

B. DZIERŻYŃSKA-CYBULKO, H. GAJEWSKA-SZCZERBAŁ

Institut für Technologie der Lebensmittel tierischer Herkunft der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Poznań (Polen)

Einleitung

Zu den Erfolgen in den letzten Jahrzehnten der Zucht rechnet man die, durch scharfe Selektion entstandenen Rassen, Linien, beziehungsweise Typen von Gebrauchstieren, die sich durch hohe Fleischigkeit auszeichnen. Die Befriedigung der technologischen Forderungen und die Anforderungen des Marktes erwiesen jedoch, daß mengenmäßige Veränderungen nicht mit der Qualität und dem Verarbeitungswerte der Fleischmasse im Einklang stehen. Die Tiere wiesen gewisse Störungen in den Organismus regulierenden Mechanismen auf. Die große Empfindlichkeit für Stress kommt unter anderem von vergrößerter Hormonaktivität, wofür die Abscheidung größerer Mengen von Somatotropin ein Beispiel sein kann. Dieses hat Einfluß auf verstärkte Eiweißsynthese, welcher man die Vergrößerung der Muskelfasern, besonders der weißen Fasern, zuschreibt. Diese zeichnen sich im Unterschied von roten Fasern, unter anderem durch geringeren Myoglobin- und Mitochondriengehalt und stärkere enzymatische Aktivität aus. Die energetischen Veränderungen verlaufen hauptsächlich auf dem Wege sauerstoffloser Glykolyse.

Die Anwendung des Elektronenmikroskops ermöglichte Veränderungen in der Mitochondrie und dem Sarkoplasma-Netz in Folge von Stressen zu beobachten. PSE-Veränderungen ergreifen selten alle Muskeln. Am häufigsten treten diese in den technologisch wertvollsten Rücken- und Schinkenmuskeln auf, in welchen der Anteil von hellen Muskelfasern verhältnismäßig groß ist. PSE-Veränderungen können auch die Muskeln nur teilweise erfassen.

Dem technologischen Verfahren bereitet ein solch unterschiedlicher Rohstoff, von für Miopathie anfälligen Tieren ohne bemerkbare Strukturveränderungen im Muskelgewebe, viele Schwierigkeiten für optimale Verarbeitung. Besondere Schwierigkeiten treten bei der Herstellung von pasteurisierten Konserven wie Schinken und Schweineschulter auf. Eines der wesentlichen Qualitätsmerkmale ist die rosa-rote einheitliche Farbe im Aufschnitt, welche schwer aus dem Rohstoff von fleischigen Schweinen zu erzielen ist, die unter Bewegungsbeschränkung gezüchtet wurden. Trotz Muskelselektion auf Farbe vor der Einlage in Büchsen, weist das Fertigprodukt nach der Pasteurisierung ca. 70% der Norm nicht entsprechende Färbung auf.

Deswegen wurde beschlossen, Untersuchungen anzustellen und darüber Aufklärung zu suchen - in welchem Maße der pH-Wert den Rohstoff zur Herstellung von pasteurisierten Konserven selektioniert und wie groß die histochemische Ähnlichkeit der für Konserven verwandten Muskeln ist, ob ihre Struktur nicht der Hauptgrund für die großen Farbunterschiede im Fertigprodukt ist.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden mit vier Muskeln: M. longissimus dorsi, M. gluteus medius, M. quadriceps femoris, M. semimembranosus durchgeführt, die von 28 Schweinehälften des Fleischtyps, deren Masse vor dem Schlachten ungefähr 110 kg betragen hat, ausgeschnitten wurden. Die Muskeln wurden in drei Gruppen nach dem pH₁-Wert, der in dem M. longissimus dorsi 45 Minuten nach dem Schlachten bestimmt wurde, geteilt. Muskeln mit pH₁ > 6,2 wurden als "N" normal (langsamer Verlauf der Glykolyse) bestimmt, mit dem pH₁-Wert = 6,0-6,2 wurden zu den teilweise wässrigen Muskeln gezählt (teilweise PSE) und mit pH₁ < 6,0 wurden als wässrige (PSE) anerkannt.

In den untersuchten Muskeln wurde vor dem Abkühlen das pH₁ mittels der potentiometrischen Methode, bei der Anwendung des pH-Meters Typ N-511, bestimmt und nachher wurde das Verhältnis IMP/ATP mittels der von Honikel und Fischer beschriebenen Methode bestimmt (4).

