

EINFLUSS DER ELEKTROSTIMULIERUNG AUF DIE THERMOSTABILITÄT DES
KOLLAGENS VON RINDERMUSKELN

E. Pospiech Dr., B. Dzierżyńska-Cybulko Prof. Dr. hab., P. Zubieliak Dr.,
K. Bukowski Ing., L. Jarząbek Ing. Landwirtschaftliche Hochschule in Poznań,
Polen

Die Elektrostimulation hat die Anerkennung durch die Beschleunigung der postmortalen Prozesse, die das Fleisch schneller zart machen und die der Kältekontraktur der Muskeln verhüten kann /2,4,5,9,11,17,19,23,24,25/:

Die biochemischen Untersuchungen der Eiweißveränderungen von elektrostimulierten Muskeln weisen auf die Änderungen der sarkoplasmatischen und der myofibrillären Fraktion hin /1,3,9,15,20,21,24/. Der beschleunigte Abbau von α -Aktinin, Troponin-T, und auch eine Zunahme der Menge des 30 000 Dalton-Proteins wird ermittelt. Die erhöhte Temperatur begleitende diesen Vorgängen fordert die Steigerung der sauren Proteasenaktivität /23/ und zunehmende Befreiung der lysosomalen Enzyme /6/, die als eins von wichtigen Faktoren angenommen wird, die die Zartheit des Fleisches schneller zu erreichen ermöglichen.

Die Elektrostimulation ruft die strukturellen Änderungen in Muskeln hervor /6,9,15,22,26,27/. Die gewonnenen Bilder vom elektronen und licht Mikroskop werden manchmal ähnlich den beim wässrigen Schweinefleisch angesehen /9/. Sie ziehen jedoch die Aufmerksamkeit in Hinsicht auf die Beschädigungen der Kontinuität von Muskelfaserstruktur /6,15,22,26,27/. Der letzte Effekt wird als eins von besonders wichtigen Faktoren behauptet, der die Zartheit der Muskeln nach der Elektrostimulation beeinflusst.

Es gibt nicht viele Informationen, die sich mit der Beurteilung der Veränderungen in den Bindegewebsproteinen nach der zusätzlichen Einwirkung des Stroms befassen /3,13,15,17,20,24/. Die Mehrheit der bisherigen Arbeiten, die das Ausmass der Kollagens-

löslichkeit von Muskeln der stimulierten Tierschlachtkörpern bewerten, zeigt keine Beeinflussung von Strom auf /3,13,20/. Einige Autoren /25/ stellten durch die sensorische Prüfung fest, dass seine Wahrnehmbarkeit in stimulierten Muskeln schwächer war.

Die Thermostabilität oder die Löslichkeit des Kollagens bindet sich eng mit der Temperatur der thermischen Schrumpfung /12/. Die Untersuchungen von Judge et al. /13/ beurteilen, dass diese Temperatur wesentlich niedriger in stimulierten Muskeln ist, was nach Autorenmeinung auch mit dem kleineren Widerstand des Kollagens auf die Thermohydrolyse verbunden sein sollte. Es ist bekannt, dass ihre Abnahme mit der Verkleinerung der Kollagenstermostabilität während der Reifungsvorgänge beobachtet wird /12/.

Der Widerspruch der obenwähnten Arbeiten bewog uns zur Auflösung dieses Problems durch das Durchsetzen einer Untersuchung der Kollagenstermostabilität beginnend vom Elektrostimulierungsmoment bis zur Erreichung durch den Muskel des vollen reifen Zustands. Das wurde in den bisherigen Arbeiten aufgegeben und die Schlussfolgerungen können nur von der Beurteilung nach der bestimmten Lagerungszeit.

Die Untersuchungen wurden auf zehn M. semitendinosus von fünf 18 bis 24 Monaten alten Färsen der schwarz-weißen Tierland Rasse durchgeführt. Die Muskeln wurden von beiden Hälften ungefähr 30 Minuten nach den Schlachten entnommen und nach deren Vorbereitung elektrostimuliert. Diese Operation wurde jeweils auf dem Muskel vom linken Schlachttierkörper mit dem Wechselstrom /50 Hz/ von der 150 V Spannung, zwei Minuten durchgeführt, was nach vorangehender und verbreiter Analyse ausgewählt wurde. Als Kontrollprobe war der M. semitendinosus von der linken Hälfte. Der Zeitpunkt der Stimulierung lag zwischen 50 und 55 Minuten nach dem Schlachten. Danach wurde der Muskel analysiert und langsam gekühlt, um die Kältekontraktur zu vermeiden.

