

Rindermuskel mit beschleunigter Glykolyse ("PSE-Rindfleisch")

CHR. FISCHER und R. HAMM

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, BR Deutschland

8 % der Psoas Muskeln von 880 Rinder-Schlachtkörpern zeigten pH_1 -Werte (30 Minuten nach dem Schlachten) unter 6,0. Bei hundert Psoas-Proben von Bullen, die entsprechend einer Normalverteilung des pH_1 -Wertes ausgewählt worden waren, nahmen mit sinkendem pH_1 -Wert das Wasserbindungsvermögen ab und die Farbhelligkeit zu. Mit abnehmendem pH_1 -Wert nahmen das Ausmaß des ATP-Abbaues zu und die 30 Minuten post mortem ermittelte Glykogenkonzentration ab, während der Lactatgehalt entsprechend anstieg. Alle diese Korrelationen waren hochsignifikant.

Die rasche Abnahme des Glykogengehaltes in Verbindung mit einer Akkumulation von Hexosemonophosphaten lassen auf eine Stimulierung des Phosphorylase-Systems im Rindermuskel mit rascher Glykolyse schließen. Die Abnahme an Fructosediphosphat und den folgenden Metaboliten der Glykolyse sowie die Zunahme der Mengen an Pyruvat und besonders an Lactat sprechen dafür, daß auch die Phosphofruktokinase stimuliert wird. Die Gründe für diese Änderungen der enzymatischen Aktivitäten sowie die Ähnlichkeit mit dem Glykolyse-Verlauf im PSE-Schweinefleisch werden diskutiert.

Wie das Bandenmuster der SDS-Polyacrylamidgel-Elektrophorese zeigte, waren einige Proteine des Sarkoplasmas im Muskel mit rascher Glykolyse (24 Stunden p.m.) verringert; sie traten in der myofibrillären Fraktion auf. Auch dieser Effekt war bereits beim PSE-Schweinefleisch beobachtet worden; er wird mit einer Denaturierung der Sarkoplasma-Proteine erklärt, die durch den raschen pH-Abfall bei noch hoher Gewebetemperatur bedingt ist.

Ungeachtet der biochemischen Übereinstimmungen zwischen PSE-Rindfleisch und PSE-Schweinefleisch dürfte im Gegensatz zum letzteren Rindfleisch mit rascher Glykolyse wahrscheinlich keine ersten wirtschaftlichen Probleme bereiten, da es wesentlich weniger blaß und wässrig ist als extremes PSE-Schweinefleisch. Dies dürfte auf dem höheren Myoglobingehalt des Rindermuskels und auf der Tatsache beruhen, daß im rasch glykolysierenden Rindermuskel niemals so tiefe pH_1 -Werte gefunden wurden wie im extremen PSE-Schweinefleisch.

Fast Glycolyzing Bovine Muscle ("PSE Beef")

CHR. FISCHER und R. HAMM

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Federal Republic of Germany

8 percent of the psoas muscles from 880 beef carcasses showed pH_1 values (30 minutes post mortem) below 6.0. In hundred psoas samples from bulls selected according to a normal pH_1 distribution water-holding capacity decreased and brightness increased with falling pH_1 . With decreasing pH_1 value the extent of ATP breakdown increased, the glycogen concentration determined 30 minutes p.m. declined whereas the lactate level rised correspondingly. All these correlations were highly significant.

The rapid decrease in the glycogen level in combination with an accumulation of hexose monophosphates indicate a stimulation of the phosphorylase system in the fast glycolyzing bovine muscle. From the decrease in fructose diphosphate and the following glycolytic metabolites combined with an increase of the levels of pyruvate and particularly lactate it can be concluded that there is also a stimulation of phosphofruktokinase. The reason for these changes in enzymic activities and the similarity with the glycolytic pattern in PSE pork are discussed.