Es wurde auch die histochemische Untersuchung durchgeführt, die Proben wurden von den Muskeln ungefähr 30 Minuten nach dem Schlachten der Tiere entnommen. Zur Beurteilung des morphologischen Zustands der Gewebe wurde die Routinefärbung mit Hämatoxylin und Eosin (H + E) angewandt, das Glykogen (Reaktion Pas) wurde nach der Methode von Mc Manus Mowry bestimmt (10,12), gleichzeitig wurden histochemische Reaktionen für die Beurteilung der Aktivität der Enzyme durchgeführt: die Bernsteindehydrogenase (SDH) und die Laktat-Dehydrogenase (LDH), mittels der Methode nach Pearse (10,12). Es wurde auch die Menge der hellen Fasern (H), der mittelbaren (M) und der roten (R) berechnet (1).

Nach 24-stündigem Abkühlen der Muskeln bis ungefähr 2°C wurde in ihnen das pH₂, das Verhältnis IMP/ATP, der allgemeine Gehalt an Farbstoffen und Myoglobin (Mb) nach der Methode von Poel bestimmt (11).

Ein Teil der Muskeln wurde dem Prozeß des Pökeln und nachher der Wärmebehandlung ausgesetzt. In den Muskeln wurden die Nitrosfarbstoffe mittels der Methode nach Hornsey bestimmt (5).

Die erhaltenen Ergebnisse wurden der statistischen Analyse (3) mittels der Varianzanalyse ausgesetzt und die kleinste wesentliche Differenz (NIR) wurde berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse der erhaltenen Ergebnisse hat große Kompliziertheit des Problems bezüglich der Farbe der Muskeln, welche die Zusammensetzung des pasteurisierten Schinkens bilden, erwiesen. Die Kenntnis der Ursachen der Bildung, nach der Wärmebehandlung, der ungleichen Farbe auf dem Durchschnitt des Fleischblocks würde die Erhaltung der hohen Qualität des Endproduktes erlauben. In der industriellen Praxis wird angenommen, daß die Eliminierung der wässrigen Muskeln in gewissem Grade die unerwünschte Farbe

der Konserve beseitigen wird.

Im Versuch, nach der Teilung der Muskeln in drei Gruppen: pH₁ > 6,2; pH₁ = 6,2-6,0 und pH₁ < 6,0 wurde festgestellt, daß in der Gruppe mit normalem Verlauf der Veränderungen nach dem Schlachten den M. longissimus dorsi und den M. quadriceps femoris ein ähnlicher Verlauf der Säuerung charakterisierte; die Mittelwerte (pH = 6,8) waren annähernd. Vierundzwanzig Stunden nach dem Schlachten hat sich der pH₁-Wert um eine Einheit vermindert. Die Muskeln gluteus medius und M. semimembranosus haben in derselben Zeit pH₁ größere Säuerung aufgewiesen. In beiden Muskeln hat der mittlere pH₁-Wert 6,4 betragen, und nach 24 Stunden hat er sich nur um 0,5 Einheit vermindert. In der Gruppe der Muskeln mit dem pH-Wert < 6,0 war der pH₁-Wert in allen Fällen annähernd. Nach dem Abkühlen haben alle untersuchten Muskeln, sowohl die normalen wie auch die wässrigen, denselben pH-Wert 5,7 aufgewiesen (Abb.1).

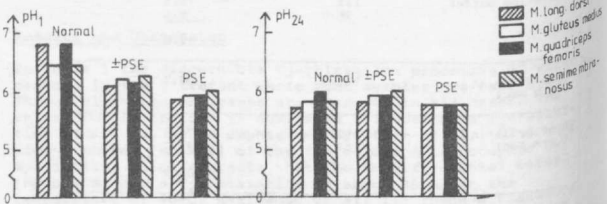


Abb.1 Mittlere Werte pH des Muskelgewebes vor und nach Abkühlung
Fig.1 The pH value of the muscles examined before and after cooling down

In dieser Zeit hat die Größe R = IMP/ATP die Veränderungen, welche in der Konzentration der Wasserstoffionen stattfinden, bestätigt. Vor dem Abkühlen hat das Verhältnis R in normalen Muskeln durchschnittlich 0,9, in wässrigen 1,1 und nach 24-stündigem Abkühlen der Reihe nach: 1,3 und 1,6 betragen. Schnellere Veränderungen haben also in der Nucleotidfraktion des wässrigen Gewebes stattgefunden. Die beobachteten Veränderungen sind mit den Ergebnissen anderer in der Literatur zitierten Arbeiten übereinstimmend (8).