Die Untersuchungen wurden nach 2, 48 und 168 Stunden nach dem Schlachten durchgeführt. Jeweils zu bestimmten Zeitpunkten wurde das Muskelgewebe hinsichtlich folgender Merkmale geprüft: des pH-Wertes /1/, der chemischen Zusammensetzung des Fleisches /der Wasser-, Eiweiß-, N x 6,25/ Fett- und Trockensubstanzgehalt /7/, des Gesamtkollagengehaltes und der Thermostabilität des Kollagens. Um die sensorische Prüfung, die Ermittlung des Scherkräftewertes und die Bestimmung des pH-Wertes vom gekochten Fleisch durchzuführen, lag der Muskel der thermischen Behandlung unter. Nach dem Kochen wurde der Kochverlust gemessen.

Die Bestimmung des Gesamtkollagengehaltes wurde nach der Methode von Mohler und Antonacopoulos /16/ darstellende eine Modifikation der Messung nach Neumann und Logan /12/ durchgeführt.

Die Thermostabilität des Kollagens wurde folgendens ermittelt. Ca. 6,0 g gut zer-

kleinerte und abgewogene Fleischprobe wurde im einen Zentrifugenglas mit 15 ml des destillierten Wassers versetzt. Unter dichtem Verschluss wurde die Probe langsam bis 75°C erhitzt. Die erwünschte Temperatur erreichte der Inhalt des Zentrifugenglasses nach Ablauf 30 Minuten. Die Probe wurde beim den selben Temperaturniveau, weiterhin 30 Minuten erhitzt. Danach wurde sie entgehend Abkühlung zentrifugiert. Im Rückstand folgte die Kollagenbestimmung nach der oben erwähnten Methodik. Der Unterschied im Kollagengehalt vor und nach der Thermolyse im Prozent ausgerechnet wurde als Anzeiger der Thermostabilität des Kollagens verwendet.

Die Proben für die Sensorik und Instron-Messungen wurden folgendes behandelt. Das Fleischstück ca. 300g. wurde ins kochende Wasser hingeworfen und nach der Erreichung im Probenzentrum die Temperatur vom 85°C erfolgte die Erhitzung weiter 60 Minuten lang. Die Probe wurde so erwärmt, um die Temperatur des Zentrums auf demselben Niveau zu bleiben. Die Menge des Wassers zum Fleisch während der Erhitzung stand im Verhältnis zwei zu eins.

Die Messung des Scherkraftwertes ermittelte mit dem Instron-Gerät Model 1140, das mit dem Warner-Bratzler-Scherkopf ausgestattet wurde. Die Probe wurde quer zur Faserrichtung geschnitten. Der Querschnitt der Probe entsprach 1 cm².

Die sensorische Prüfung, die durch vierköpfiges Panel erfolgte, wurde auf den 2 mm dicken Fleischscheiben durchgeführt, deren Fasern entweder der Ebene parallel oder quer verliefen /7/. Die Notenskala bewegte sich zwischen 1 bis 5 Punkten, wobei die höhere Zahl die bessere Bewertung ausdrückte.

Die Bestimmung des pH-Wertes der gekochten Proben wurde im Homogenat vorgenommen, in dem das Verhältnis Wasser zum Fleisch als 2:1 stand.

Die erhaltenen Ergebnisse lagen der statistischen Auswertung unter, um den Mittelwert, die Standardabweichung und den kleinsten wesentlichen Unterschied zu berechnen /8/.

Ergebnisse und Diskussion.

