

<i>Wasserbindung</i>	gut	Geringere Wasserabgabe beim Erhitzen (Brühwurst, Kochschinken, Braten); Produkte saftiger, zarter (weicher). Ungeeignet für Rohwurst und Rohschinken.
<i>Pökelfähigkeit</i>	verändert	Manchmal geringere Pökelfarbbildung -haltung. Verminderte Salzaufnahme bei grösseren Pökelstücken.
<i>Geschmack</i>	verändert	Nicht fleischsäuerlich.
<i>Haltbarkeit</i>	schlechter	Verkürzte Haltbarkeit für Rohfleisch und alle Fleischwaren. Gefahr bei Rohschinken.

Verwertbar für:

Brühwurst: Gute Wasserbindung, aber verminderte Haltbarkeit. In Vermischung mit normalem Fleisch gut geeignet.

Kochschinken: Gute Wasserbindung, weniger Geleeabsatz. Jedoch verminderte Haltbarkeit und teilweise schlechte Farbhaltung.

Ungeeignet für:

Rohwurst: Schlechter Eigenschutz in den ersten Tagen der Reifung. Bei Vermischung mit normalem Fleisch und höheren Zuckerzugaben Verwertung möglich.

Rohschinken: Schlechte Haltbarkeit; besonders gefährdet sind Knochenschinken.

Zusammenfassung

Fleisch mit abweichender bzw. mangelhafter Gewebeschaffenheit kann bei der Verarbeitung zu Fleischerzeugnissen oder bei der küchentechnischen Zubereitung zu erheblichen Einschränkungen führen. Herstellungsmängel, die auf einen veränderten Rohstoff zurückzuführen sind, reichen von höheren Gewichtsverlusten beim Erhitzen über Pökelfehler bis zum schnelleren Verderb. Vor allem Schweinefleisch zeigt in erheblichem Umfang solche Abweichungen.

Während noch vor wenigen Jahrzehnten Fettgewebe und tierische Fette begehrte Lebensmittel waren, verlangt der Verbraucher heute ein möglichst fettarmes Fleisch. Diesem Wandel in den Verbraucheransprüchen hat vor allem die Schweinezucht durch radikale Umzüchtung zu fleischbetonten Rassen Rechnung getragen. Der Fleischanteil am Tierkörper wurde enorm gesteigert, so dass sich das Fleisch : Fett-Verhältnis in wenigen Jahrzehnten von etwa 1:1 auf nunmehr 2 :1 wandelte. Diese erfolgreichen Zuchtbemühungen um Steigerung der Quantität bei der Produktion von Fleisch sind in vielen Zuchtlinien auf Kosten der Qualität verlaufen. Negative Begleiterscheinung ist eine häufig extreme Stressempfindlichkeit der Tiere. Auf Belastungen, wie sie etwa beim Transport, Aufställen, Trieb zur Schlachtstätte etc. unumgänglich sind, reagieren sie mit irritierten Stoffwechselsituationen, die Fleischmängel zur Folge haben.

Im Vordergrund der Fleischabweichung stehen das

blasse, wässrige Fleisch (*PSE = pale, soft, exudativ*) und
dunkle, leimige Fleisch (*DFD = dark, firm, dry*).

Neben den äusseren Merkmalen des Fleisches, wie blass und wässrig oder dunkel und leimig, die nicht immer eindeutig ausgebildet sind, wird die Abweichung vor allem am veränderten pH-Wert erkennbar. Die Muskulatur des lebenden, gesunden Tieres weist einen pH-Wert von etwa 7,2 auf. Nach der Tötung tritt durch Umwandlung von Glykogen in Milchsäure (Laktat) eine pH-Senkung ein, die beim Schwein nach 6–12 Stunden einen unteren (End-) pH-Wert zwischen 5,5 und 5,8 erreicht. Beim PSE-Fleisch erfolgt die Glykolyse nach der Schlachtung überstürzt, d. h. der pH-Wert fällt innerhalb sehr kurzer Zeit stark ab und erreicht nach etwa 1 Stunde Werte unter pH 5,8. Beim DFD-Fleisch verläuft dagegen die Glykolyse verzögert oder abgekürzt oder sie bleibt fast vollständig aus. – Die Entstehung von PSE- und DFD-Charakter geht auf gleiche Stoffwechselanomalien zurück. Der Unterschied ist, dass in der Muskulatur von PSE-Fleisch ausreichend Glykogen vorhanden, während bei DFD-Charakter dieses Glykogen weitgehend verbraucht war.

Fleisch mit PSE- oder DFD-Kondition kann bei der Fleischwarenherstellung Einfluss nehmen

auf	<i>Wasserbindung</i>	<i>Pökelbereitschaft</i>	<i>Haltbarkeit</i>
	der Erzeugnisse, womit die entscheidenden Bereiche der Fleischwarenherstellung und -lagerung betroffen sind.		

Die *Wasserbindung* der Fleischiweisse ist pH-abhängig; mit fallendem pH-Wert sinkt die Wasserbindekapazität des Fleisches. Gute Wasserbindung wird vor allem bei Kochpökelerzeugnissen und bei Brühwurst erwartet. Ungeeignet (Kochpökelerzeugnisse) oder nur eingeschränkt geeignet (Brühwurst) ist für diese Erzeugnisgruppen somit PSE-Fleisch. Dagegen kann DFD-Fleisch mit seinem hohen pH-Wert eingesetzt werden; allerdings ist die Haltbarkeit der Erzeugnisse etwas eingeschränkt. Zur küchentechnischen Zubereitung (Braten, Grillen u. ä.) ist PSE-Fleisch wegen der grossen Erhitzungsverluste ungeeignet. Zu Erzeugnisgruppen, wo eine Wasserabgabe charakteristisch ist, wie Rohwurst, Rohschinken, Trockenfleisch, kann PSE-Fleisch teilweise Verwendung finden, dagegen ist der Einsatz von DFD-Fleisch riskant.