Von dem obererwähnten kann man feststellen, daß der pH-Wert des M. longissimus dorsi während des Abkühlens nach dem Schlachten erreicht, von den pH-Werten der übrigen Muskeln sich nicht unterscheidet.

Der Einfluß des pH auf die Veränderungen der Muskelfarbstoffe, nämlich auf die Fleischfarbe, wurde mehrmals in der Weltliteratur festgestellt. Das kann mittels der verschiedenen Muskelfarbstoffe als Ergebnis des Übergangs eines bedeutenden Teils der Struktur bei verschiedenen pH erklärt werden. Wie bekannt, find-

det bei pH=5,5 die höchste Lichtstreuung auf der Oberfläche statt. Die Muskeln, sogar mit größerer Menge von Farbstoffen, haben eine hellere Farbe (6). Die Menge der Farbstoffe in Muskeln entscheidet also nicht immer über Farbe. Im technologischen Prozeß, zum Beispiel beim Pökeln, bildet sich dagegen die Muskelfarbe als Ergebnis des Übergangs eines bedeutenden Teils der Muskelfarbstoffe, besonders Myoglobin, in Stickstoffmonoxid haltene Derivate bei zweiwertigem Atom des Hämeisens.

Im Zusammenhang mit der Tatsache, daß die oxidisch-reduzierenden Reaktionen in dem Muskel mit verschiedener Aktivität stattfinden und, daß nicht in allen die Atmungskette während des Lebens des Tieres in gleicher Weise ausgenutzt wird, hängt deswegen die Geschwindigkeit mit welcher das Myoglobin oxidiert wird, von der Stelle seiner Lage in der Schweinehälfte ab (6,7,9). Wie groß die Differenzierung der Menge der Farbstoffe in den untersuchten Muskeln ist, zeigt die Abb.2. In der Gruppe der normalen Muskeln weist der M. quadriceps femoris die größte Menge von Farbstoffen sowie Myoglobin auf, die kleinste Menge befindet sich dagegen

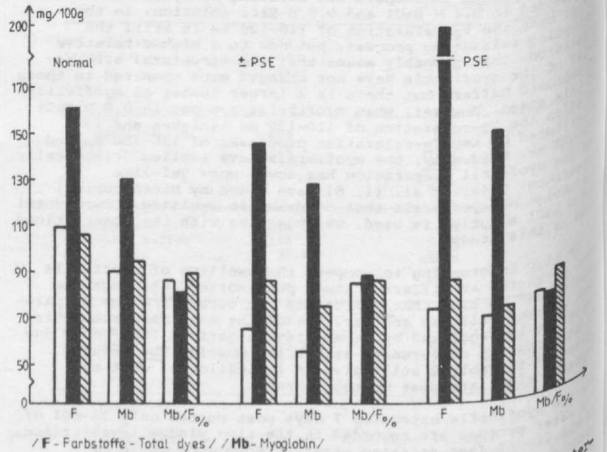


Abb.2 Allgemeine Menge von Farbstoffen und Myoglobin in untersuchten Muskeln
Fig.2 Total dyes and myoglobin contents in the muscles examined

immer in M. longissimus dorsi. Die Muskeln gluteus medius und M. semimembranosus weisen annähernde Mengen auf. Ähnliche Situa-

tion ist in den "teilweise wäßrigen" und wäßrigen Muskeln, nämlich in den wäßrigen Muskeln ist sowohl die allgemeine Menge der Farbstoffe, wie auch die Menge des Myoglobins deutlich höher als in den normalen. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in den früheren Untersuchungen erhalten (2). Das charakteristische Merkmal der erhaltenen Ergebnisse ist die Tatsache, daß gleichgültig ob die Muskeln mehr oder weniger Farbstoffe enthalten, das Verhältnis des Myoglobins zur allgemeinen Menge der Farbstoffe immer dasselbe. Es beträgt in drei Gruppen der untersuchten Muskeln von 82,7 bis 87,3%. Wie aus dem oben erwähnten festgestellt werden kann, unterscheidet sich nur M. quadriceps femoris bezüglich der Menge der Farbstoffe von den übrigen Muskeln.

Nach dem Pökeln hat die gebildete Menge der Nitrosfarbstoffe der Menge der Muskelfarbstoffe vor dem Pökeln nicht entsprechen (Abb.3).