As the pattern of SDS polyacrylamide gel electrophoresis revealed, some proteins were diminished in the sarcoplasma of the fast glycolyzing bovine muscle and appeared in the myofibrillar fraction. Also this effect was already observed in PSE pork and is explained by a denaturation of sarcoplasmic proteins caused by the rapid pH decline at still high tissue temperature.

Besides the biochemical similarities between PSE beef and pork, contrary to the latter fast glycolyzing beef will probably not cause serious economic problems because paleness and wateriness are much less pronounced than in extreme PSE pork. This might be due to the higher myoglobin content of bovine muscles and to the fact that the pH_1 values of fast glycolyzing beef were never found to be as low as the pH_1 values of extreme PSE pork.

A 6:2

Muscle Bovin avec Glycolyse Accelerée ("Boeuf PSE")

CHR. FISCHER und R. HAMM

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, République Fédérale d'Allemagne

8 pour-cent des muscles psoas de 880 boeufs ont montré une valeur pH_1 sous 6,0 (30 minutes après l'abattage). Considérant 100 prélèvements psoas des taureaux qui ont été choisis après la distribution normale de la valeur pH_1 , la capacité à fixer de l'eau diminuait comme la valeur pH_1 tombait et la clarté de couleur augmentait. Avec la valeur pH_1 diminuante la dégradation ATP augmentait et la concentration de glycogène déterminée 30 minutes post mortem diminuait, tandis que la teneur du lactate augmentait correspondante. Toutes les corrélations ont été fortement significantes.

De la diminution rapide de la teneur de glycogène conjointement avec une accumulation des monophosphates hexose on peut conclure à une stimulation de la système phosphorylase dans le muscle bovin avec une glycolyse rapide. La diminution du fructose diphosphate et les metabolites de la glycolyse suivantes ainsi que l'augmentation du pyruvate et spécialement du lactate portent à croire que la phosphofruktokinase aussi est stimulée. Les raisons pour ces changements des activités enzymatiques ainsi que la similarité avec le cours glycolyse dans le porc PSE sont discutés.

Comme le dessin du SDS polyacrylamide gel electrophoresis l'a montré quelques proteines du sarcoplasma dans le muscle avec une glycolyse rapide ont été réduit (24 heures p.m.); ils sont apparus dans la fraction myofibrillar. C'est effet aussi pouvait être observé au porc PSE; il est expliqué avec une dénaturation des proteines sarkoplasma qui est due à une diminution pH rapide à une temperature de tissu encore élevée.

Malgré la conformité biochimique entre boeuf PSE et porc PSE boeuf avec une glycolyse rapide ne causera probablement pas des problèmes économiques serieuses par opposition au porc PSE, car il est essentiellement moins pâle et aqueux que porc PSE extrême. Cela devrait être basé sur la teneur myoglobine élevée du muscle bovin et sur le fait que dans un muscle bovin rapidement glycolysant on n'a jamais trouvé des valeurs pH_1 aussi basses que dans le porc PSE extrême.

Говяжья мышца с ускоренным гликолизом ("PSE-говядина")

Х. ФИШЕР и Р. ХАММ

Союзный институт для исследования мяса, г. Кулмбах, СР Германия.

8% мышц Псоас от 880 каркасов показывали pH_1 - величину (30 мин. после убоя) ниже 6,0. При 100 проб Псоаса быков, которые были отобраны согласно нормальной дистрибуции pH_1 - величины, вместе с понижением величины pH_1 , уменьшалась и способность связывания воды и усилилась бледность краски. При понижении величины pH_1 , увеличился размер разложения АТФ, а за 30 мин. после смерти определяемая концентрация гликогена уменьшалась, пока содержание молочной кислоты соразмерно увеличилось. Все эти корреляции были высокосигнификантны.

