

D5

TWELFTH MEETING OF EUROPEAN MEAT RESEARCH WORKERS

OSLO, AUGUST 1966.

METHODE ZUR OBJEKTIVEN BESTIMMUNG DER ZARTHEIT VOM FLEISCH

/A METHOD FOR OBJECTIVE DETERMINATION OF THE MEAT SOFTNESS /

Jedlička Jaroslav

Vysoká škola poľnohospodárska

Nitra-ČSSR

METHODE ZUR OBJEKTIVEN BESTIMMUNG DER ZARTHEIT VOM FLEISCH

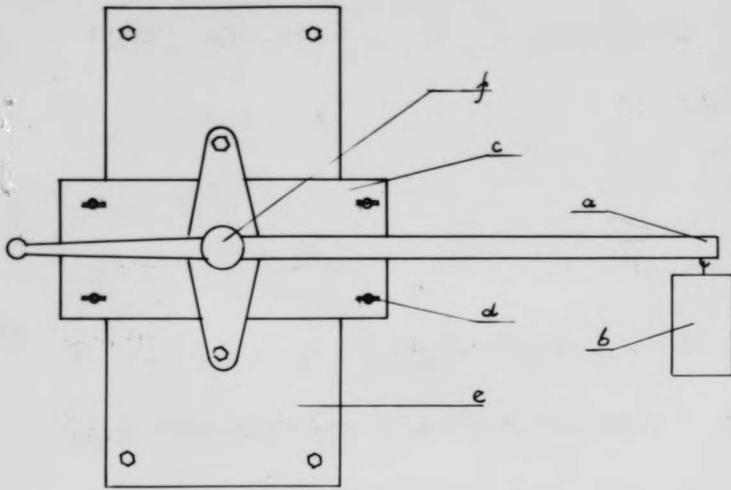
Bei der Beurteilung der Fleischqualität wird immer wieder auf den Mangel von geeigneten Methoden gestossen, die diese Qualität objektiv feststellen möchten. Diese Schwierigkeiten sind dadurch begründet, dass die Qualität von Fleisch durch eine ganze Reihe verschiedenartiger Bestandteile chemischer und physikalischer Natur bestimmt wird. Jede von diesen Komponenten vermag die Qualität zu beeinträchtigen, jedoch nur einige von ihnen auf eine wesentliche Weise. Aus diesem Grunde scheint es vorteilhaft zu sein, sich bei den serienmässigen Bestimmungen der Fleischqualität auf die Bestimmung jener Komponenten zu orientieren, die folgende Bedingungen erfüllen:

- a/ sie beeinflussen die Qualität in entscheidender Weise in Übereinstimmung mit den Bedürfnissen des Konsums
- b/ deren Feststellung mit Hilfe von zugänglichen Vorrichtungen schnell durchführbar ist

Ein solches Merkmal stellt die Zartheit von Fleisch nach ei-

ner Wärmebehandlung /Kochen, Braten/ dar. Die Bedeutung dieses Kriteriums bestätigen die Arbeiten einer Vielzahl von Autoren /2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14 /und ebenso auch die Tatsache, dass das Fleisch, das nach dem Kochen oder braten hart bleibt, vom Verbraucher nicht beliebt wird, wenngleich seine übrigen Eigenschaften ausgezeichnet würden. Ein weiteres bedeutsames Moment besteht darin, dass die Konsistenz von Fleisch in wesentlichen durch den Gehalt an Bindegewebe bestimmt wird /12/. Ein härteres Fleisch enthält allgemein mehr Bindegewebe als zärteres Fleisch. Wenn man erwägt, dass das Fleisch mit einem höheren Gehalt an Bindegewebe einen niedrigeren Nährwert besitzt / 8 /, geht daraus klar hervor, welch ein bedeutendes Kriterium die Konsistenz von Fleisch tatsächlich ist.

Aus diesem Grunde wird von zahlreichen Fachleuten die Zartheit von Fleisch als ein erstrangiges Kriterium der Qualität betrachtet und es erscheint nicht als überraschend, dass in der Welt viele Methoden und Vorrichtungen zur objektiven Bestimmung der Konsistenz von Fleisch bestehen / 1, 9, 6/. Auch in unserer Arbeitsstätte haben wir eine diesbezügliche Methodik ausgearbeitet, mit Hilfe deren unter Verwendung einer einfachen und leicht zugänglichen Vorrichtung die objektive Be-



stimmung der Zartheit von Fleisch möglich wäre.