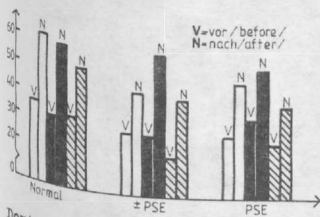


Abb.3. Gehalt an Nitrosfarbstoffen in Pökelmuskeln vor und nach der Wärmebehandlung

Fig.3. Nitroso dye content in pickled muscles before and after thermal processing

Dort, wo die Menge der Farbstoffe am größten war (zum Beispiel in wäßrigen M. quadriceps femoris), war nach der Wärmebehandlung ihre Menge am kleinsten. Die direkt proportionale Abhängigkeit besteht also nicht. Zwischen den untersuchten Muskeln die größte Differenzen so wie vor dem Pökeln behauptet - die größte Menge der Farbstoffe war in dem M. quadriceps femoris, nachher in gluteus medius und die kleinste war im M. longissimus dorsi.

Auf Grund des histochemischen Bildes der untersuchten Muskeln kann man feststellen, daß die Verteilung, die auf Grund des pH_i durchgeführt wurde, nicht bestätigt wurde. Nur in zwei Fällen wurde in den Muskeln longissimus dorsi die Anwesenheit der Muskeln mit wäßrigen Merkmalen festgestellt. Unter den übrigen Muskeln sind die Merkmale der Wäßrigkeit mit verschiedener Intensität hervorgetreten. Im größten Grade wurde das unter den drei Muskeln des Schinkens im M. gluteus medius festgestellt.

Der Charakter dieser Veränderungen war in allen Fällen ähnlich. Außer den normalen Zellen wurden einzelne, oder große Zellen in Gruppen, mehrmals größere mit der sich schwach färbenden Sarkomergeschwindigkeit, festgestellt, die in der Reaktion PAS Entfärbung (Glykogenentfärbung) und in Zellen während gewisser Etappe der Wäßrigkeit exzentrische Entfärbung aufgewiesen hat. In ihnen wurde der Schwund der histochemischen Reaktionen festgestellt

Abb.4. Riesige Zellen, negative Reaktionen auf Glykogen, Trennung der Sarkoplasma von Sarkolemma, Körniger Zerfall in Sarkoplasma Vergröss. 2,5 x 25

Fig.4. Giant cell, negative reaction to glycogen, Separation of sarcoplasm from sarcolemma, granular changes in sarcoplasm. Magnific. 2,5 x 25

Außer diesem Typ der Veränderungen wurden Muskelzellen verschiedener Größe, meistens bedeutend kleinere als normale Zellen festgestellt, die aber charakteristische Merkmale für Zellen mit Merkmalen der Wäßrigkeit nicht aufgewiesen haben. Sie haben normale enzymatische Aktivität nicht aufgewiesen (Abb.5).

Abb.5. Kleine Zellen mit normaler enzymatischer Aktivität. Riesenzellen. Vergröss. 10 x 2,5

Fig.5. Small cells with normal enzymatic activity. Giant fibre. Magnific. 10 x 2,5

In Fällen, wie das auf der Abb. 4 dargestellt ist, wurde die Abhebung des Sarkolemma von der Sarkoplasma der Muskelzellen festgestellt. Auf der Abb. 6 ist der körnige Zerfall der Sarkoplasma der einzelnen oder der Gruppen der Muskelzellen dargestellt. Die Intensität der Veränderungen dieses Typs war in einzelnen Fällen sehr verschieden.

Abb.6. Zahlreiche Fasern im mittelbaren Stadium mit negativer Aktivität des SDH. Rote Fasern mit hoher SDH Aktivität. Negative reaktion auf SDH. Vergröss. 2,5 x 35

Fig.6. Numerous fibres in intermediate stage with negative SDH activity. Red fibers with high SDH activity. Negative reaction to SDH. Magnific. 2,5 x 35

In dem longissimus dorsi wurde auch die Zunahme des Fettgewebes festgestellt. Die Anhäufung der Fetthypotrophien in untersuchten Muskeln der Schinken wurde in zwei normalen M. gluteus medius, in drei teilweise wäßrigen M. quadriceps femoris und in einem wäßrigen M. semimembranosus festgestellt.