Быстрое уменьшение содержания гликогена в связи с накоплением гексозомофосфата допускает заключить, что существует стимулирование системы фосфорилаза с быстрым гликолизом. Уменьшением фруктозодифосфата и остальных метаболитов гликолиза, а и увеличение пируватов, а особенно молочной кислоты, показывает что, также, и фосфофруктокиназа стимулирован. Основание по этому изменению энзиматского активитета, а и подобие с проведением гликолиза у ПСЕ свинины, будут дискутированны.

Так как образец следов SDS полиакриламидген-электрофореза показал, что некоторые белки саркоплазмы в мышцах, при быстром гликолизу (24 часа после смерти) - уменьшались; они перешли в миофибрилярную фракцию. Тот же эффект замечен и у ПСЕ-свинины; он объясняется денатурацией саркоплазма - белок, которая обусловлена быстрым спуском pH и еще больше температурой ткани.

Несмотря на биохимическое соответствие между ПСЕ говядины и ПСЕ свинины, противоположно последнему, говядина с быстрым гликолизом, вероятно, не будет создавать серьезные промышленные проблемы, так как говядина менее бледна и эксудативна, чем экстремистая ПСЕ свинина. Это бы могло быть вследствие большого содержания миоглобина в говяжьей мышце и вследствие причин, что в говяжьей мышце с быстрым гликолизом, никогда не обнаружена такая низкая pH - величина, как в экстремисткой ПСЕ свинины.

Rindermuskel mit beschleunigter Glykolyse ("PSE-Rindfleisch")

CHR. FISCHER und R. HAMM

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Federal Republic of Germany

Einleitung

Dem Phänomen des PSE (pale, soft, exudative)-Schweinefleisches wurde in den letzten Jahren viel Beachtung geschenkt. Fleisch mit blasser, wäßriger Anschnittfläche kommt am häufigsten in der hellen Muskulatur wie *M. psoas major*, *M. longissimus dorsi* und *M. semimembranaceus* vor. Aufgrund der beschleunigten postmortalen Glykolyse steigt der Lactat Spiegel im Muskel rapid an; gleichzeitig nimmt die H^+ -Ionenkonzentration rasch zu, d.h. der pH-Wert fällt in der ersten Stunde nach der Schlachtung bereits auf Werte zwischen 5,8 und 5,4 ab (HAMM u. POTTHAST, 1972; SCHEPER, 1972). Niedriger pH-Wert in Verbindung mit noch hoher Gewebetemperatur bewirken eine partielle Denaturierung der Sarkoplasma-Proteine, die auf die Myofibrillen präzipitieren (FISCHER et al., 1978). Auf diese Weise wird das Wasserbindungsvermögen herabgesetzt, und das Fleisch erscheint blasser.

Im Gegensatz zum PSE-Schweinefleisch wurde über schnell glykolysierendes Rindfleisch in der Literatur nur selten berichtet. So wurde von einigen Autoren bei Rindermuskulatur mitunter ein schneller Abbau der energiereichen Phosphate verbunden mit einer beschleunigten Glykolyse beobachtet (HAMM u. VAN HOOF, 1970; KHAN u. BALLANTYNE, 1973; KHAN u. LENTZ, 1973). In diesen Arbeiten wurde aber nicht untersucht, ob diese Abweichungen bezüglich der postmortalen biochemischen Prozesse auch das Wasserbindungsvermögen und die Fleischfarbe beeinflussen. HUNT und HEDRIK (1977) berichten über ein gelegentliches Auftreten von wäßrigem, blassem, weichem Rindfleisch. Sensorisch wurden Zartheit, Saftigkeit und Geruch geprüft, objektiv Wasserbindungsvermögen, pH-Wert, "Transmissions-Wert", Myoglobin-, Hämoglobin- und Gesamtpigment-Gehalt sowie der Scherwert der erhitzten Probe gemessen. Der Verlauf der Glykolyse, die Geschwindigkeit des Adenosintriphosphat (ATP)-Abbaues und der pH-Wert unmittelbar nach der Schlachtung wurden hier jedoch nicht ermittelt.