Material und Methode

Die Methode benützt sich das Prinzip von Hook über die Deformation der festen Körper. Im Sinne des angeführten Gesetzes sind der Druck und das Ausmass der Deformation linear abhängige Grössen. Einem höheren Druckwert entspricht auch ein höherer Wert der Deformation und umgekehrt ist bei einem konstanten Druck auch die Grösse der Deformation konstant und könnte nur durch die Veränderung der Eigenschaften des Materials beeinflusst werden. Diese Tatsache nützen wir in der Wirklichkeit aus und messe das Ausmass der Deformation /die Fläche der ungespressten Probe halten wir für vernachlässigbar /beim Material - nämlich beim Fleisch von verschiedener Konsistenz. Einen annähernd konstanten Druck erreichen wir in der, auf der Abbildung 1 schematisch dargestellten Einrichtung. Diese Vorrichtung besteht aus einer handbetätigten Laborpresse, die auf der Grundplatte „e“, befestigt ist. Die Presse befindet sich in einer vertikalen Lage. Die eine Hälfte der anziehenden Handhebe ist durch das Anschweissen eines Metallarmes „a“, von einer Länge von 1035 mm /aus der Mitte gemessen/ verlängert. Der Arm ist aus einem Winkelisen /28 x28 mm, Dicke 3 mm / ausgefertigt. In dem Abstand

von 1025 mm ist der Arm mit einem Haken zum Aufhängen des Gewichtes „b,“ / von 8,34 kg/ versehen. Den Bestandteil der Vorrichtung bilden zwei aufeinander anliegende Metallplatten, die zum Teil durch vier Flügelmütter angezogen werden. Bei der eigenen Messung wird die Probe zwischen die Platten gebracht, die durch die Flügelmütter auf den Abstand von 2 mm angezogen werden. Diese Massnahme sichert die Probe gegen Herausfallen bei der vertikalen Lage der Presse. Die Platten mit der Probe werden in die Presse eingeschoben, wo ein weiteres Pressen durch das Drehen des Armes „a,“ vorgenommen wird, und zwar so lange, bis man auf einen mässigen Widerstand der Platten mit der Probe anstiesst. Die gesamte Vorrichtung ist solcher-massen gestaltet, dass in diesem Moment der Arm mit der gedachten Achse X einen Winkel von nicht unter 45° und nicht über 80° bildet. Wenn diese Bedingung erfüllt ist, hängen wir auf den Arm das Gewicht „b,“ an und unter mässiger Anhaltung setzen wir den Arm in eine Lage herab, in der er die fallende Tendenz aufzuweisen aufhört. Von diesem Augenblick an, wird die Pressdauer von 4 Minuten gerechnet. Während dieser Zeitdauer wird die Lage des Armes keinesfalls geändert, da die Vorrichtung deutlichere Drucksenkungen zwischen den Platten mittels des Gewichtes selbsttätig ausgleicht. Nach Ablauf von 4 Min.

wird die Presse freigemacht, die Platten werden aufgeschlagen und die deformierte Fläche auf ein durchsichtiges Papier aufgezeichnet. Die Grösse der Fläche wird planimetrisch ermittelt.

Für Überprüfungen war es notwendig mehrere Materialarten anzuwenden.

1/ Grobes Weizenmehl. Zu 3 Dosen je 10 g Mehl wurden a/ 4 ml destillierten Wassers b/ 3,75 ml destillierten Wassers c/ 3,5 ml destillierten Wassers beigegeben. Durch Vermischen wurden drei Teigarten von einer fein abgestuften Konsistenz erzielt. Aus jeder Art wurde mittels eines hohlen Röhrchens mit einem Durchmesser von 14 mm eine kleine Rolle ausgeschnitten, deren Gewicht auf 1,2 g adaptiert wurde. Die auf solche Weise zubereitene Probe wurde zwischen die Pressplatten eingelegt und durch das bereits beschriebene Verfahren bearbeitet.

2/ Modelliermasse, die von KOH-I-NOOR L. und C. Hardmuth, Betrieb Gama, Městec Králové hergestellt wurde. Die Probeentnahme und weitere Bearbeitung entsprachen der Technik im Obigen Abschnitt. Die Probemenge betrug 1 g, die Temperatur des Raumes 18°C.