Die histochemischen Reaktionen für LDH und SDH hatten normalen Verlauf. Es konnten alle drei Typen der Muskelfasern unterschieden werden. I Typ - "rote" mit hoher Aktivität der oxydie-

renden Enzyme, "mittelbarer Typ" mit schwacher enzymatischer Aktivität und II Typ - "weiße" mit sehr schwacher oder negativer Aktivität. Zellen mit Merkmalen der Wäßrigkeit wurden in beiden Typen "roten" und "weißen" Muskelfasern festgestellt. Sie konnten leicht in Hinsicht auf ihre sie auszeichnende Größe bemerkt werden. Wenn sie in der Gruppe der "roten" Muskeln erschienen, wurde in ihnen der Schwund oder die Abwesenheit der Reaktion festgestellt. In der Gruppe der "weißen" war die Reaktion in Zellen dieses Typs immer negativ. Eine nicht große, ungleichmäßige Abnahme der Reaktion wurde in Zellen mit dem Merkmal des körnigen Zerfalls festgestellt.

Die Messung der Menge der hellen (H), mittelbaren (M) und der dunklen (R) Fasern wurde mittels der Methode nach Brook auf Grund der differenzierte Aktivität SDH aufweisenden Präparate durchgeführt. Es wurde auf Grund der erhaltenen Ergebnisse (Abb.7) festgestellt, daß der M. quadriceps femoris in der Gruppe der normalen Muskeln durchschnittlich 69,7% dunkler Fasern und nur 10,5% heller Fasern aufgewiesen hat, auch in der Gruppe der wäßrigen Muskeln war die Menge noch höher - 77,4%. In den übrigen Muskeln des Schinkens wurden dagegen vor allem helle Fasern in normalen Muskeln und teilweise in wäßrigen, besonders in M. gluteus medius, beobachtet. In den Muskeln PSE dominierten dagegen helle Fasern. Der M. gluteus medius hat 58,8% helle Fasern und der M. semimembranosus 50,4% aufgewiesen. Der Charakter dieser Fasern hat höchstwahrscheinlich über die Geschwindigkeit der glykolytischen Prozesse entschieden.

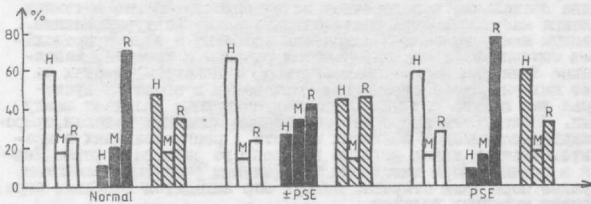


Abb.7. Menge der hellen /H/, mittelbaren /M/ und der dunklen /R/ Fasern

Fig.7. Number of light white /H/, light red /M/, and brown red fibers

Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- die nach dem Kriterium um pH_i geteilten Schinkenmuskeln haben sich in Hinsicht auf den pH-Wert von dem M. longissimus dorsi nicht entschieden,
- den größten allgemeinen Gehalt an Muskelfarbstoffen sowie Mb haben alle M. quadriceps femoris, sowohl in der Gruppe der normalen Muskeln wie auch der wäßrigen, aufgewiesen,
- die wäßrigen Muskeln und auch M. quadriceps femoris hatten

kleineren Gehalt an Nitrosfarbstoffen, - die histochemischen Untersuchungen der normalen Muskeln und PSE haben erwiesen, daß ungefähr 80% aller untersuchten M. longissimus dorsi und ungefähr 60% der Schinkenmuskeln Zellen mit Merkmalen der Wäßrigkeit mit verschiedenem Grad der Intensität hatten.

Literatur

- 1.) Brooke M.A. (1970). The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food. The University of Wisconsin, 207. 2.) Dzierżyńska B., Hilszer J., Szmalc C., Szumiński W., (1980). Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Komitet Nauk Roln. i Leśnych, 99, 59.
- 3.) Eland R., Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych (1964) PWN. Warszawa. 4.) Honikel K.O., Fischer C. (1976), XII. Europ. Meet. Meat Res. Workers, Malmö B6:3. 5.) Hornsey H. (1956) J. Sci. Food Agric. 7, 8, 534.
- 6.) Janicki M.A., J. Körtz J., Różycka J. (1965), XI. Europ. Meet. Meat Res. Workers. Beograd, VIII, 16. 7.) Kłosowska D. (1973). Zeszyty Probl. Postępu Nauk Rolniczych, 139. 8.) Krzywicki K. (1970) Zeszyty Probl. Postępu Nauk Rolniczych, 103, 23.
- 9.) Lee S.H., Cassens R.G., Pennema (1976), J. Food Sci. 41, 100.
- 10.) Pearce A.E.G. (1960) Theoretical and applied Histochemistry. Churchill Ltd. London. 579, 832, 911. 11.) Poel E.W. (1949) The American Physiological Society, 1., 156, 44. 12.) Verbradt A. (1970). J. Histochem. 7, 407.