Die Elektrostimulation hat wesentlichen Einfluss auf die Vorgänge des post-mortem Glykolyse. Der günstigste Massstab, der den Verlauf der biochemischen und physikalischen Änderungen schnell und gleichzeitig genau zu erfassen erlaubt, ist die Bestimmung des pH-Wertes. Die Daten dargestellte in der Tabelle Nr 1 weisen auf den aderen Ablauf der Veränderungen in der Wasserstoffionenkonzentration des Muskelgewebes von den beiden vergleichenden Muskelgruppen. Der anfängliche Unterschied zwischen den pH-Werten der Muskeln entnommen von den Schlachtierkörpern betrug gerade nach dem Schlachten ab 0,2 bis 0,4 pH-Einheiten. Als Ergebnis der Elektrostimulation lag der pH-Wert des Muskels ungefähr 30 Minuten nach dieser Operation um 0,42 pH-Einheiten

unter, was in dem Fall der unstimulierten Proben nach 5 bis 6 Stunden erreichbar war. Die Beschleunigung der Totenstarre sowie der Reifung verursachte, dass schwächere Versauerung der stimulierten Muskeln in zwei nächsten Zeitpunkten fallenden nach dem zweiten und dem sechsten Tag der Bewahrung festgestellt wurde. Die Unterschiede in dem pH-Wert waren zwischen stimuliertem und kontrolltem Muskelgewebe sowie zwischen einzelnen Untersuchungszeiten statistisch signifikant /Tab.Nr.1./.

Die höhere pH-Werte, welche in rohen stimulierten Muskeln während der Lagerung beobachtete, wurden auch nach dem Kochen festgestellt. Tab.Nr.1./.

Aus der Tabelle Nr.2, die geringen aber typischen Änderungen in der chemischen Zusammensetzung und im Kollagengehalt der untersuchten Muskeln hinweist, lässt sich man erkennen, dass die Elektrostimulation der Muskeln die wesentliche Erhöhung der Löslichkeit des Kollagens verursachte. Schon zwei Stunden nach dem Schlachten wurde sie in Proben von stimulierten Muskeln im Vergleich zur Kontrolle mehr als doppelt höher. Das Ausmass der Kollagensthermostabilität von stimulierten Muskeln lag den kleineren Änderungen während deren Aufbewahrung unter. Die Grösse festgestellte in kontrollter Probe zwei Stunden nach dem Schlachten blieb ohne Veränderungen über die ersten zwei Tage, um der Wert gleich dem von elektrostimulierten Muskeln erst nach dem Ablauf von sechs Tagen zu erreichen /Tab. Nr.2/.

Diese Ergebnisse sind also mit den Beobachtungen von Judge und seiner Mitarb. /13/ übereinstimmend, dass die Thermostabilität des Kollagens der stimulierten und unstimulierten Muskeln nach dem sechstägigen Reifung im Grunde genommen nicht signifikant differenziert ist. Die wesentlichen Unterschiede sind jedoch schon bald nach der Elektrostimulation bis zum zweiten Tag zu bemerken und sie liegen der Ausgleichung als Resultat der Reifung unter. Zum denselben Schluss könnte man kommen, wenn der Unterschied vom 0,6°C in der Temperatur der thermischen Schrumpfung der vergleichenden Muskeln näher analysiert würde /13/. Obwohl die Temperatur wesentlich niedriger als im Fall der Proben von elektrostimulierten Schlachtierkörpern war, ist sie klein, wenn sich man die Veränderungen dieser Eigenschaft während der Reifung vergleicht hätte /rund 8°C/ /12/.

Die Abnahme der Thermostabilität des Kollagens von stimulierten Muskeln hat wahrscheinlich den Bezug mit den strukturellen Fleischveränderungen während dieses Prozesses /6, 23/. Die Elektrostimulation durch die strukturellen Beschädigungen und eine raschere pH-Wert-Senkung bei verhältnismässig hohen Temperaturen bewirkt eine zunehmende Befreiung der lysosomalen Enzyme und erhöhte Aktivität von anderen Proteasen. Als Folge dieser Ereignisse könnte die Vergrösserung der Kollagenlöslichkeit angenommen werden. Diese Vermutung bestätigen die Untersuchungen von Kopp und Valin /14/.

lie hinweisen, dass sich die Hitzestabilität der isolierten Kollagenfasern bei Behandlung mit lysosomalen Enzymen im pH-Bereich 5,5 wesentlich verminderte.

Der Grund, warum diese Erscheinung im Muskel mit intakteren Kollagenfasern bei der Reifung nicht in grossem Umfang vorkommt, ist vermutlich auf eine begrenzte Freisetzung dieser Enzyme zurückzuführen, weil die Durchlässigkeit der lysosomalen Membranen geringer ist.