3/ Schweinefleisch, entnommen am zweiten Tag nach der Schlachtung /Lagerungstemperatur $\pm 1^{\circ}\text{C}$ / vom Kotelett aus dem Langen

Rückenmuskel zwischen dem 8. bis 13. Brustwirbel. Die eventuelle weitere Lagerung verlief bei den Temperaturen von $+ 2^{\circ}$ bis $+ 5^{\circ}\text{C}$. Zur eigenen Untersuchung wurde aus dem Muskel ein prismatisches Stück /cca 22 x 40 x 30 mm/ mit einem Gewicht von ungefähr 25 g ausgeschnitten und in ein gläsernes Gefäß mit siedendem Wasser eingebracht. Die Intensität des Heizens wurde nicht geändert, so dass die Wärmebehandlung immer in siedendem Wasser unter normalen atmosphärischem Druck verlief. Genauere Versuchsbedingungen, wie z.B. die Dauer des Kochens, die Lagerungsdauer, bzw. das Gewicht der Schweine wurden je nach Bedarf beim jeden Versuch selbständig aufgeführt. Nach Abschluss des Kochens liessen wir die Probe spontan abkühlen, und zwar bei der Labortemperatur von ungefähr 19°C in 30 Minuten. Die nachfolgende Vorbereitung wurde mit Hilfe eines hohlen Röhrchens /siehe Abschnitt 1 / ungefähr in der Richtung von Muskelfasern vorgenommen, wobei das Gewicht nach der Vorbereitung 1,2 g betrug. Die abgewogene Probe wurde zwischen die Pressplatten so eingelegt, damit die Druckrichtung mit derjenigen der Muskelfasern parallel verlief. Das weitere Verfahren stimmte mit demjenigen im Abschnitt 1. beschriebenen überein.

4/Rindfleisch, erzielt aus gut gefütterten Jungfärsen im Gewicht von 350 bis 380 kg. Die Fleischprobe wurde zwei Stunden nach

der Schlachtung aus dem Langen Rückenmuskel /musc. longissimus dorsi / und zwar aus der Gegend um den 10. Brustwirbel entnommen. Diese Fleischprobe wurde noch weitere 10 Tage bei einer Temperatur von + 2° bis + 5°C aufbewahrt. Die übrige Zubereitung entsprach derjenigen in den Punkten 1. und 3.

Ergebnisse und Diskussion

Das Ziel der Funktionsprüfungen der Vorrichtung bestand ausser der Bestätigung von theoretischen Voraussetzungen in der Überprüfung der Exaktheit von Messungen einerseits und der Fähigkeit der Methodik andererseits feinere Unterschiede in der Zartheit von Fleisch zu unterscheiden. Aus diesem Grunde haben sich die Prüfungsmessungen auf folgende Punkte konzentriert:

a/ Überprüfung der theoretischen Voraussetzungen durch praktische Prüfungen

Für Messungen wurde das, nach Punkt 1 vorbereitete Material vom groben Mehl benutzt. Durch geringfügige Veränderungen in den Volumina des beigemengten Wassers bestand die Möglichkeit die Weichheit des erzielten Teigs in sehr feinen Nuancen abzustufen. In der Tabelle 1. sind Ergebnisse aus 6 Messungsserien sowie auch die entsprechenden Mittelwerte aufgeführt.

Tabelle 1

Größe der deformierten Flächen beim Teig unterschiedlicher Konsistenz

Anzahl von ml Wassers in 10 g Mehl	Größe der deformierten Fläche in cm ²						
	Serie Nr.1	Serie Nr.2	Serie Nr.3	Serie Nr.4	Serie Nr.5	Serie Nr.6	Durch- schnitt
3,5	26,6	27,9	26,9	27,7	27,2	27,8	27,3
3,75	31,9	34,3	33,4	32,9	32,3	33	32,9
4	34,9	36,7	36,5	35,4	35,1	35,6	35,7

Die Ergebnisse bestätigen die Übereinstimmung zwischen den theoretischen Voraussetzungen und der Wirklichkeit, da mit der steigenden Weichkeit auch die Größe der deformierten Fläche ansteigt. Zugleich wurde auch eine hohe Empfindlichkeit der Methodik nachgewiesen, da zuverlässig auch jene geringfügige Unterschiede in der Konsistenz registriert wurden, die ein Unterschied von 0,25 ml des Wassergehaltes in 10 g Mehl hervorrufen kann. Bei den Flächen der einzelnen Serien wurde keine Übereinstimmung erzielt. Diese Unstimmigkeiten wurden durch unterschiedliche Zeitabstände zwischen dem Wiegen und dem Pressen /das Material verhärtet schnell/ sowie auch durch das ungeeignete Material in dieser Richtung verursacht, weil mit Hilfe einer manuellen Vermischung keine erforder-

derliche Homogenität erzielt werden kann. Aus diesem Grunde wurde zur Überprüfung der Genauigkeit des Verfahrens ein homogeneres Material benutzt.

b/ Überprüfung der Messgenauigkeit

Für die Messung wurde die Modelliermasse nach dem Punkt 2 angewandt, die nach der beschriebenen Weise bearbeitet wurde. Die erzielten Ergebnisse gibt die Tabelle 2 an.