Beim *Pökeln* ergibt ein niedriger pH-Wert des Fleisches eine höhere NO-Rate aus $-\text{NO}_2$ und damit eine intensivere Pökelfarbe durch grössere Stickoxidmyoglobinbildung. Auch die Bereitschaft des Fleisches Salze aufzunehmen, ist pH-abhängig. Bei niedrigem pH-Wert («offene Struktur») ist die Salzaufnahme grösser. Damit erzielt man bei PSE-Fleisch oft noch ein befriedigendes, bei DFD-Fleisch vielfach ein unzureichendes Pökelergebnis.

Das Wachstum von Mikroorganismen, das entscheidend die *Haltbarkeit* von Fleisch und Fleischerzeugnissen beeinflusst, ist pH-abhängig. Mit höherem pH-Wert wird die Gefahr von Verderb (Eiweissabbau, Fäulnis) grösser; oberhalb etwa pH 6 gelten Fleisch und Fleischwaren als besonders gefährdet. Daher ist DFD-Fleisch auszuschliessen für die Verarbeitung zu Erzeugnissen wie

line. De même, la propriété de la viande d'absorber le sel dépend du pH. A un pH bas («structure ouverte»), l'absorption du sel est augmentée. C'est pourquoi, on obtient souvent encore une salaison satisfaisante avec de la viande PSE, alors que la viande DFD donne de mauvaises salaisons.

La prolifération des microorganismes qui influence la *durée de conservation* de la viande et des préparations de viande dépend aussi du pH. Lors de pH élevé, les risques de détérioration (dégradation des protéines, putréfaction) sont accrus; les viandes et les denrées carnées dont le pH est supérieur à 6 sont exposées à ces dangers. Aussi la viande DFD est-elle inutilisable dans la fabrication des jambons crus, pour la préparation des saucisses crues, de la viande séchée, qui peuvent rapidement s'altérer durant la première phase de la fabrication, donc avant qu'une valeur pH suffisamment basse soit atteinte ou avant que la valeur a_w soit obtenue.

Les viandes anormales peuvent donc être utilisées sans de trop grandes pertes économiques de la façon suivante:

- la viande PSE est utilisable moyennant certaines restrictions pour la préparation de *saucisses crues*, de *jambon cru* et partiellement pour les *saucisses échaudées*; elle ne convient pas pour le jambon cuit et d'autres salaisons cuites;
- la viande DFD est utilisable pour fabriquer des *saucisses échaudées* et des *salaisons cuites*; elle ne convient pas pour les saucisses crues, le jambon cru et la viande séchée.

Literatur

Augustini Chr.: Ursachen unerwünschter Fleischbeschaffenheit beim Schwein. in: Beiträge zum Schlachtwert von Schweinen. Bundesanstalt für Fleischforschung S. 165 (1982). – *Fischer K.*: Was ist ein stressempfindliches Schwein? Fleischwirtschaft 55, 1411 (1975). – *McGloughlin P.*: Genetic aspects of pigmeat quality. Pig News and Information 1, 1 (1980). – *Hamm R.*: Struktur und Funktion des Muskels. Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches. Bundesanstalt für Fleischforschung S. 87 (1981). – *Kallweit E.*: Untersuchungen über die Abhängigkeit von Merkmalen der Fleischbeschaffenheit vom Mastgewicht bei Schweinen. Zschr. F. Tierzüchtg. u. Züchtungsbiol. 85, 354 (1969). – *Krüger G., Kuhlmann K.*: Einfluss der chemisch-physikalischen Rohstoffqualität auf die Ausbeute und die Qualität von Schinkenwaren. Fleisch 35, 95 (1981). – *Lengerken G., von Hennebach H.*: Einfluss endogener und exogener Faktoren auf den pH-Wert-Verlauf in der Kotelett- und Schinkenmuskulatur von Schweinen (I, II). Fleisch 34, 16, 37 (1980). – *Lister D., Gregory N. G., Warris P. D.*: Stress in meat animals. In: Lawrie R., Rev. in Meat Sci. 2, 61 (1981). – *Scheper J.*: Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch – genetisch und umweltbedingte Einflüsse. Fleischwirtschaft 52, 203 (1982). – *Scheper J.*: Die Entwicklung der Schweinefleisch-Qualität. Ein Rückblick. Fleischwirtschaft 60, 2001 (1980). – *Scheper J.*: Entwicklung der Schweinezucht, in: Beiträge zum Schlachtwert von Schweinen. Bundesanstalt für Fleischforschung S. 1 (1982). – *Wirth F.*: Qualitätsabweichungen bei Schweinefleisch – Konsequenzen für die Verarbeitung von wässrigem, blassem Schweinefleisch. Fleischwirtschaft 52, 212 (1972). – *Wirth F.*: Technologie bei DFD-Fleisch. Fleischwirtschaft 56, 988 (1976). – *Wirth F.*: pH-Wert und Fleischwarenherstellung. Fleischwirtschaft 58, 1458 (1978). – *Wirth F.*: Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbildung, in: Technologie der Brühwurst. Bundesanstalt für Fleischforschung S. 60 (1984).