Ausserdem kann man annehmen, dass uns die angewandte langsame Erhitzung bei der Bestimmung von der Thermostabilität des Kollagens statt üblich fast sofortiger Erwarmung /10/ die festgestellten Unterschiede mehr hervorzuheben erlaubte.

Die Durchschnittswerte der Scherkraft von Muskeln nach dem Kochen /Tab.Nr.3/ weisen auf dem vorteilhaften Einfluss der Elektrostimulation auf die Zartheit des Fleisches. Zu allen Untersuchungszeitpunkten war die Scherkraft, die für die stimulierten Muskeln zu schneiden braucht, niedriger als für die kontrollierten Proben, was die Unterkräftigung von anderen Autoren auch bestätigen /2,9,16/. Der Unterschied in der Scherkraft zwischen den beiden Muskelgruppen sank während der Reifung aber die sechstägige Lagerung verursachte nicht die Liquidation des Unterschiedes.

Die Ergebnisse der sensorischer Prüfung von der Zartheit bestätigen im Grunde genommen die Daten von der objektiven Bestimmung dieses Merkmals, obwohl mehr der Einfluss von der Reifung als die Unterschiede zwischen analysierten Proben betont wurde /Tab. Nr. 3/.

Die kleinen Unterschiede wurden in der Grösse des Kochverlustes zwischen Proben von nicht und stimulierten Muskeln festgestellt /Tab.Nr.3/. Die höchsten Unterschiede wurden 2 Stunden nach dem Schlachten beobachtet und sie betragen ungefähr 2%. Während der weiteren Muskel Lagerung stellte etwas grössere Kochverluste fest. Die erhaltenen Werte sind typisch für das Rindfleisch und es würde schwer auf diesem Grund zu sagen, dass die Elektrostimulation einen negativen Effekt ausübte. Diese Beobachtungen sind übereinstimmend mit anderen Angaben von der Literatur /11,20/.

Schlussfolgerungen:

1. Die Verbesserung der Zartheit des Rindfleischs als Ergebnis der Elektrostimulation folgte auch durch die Abnahme der Thermostabilität des Kollagens.
2. Die Elektrostimulation des Muskelgewebes bewirkt gerade nach dem Schlachten ungefähr zwei fache Steigerung der Kollagenslöslichkeit im Vergleich zu unstimulierten Muskeln.
3. Nach der sechstägigen Lagerung bei 2-4°C ist die Thermostabilität des Kollagens von beiden Muskelgruppen ausgeglichen.
4. Die wahrscheinliche Ursache der niedrigeren Thermostabilität des Kollagens liegt

In der auftretenden strukturellen Muskelveränderungen, die erhöhte Befreiung von lysosomalen Enzymen und die zunehmende Aktivität von anderen Proteasen ausübt.