Tabelle 2

Grösse der deformierten Flächen bei der Modelliermasse

Flächengrösse in cm^2								
Probe Nr.1	Probe Nr.2	Probe Nr.3	Probe Nr.4	Probe Nr.5	Probe Nr.6	Probe Nr.7	Probe Nr.8	Probe Nr.9
25	25	25,5	25,2	25,1	24,8	25	24,3	24,4

Da sich in diesem Falle um ein ausreichend homogenes Material handle, sollte in den Flächengrössen eine absolute Übereinstimmung erreicht werden. Die gemessenen Werte nähern sich dieser Voraussetzung genügend an, da die Abweichungen zwischen den einzelnen Messungen nur von einer minimalen Grösse sind, in 6 Fällen sind sie sogar vernachlässigbar oder es bestehen

keine Unterschiede. Wenn man erwägt, das es sich gegenüber dem gekochten Fleisch um ein, mehr als zweifach weiches Material handle / die deformierten Flächen liegen bei den niedrigeren Probemengen von 1 g um 25 cm²/, bei dem die Grösse von Unterschieden deutlich gemacht wird, können die erzielten Ergebnisse mit Befriedigung angenommen werden.

c/ Überprüfung der Empfindlichkeit der Vorrichtung auf die Veränderungen in der Zartheit des Fleisches, die nach verschiedenen Kochdauern erreicht wurden

Bei diesen Prüfungen gingen wir von der Annahme aus, dass die Zartheit des länger aufbewahrten Fleisches bei einer konstanten Wärme des Kochens durch die Dauer der Wärmebehandlung gesteigert wird. Zur Prüfung gelang das Schweinefleisch nach dem Punkt 3. Aus jeder Schlachthälfte wurden aus dem musc. longissimus dorsi in enger Entfernung 3 Anschnitte von einer Dicke von 22 mm abgeschnitten. Jeder von diesen 3 Anschnitten wurde durch das übliche Verfahren bearbeitet /siehe Punkt 3/ mit Ausnahme der Kochdauer, die 9, bzw. 12, bzw. 60 Min. betrug. Die Tabelle 3 gibt die Ergebnisse der Messungen von 9 Stückchen an.

Tabelle 3

Grösse der deformierten Flächen vom Schweinefleisch bei unterschiedlichen Kochdauern

Kochdauer in Min.	Flächengrösse in cm ²								
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3	Probe Nr. 4	Probe Nr. 5	Probe Nr. 6	Probe Nr. 7	Probe Nr. 8	Probe Nr. 9
9	14,1	14,2	12,7	12,7	13,6	13,4	12,2	12,8	12,2
12	15,9	16	15	14,5	15,4	13,9	13	14	13
60	20,8	19,4	16,6	16,8	17,3	14,3	15,8	15	15,4

Die Zartheit von Fleisch steigt mit der steigenden Kochdauer und dem entsprechen auch die steigenden Masse der deformierten Flächen. Es ist beachtenswert, dass zuverlässig registriert werden geringfügige Veränderungen in der Zartheit, die bei solchen kleinen Zeitspannen / von 9 bis 12 Min./ angenommen werden können. Die Unregelmässigkeiten zwischen den einzelnen Flächen, die denselben Kochdauern entsprechen können durch die Heterogenität des Materials erklärt werden, da es sich um Fleisch von Schweinen verschiedener Rassen handelte, bei dem die Reifezeit zwischen 5 und 12 Tagen schwankte.

d/ Überprüfung der Empfindlichkeit der Vorrichtung auf Veränderungen in der Zartheit von Fleisch, die durch eine unterschiedliche Reifezeit von Fleisch erreicht wurden

Wir lehnen uns an die bekannte Tatsache, dass sich die Konsistenz vom Fleisch aus einem Tier kurz nach der Schlachtung von derjenigen vom Fleisch, das eine längere Zeit aufbewahrt wurde infolge von chemischen und physikalischen Veränderungen unterscheidet, die als Reifen vom Fleisch bezeichnet werden. Untersucht wurde Fleisch aus 6 Schlachthälften verschiedener Rassezugehörigkeit und verschiedenen Alters, das nach üblichem Verfahren /siehe Punkt 3 / nur mit dieser Ausnahme vorbereitet wurde, dass das Kotelett sofort entbeint wurde und somit hat man den reinen Teil des Langen Rückenmuskels erzielt.