Ziel der eigenen Untersuchungen war es, festzustellen, wie hoch der Anteil an schnell glykolysierendem Rindfleisch an einem Schlachthof ist und ob dieses Fleisch ähnliche Eigenschaften wie das PSE-Schweinefleisch aufweist. Außerdem sollte in Erfahrung gebracht werden, wie der Ablauf der Glykogenolyse vor sich geht und letztlich, ob ähnlich wie beim PSE-Schweinefleisch auch hier durch die kurz nach der Schlachtung vorliegenden extremen Bedingungen, nämlich niedriger pH-Wert zusammen mit noch hoher Gewebetemperatur, die Löslichkeit der Sarkoplasma-Proteine beeinträchtigt wird und sich die denaturierten Sarkoplasma-Proteine auf die Myofibrillen niederschlagen.

Material und Methoden

An 880 Rinderhälften wurde am kranialen Teil des *M. psoas major* 30 Minuten post mortem (p.m.) der pH-Wert (pH_1) gemessen. Von 100 Schlachttierkörpern wurden an der Meßstelle jeweils zwei Proben entnommen und in Polyäthylenbeuteln verpackt. Das Probenmaterial wurde dabei so ausgesucht, daß in etwa eine Normalverteilung der pH_1 -Werte bestand. Die eine Probe wurde bei 4°C gelagert. 24 Stunden nach der Schlachtung wurde der pH-Wert erneut gemessen (pH_{24}), das Wasserbindungsvermögen mittels Preßmethode nach GRAU und HAMM (1957) und die Farbhelligkeit des Fleisches mit Hilfe des von MIRNA (1965) entwickelten Graukeils bestimmt. Die andere Probe wurde sofort nach der Probenentnahme (30 Minuten p.m.) in flüssigem Stickstoff schockgefroren und bei -20°C maximal drei Tage aufbewahrt. Die Bestimmung des Glykogengehaltes erfolgte nach der von DALRYMPLE und HAMM (1973) beschriebenen Methode. Die Konzentrationen der einzelnen Abbaustufen der Glykogenolyse wurden enzymatisch in den Perschlorsäureextrakten der Muskelproben bestimmt. Die Bestimmung des Gehaltes an Glucose und Glucose-6-Phosphat (G-6-P) erfolgte nach der Methode von BERGMEYER et al. (1970) mit Hexokinase und G-6-P-Dehydrogenase, die von Glucose-1-Phosphat (G-1-P) unter Zusatz von Phosphogluco-Mutase und die von Fructose-6-Phosphat (F-6-P) unter Zusatz von Phosphogluco-Isomerase im gleichen Testansatz. Fructose-1,6-Diphosphat (FDP), Dihydroxyaceton-Phosphat (DAP) und Glycerinaldehyd-3-Phosphat (GAP) wurde nach der Methode von BÜCHER und HOHORST (1970) bestimmt. Die Bestimmung von 2-Phosphoglycerat (2-PG), Phosphoenolpyruvat (PEP) und Pyruvat wurde nach der Methode von CZOK und LAMPRECHT (1970) durchgeführt; durch Zusatz von Phosphoglycerat-Mutase wurde im gleichen Testansatz 3-Phosphoglycerat (3-PG) mitbestimmt. Die Konzentration an Lactat wurde mit Lactatdehydrogenase (LDH) und Hydrazin nach der Methode von HOHORST (1970) erfaßt. Als Maß für den ATP-Abbau zu Inosinmonophosphat (IMP) wurde der R-Wert herangezogen, der das Verhältnis der Extinktionen bei 250 zu 260 nm in dem mit Phosphatpuffer verdünnten Perchlorsäureextrakt darstellt (HONIKEL u. FISCHER, 1977).