1. Asghar A., Henricson R.L. Agr. Exp. Station, Dev. Agr. Oklahoma State Univ. Technical Bulletin T-156, April 1982.
2. Bendall J.R. Development of Meat Science -1. Applied Sci Publ. Ltd, London 1980, 37.
3. Barbiker S.A., Lawrie R.A. Meat Sci. 1983, 8, 1.
4. Calkins C.R., Dutton T.R., Smith G.S., Carpenter Z.L. J. Ed. Sci. 1982, 47, 1350.
5. Chrystall B.B., Devine C.E., Meat Sci. 1978, 2, 49.
6. Dutton T.R., Smith G.C., Savell J.W., Carpenter Z.L., Proc. 26-th Eur. Meet. Meat Res. Workers Colorado Springs 1980 J6.
7. Dzierżyńska-Cybulko B., Kijowski J., Zarys przetwórstwa surowców zwierzęcych. Skrypt Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań, 1979.
8. Elandt R., Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń zootechnicznego, PWN Warszawa 1964.
9. George A.R., Bondal J.R., Jones R.C.D., Meat Sci. 1980, 4, 51.
10. Hill F.J., J. Ed. Sci. 1966, 31, 161.
11. Honikel K.O., Woltersdorf W., Fleischwirtschaft 1982, 62, 4, 440.
12. Judge M.D., Aberle E.D., J. Anim. Sci. 1982, 54, 1, 68, 13.
13. Judge M.D., Reeves E.S., Aberle E.D., J. Anim. Sci. 1981, 52, 3, 530.
14. Kopp J., Valin G., Meat Sci. 1981, 5, 319.
15. McKeith F.K., Smith G.C., Dutton T.R., Savell J.W., Hostetler R.L., Carpenter Z.L., J. Ed. Prot., 1980, 43, 795.
16. Mohler K., Antonacopoulos N.Z., Lebensmittel Untersuch. u. Forsch., 1957, 6, 425.
17. Müller A.J., Bouton P.E., Harris P.V., Jones P.N., J. Ed. Sci., 1983, 48, 874.
18. Neuman R.E., Logan M.A., J. Biol. Chem. 1950, 184, 299.
19. Ockerman H.W., Kwiatek K., 30-th Eur. Meet. Meat Res. Workers Bristol, 1984, 6, 7.
20. Rashid N.H., Henrickson R.L., Asghar A., Claypool P.L., J. Ed. Sci. 1983, 48, 136.
21. Salm G.P., Forrest J.C., Aberle E.D., Mills E.W., Snyder A.C. Judge M.D., Meat Sci. 1983, 8, 163.
22. Savell J.W., Dutton T.R., Smith G.C., Carpenter Z.L., J. Ed. Sci. 1978, 43, 1666.
23. Savell J.W., Smith G.C., Dutton T.R., Carpenter Z.L., Suter D.A., J. Ed. Sci. 1977, 42, 702.
24. Seideman S.C., Smith G.C., Dutton T.R., Carpenter Z.L., J. Ed. Protec., 1979, 42, 651.
25. Snaw F.D., Walker D.J., J. Ed. Sci. 1977, 42, 1140.
26. Sorinmade S.O., Gross H.R., Ono X., Wergin W.P., Meat Sci. 1982, 6, 71.
27. Will P.A., Ownby C.L., Henrickson R.L., Ed. Sci. 1980, 45, 21.
28. Woltersdorf W., Honikel K.O., Fleischwirtschaft 1982, 62, 4, 440.

Tabelle Nr. 1.

pH-Wert der untersuchten Muskeln vor und nach der Erhitzung

Merkmal	Zeit der Lagerung /Stunden/						KWU-Wert ^x	
	2		48		168		$\alpha =$	
	K	S	K	S	K	S	0,05	0,01
pH _r	6,81	6,85	5,70	5,87	5,85	6,01	0,044	0,054
pH _g	6,57	6,43	6,17	6,28	6,22	6,38	0,031	0,039

pH_r - pH-Wert vom roh Fleisch; pH_g - pH-Wert vom gekochten Fleisch;
 KWU-Wert - der Wert des kleinsten wesentlichen Unterschiedes;
 K - kontrolle Probe; S - stimulierte Probe.

Tabelle Nr. 2.

Beurteilung der Zusammensetzung von Muskeln, des Kollagengehaltes und seiner Thermostabilität /STSK/

Merkmal	Zeit der Lagerung /Stunden/						KWU-Wert	
	2		48		168		$\alpha =$	
	K	S	K	S	K	S	0,05	0,01
Gesamtwasser /%/	75,50	75,21	74,53	74,75	72,01	71,54	-	-
Trockensubstanz /%/	23,16	23,27	23,63	23,08	24,58	24,95	-	-
Fett /%/	1,34	1,51	1,83	2,16	3,41	3,48	0,068	0,090
Gesamteiweiss /%/	21,58	21,95	21,79	22,21	21,57	21,76	-	-
Gesamtkollagen /%/	1,81	1,76	1,70	1,65	1,75	1,46	-	-
STSK /%/	15,82	31,53	13,06	32,58	32,36	29,23	5,028	6,639

Tabelle Nr. 3.

Analyse der Zartheit von untersuchten Muskeln und deren Kochverluste

Merkmal	Zeit der Lagerung /Stunden/						KWU-Wert	
	2		48		168		$\alpha =$	
	K	S	K	S	K	S	0,05	0,01
Zartheit quer Muskeln- faser gemessen /Pkt./	3,23	3,43	3,43	3,50	4,23	4,53	-	-
Zartheit parallel Mus- kelfaser gemes. /Pkt./	3,57	3,67	3,80	3,67	4,40	4,50	-	-
Scherkraft /N/cm ² /	97,78	82,59	133,29	104,29	78,17	55,23	5,34	6,57
Kochverlust /%/	36,29	38,23	39,82	40,70	40,79	39,33	0,80	0,98