Das Muskelgewebe wurde in einer Box mit Temperatur von $+ 2^{\circ}$ bis $+ 5^{\circ}\text{C}$ aufbewahrt. Aus solchermassen vorbereitetem Material wurden 22 mm dicke Schnitte in zwei Intervallen von 8 und 120 Stunden nach der Schlachtung des Tieres abgeschnitten. Die erzielten Proben wurden durch übliches Verfahren unter gleichen Bedingungen untersucht. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4

Grösse der deformierten Fläche vom Schweinefleisch nach unterschiedlicher Lagerungsdauer

Zeitdauer von der Schlachtung bis zum Kochen in Stunden	Flächengrösse in cm ²					
	Probe Nr.1	Probe Nr.2	Probe Nr.3	Probe Nr.4	Probe Nr.5	Probe Nr.6
8	13,6	10,5	16,2	10,9	11,6	11,3
120	16,4	12,3	17,4	11,3	12,2	12,4

Die in der Tabelle 4 angegebenen Ergebnisse bestätigen signifikant, dass das Gerät die Unterschiede in der Zartheit gut registriert, da die deformierten Flächen mit der Lagerungsdauer vergrössert werden, bzw. das Fleisch zarter wird.

e/ Überprüfung der Empfindlichkeit der Vorrichtung auf Veränderungen in der Zartheit von Fleisch, die durch ein unterschiedliches Alter /Gewicht/ verursacht werden können

Die Unterschiedlichkeit in der Konsistenz von Fleisch kann ausser anderer Faktoren durch das Alter der Tiere bedingt sein. Das Fleisch aus älteren Tieren ist nach einer Wärmebehandlung in der Regel härter als dasjenige aus jüngeren Tieren. Die Erkenntnis haben wir bei den Überprüfungen des Verfahrens und der Vorrichtung zur Geltung gebracht. Untersucht

wurde Fleisch aus 8 Schweinen. Die Fleischproben wurden paarweise so eingegliedert, dass in jedem Paar Fleischprobe aus einem älteren Tier /mit höherem Gewicht/ und aus einem jüngeren Tier /im niedrigeren Gewicht/ vertreten war. Wie es aus der Tabelle 5 ersichtlich wird, sind die Paare von 1 bis 4 beziffert, wobei das Material der einzelnen Paare aus derselben Rasse stammt und wurde unter denselben Lagerungsbedingungen erzielt. Diese Bedingungen sind dieselben im Rahmen von Paaren, wurden jedoch zwischen den einzelnen Paaren nicht beibehalten.

Tabelle 5

Grösse der deformierten Fläche vom Schweinefleisch aus jüngeren und älteren Tieren

Nr. des Paares	ältere Tier		jüngere Tiere	
	Gewicht vor der Schlachtung in kg	Fläche in cm ²	Gewicht vor der Schlachtung in kg	Fläche in cm ²
1	92	12,7	52	15,8
2	91	14,7	48	18,3
3	91	12,9	52	14,9
4	230	11,4	120	13,6

Aus der Tabelle geht deutlich hervor, dass die Fleischproben aus jüngeren Tieren mehr deformiert und somit zärter sind als

diejenige aus älteren Tieren. Ungleiche Ergebnisse bei denselben Gewichtskategorien können durch die Unterschiedlichkeit der Rassen und der Lagerungsbedingungen erklärt werden.

f/ Überprüfung der Möglichkeit zur Anwendung der Vorrichtung für Bestimmungen der Zartheit von anderen Fleischarten

Für orientierende Prüfungen wurde Rindfleisch benutzt. Die Versuchsbedingungen stimmten mit denjenigen im Punkt 3 überein jedoch mit der Ausnahme, dass die Kochdauern verlängert wurden. Für Untersuchungen wurde Fleisch aus 3 Tieren benutzt. Die Art der Probe und die Behandlung entsprachen denjenigen im Punkt 4. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 6

Tabelle 6

Grösse der deformierten Fläche von Rindfleisch bei unterschiedlichen Kochdauern

Kochdauer in Min.	Flächengrösse in cm ²		
	Probe Nr. 1	Probe Nr. 2	Probe Nr. 3
15	12,5	13,7	13,2
45	14,7	14,9	14,6
105	16	18,4	16,9

Die in der Tabelle 6 angegebene Ergebnisse deuten an, dass die deformierten Flächen mit den Kochdauern parallel anstei-

gen, woraus kann gefolgert werden, dass die Messung der Zartheit bei anderen Fleischarten reelle Chancen besitzt. Es überrascht die ziemliche Zartheit vom Rindfleisch. Man soll sich jedoch dessen bewusst sein, dass es sich dabei um junges, eine lange Zeit aufbewahrtes und vom erstklassigen Tiermaterial stammendes Fleisch handelte.

Zusammenfassung

1. Die Zartheit von Fleisch ist ein unentbehrliches Qualitätsmerkmal.
2. Zur Feststellung der Zartheit kann man das Hook-Gesetz ^{Hook} benützen und die Grösse der deformierten Fläche, welche das Fleischmuster einnimmt, im Falle, dass es gewissen Druck ausgestellt wird, abmessen, wobei der grösseren Fläche eine grössere Zartheit entspricht.
3. Die Pünktlichkeit und die Empfindlichkeit dieser Methode war an verschiedenen Material legalisiert, hauptsächlich doch am Schweinefleisch von Tieren verschiedenen Alters, am Fleisch dass verschiedene Zeit gekocht und gelagert wurde.
4. Die Methode reagiert verlässlich an Unterschiede in der Fleischkonsistenz, die durch das Alter der Tiere, durch verschiedene Koch- und Lagerzeit verursacht sind.
5. Das Messen bietet objektive Ergebnisse, es ist einfach, schnell und fordert keine komplizierten Apparate.

Summary

- 1/ A highly important criterion of boiled meat is its softness.
- 2/ Hook's law can be applied for the determination of the softness and measure the dimensions of the deformed area occupied by the meat sample exposed to a certain pressure while a larger area corresponds with a greater softness.
- 3/ The method proved to be exact and sensitive on various materials, specially on porcine meat of swines of various ages or on meat boiled and stored for different times.
- 4/ By the method a responsible reaktion can be attained as regards of meat consistence differences caused by age of swine, various boiling time and storing.
- 5/ Objective results can be attained, the measuring is simple, expeditive, and no special equipment is needed.

Literatur

1. Bezděk L., Vliv postmortálních změn na kvalitu masových konserv. Diplomová práce, fakulta potravinářské technologie VŠCHT, Praha 1963.
2. Cover, Sylvia, The Effect of Temperature and Time of Cooking on the Tenderness of Roasts. Texas Agr. Expt. Sta. Bull. 542, 1937.
3. Cover, Sylvia, Ritchey S.J., Hostetler R.L., Tenderness of Beef. Journal of Food Science XXVII, 1962.
4. Deatherage F.E., Harsham A., Relation of Tenderness of Beef to aging Time at 33-35°F. Food Research XII, 1947. ✓
5. Ginger, Betty, Weir, Variations in Tenderness within Three Muscles from Beef Round. Food Research XXVIII, 1958.
6. Th. Grünewald, Ein Festigkeitsprüfgerät für Lebensmittel nach Wolodkewitsch. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung 105, 1957.
7. Hostetler, Robert L., Sylvia, Cover, Relationship of Extensibility of Muscle Fibers to Tenderness of Beef. Journal of Food Science XXVI, 1961
8. Hrdlička J., Klein S., Obsah hydroxyprolinu a tryptofanu v mase ve vztahu k nutriční hodnotě. Sborník, fakulta potravinářské technologie VŠCHT, Praha 1962.
9. Klíma D., Věda a výzkum v průmyslu potravin IV. 1958.
10. Locker R.H., Degree of Muscular Contraction as a Factor in Tenderness of Beef. Food Research XXV, 1960.

11. Mabel, Sanderson, Gladys E., Vail, Fluid Content and Tenderness of Three Muscles of Beef Cooked to Three Internal Temperatures. Journal of Food Science XXVIII, 1963.
12. Parrish F.C., Bailey M.E., Naumann H.D., Hydroxyproline as a Measure of Beef Tenderness. Food Technology XVI, 1962.
13. Paul, Pauline, Bratzler, Farwell, Knight K., Studies on Tenderness of Beef. I. Rate of Heat Penetration. Food Research XVII, 1952.
14. Weir, Variation in Tenderness in the Longissimus Dorsi Muscle of Pork. Food Technology VII, 1953.