A 6:4

Um zu überprüfen, ob sich das Elektrophorese-Muster der Sarkoplasma- bzw. der myofibrillären Proteine schnell glykolysierenden Rindfleisches von dem mit normaler Fleischbeschaffenheit unterscheidet, wurden jeweils 6 Proben mit PSE-Eigenschaften ($\text{pH}_1 < 6,0$) und 6 von normaler Fleischbeschaffenheit ($\text{pH}_1 > 6,4$, $\text{pH}_{24} < 5,8$) 30 Minuten nach dem Schlachten aus demselben Muskel entnommen. Zur Herstellung von Sarkoplasma und Myofibrillen wurden nach 24stündiger Lagerung im Kühlschrank bei 4°C 15 g Muskelgewebe mit 25 ml 0,05 M Glycerophosphatpuffer ($\text{pH} 6,85$) im Bühlerhomogenisator (Fa. Bühler, Tübingen) homogenisiert. Ein Teil des Homogenats wurde auf 15 ml 0,8 M Saccharose in 0,05 M Glycerophosphatpuffer ($\text{pH} 6,85$) aufgesetzt und 30 Minuten bei $10\,000 \times g$ zentrifugiert. Die löslichen Sarkoplasma-Proteine befanden sich nach dem Zentrifugieren über, die unlöslichen myofibrillären Proteine unter der Saccharose-Schicht. Die Auftrennung der Proteine dieser beiden Fraktionen wurde mit Hilfe der SDS-Polyacrylamidgel-Elektrophorese nach HOFMANN und PENNY (1973) vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

69 Filetmuskeln der insgesamt 880 Rinderhälften zeigten einen pH_1 -Wert unter 6,0. Das entspricht etwa 8 Prozent. Zwischen der Geschwindigkeit des pH-Abfalls einerseits und der Wäßrigkeit des Fleisches sowie der Farbelligkeit andererseits wurden hochsignifikante Beziehungen gefunden ($r = -0,69$ bzw. $-0,61$). Das auf diese Kriterien hin untersuchte Probenmaterial ($n = 100$) wurde in 6 pH_1 -Stufen eingeteilt, wobei bei pH_1 -Werte zwischen 6,61 und 6,80 als pH_1 -Stufe 1 und pH_1 -Werte zwischen 5,61 und 5,80 als pH_1 -Stufe 6 definiert wurden (Abb. 1). Proben mit einem pH_{24} -Wert über 6,0 wurden als Fleisch mit "dark-cutting"-Eigenschaften in einer gesonderten Gruppe aufgeführt. Aus Abbildung 1 ist zu ersehen, daß mit zunehmender pH-Wert-Senkung 30 Minuten nach der Schlachtung eine Aufhellung der Fleischfarbe einhergeht. Dabei muß darauf hingewiesen werden, daß eine niedrige Helligkeitsstufe einer sehr hellen und eine hohe Helligkeitsstufe einer sehr dunklen Fleischfarbe entspricht. Die Wäßrigkeit des Muskels - ausgedrückt in cm^2 Flüssigkeitsfläche auf dem Preßblättchen - nimmt ebenfalls mit steigender Geschwindigkeit des postmortalen pH-Abfalls ähnlich wie beim PSE-Schweinefleisch zu.

Bei Betrachtung der biochemischen postmortalen Vorgänge im schnell glykolysierenden Rindermuskel sind ebenfalls Parallelen zum PSE-Schweinefleisch zu erkennen (Abb. 2). Mit beschleunigtem pH-Abfall ist eine geringere Konzentration an Glykogen verbunden. Gleichzeitig ist aber der Gehalt an Glucose und den Hexose-Monophosphaten deutlich erhöht. Dagegen ist die Konzentration an FDP bei Proben mit niedrigem pH_1 -Wert erheblich herabgesetzt. Ähnliches gilt in gewissem Maß auch für DAP. Bei den folgenden Metaboliten bis einschließlich Pyruvat ist wegen der niedrigen Konzentration kein Einfluß des pH_1 -wertes erkennbar. Dagegen ist entsprechend dem anaeroben Stoffwechsel p.m. mit zunehmender Geschwindigkeit der Glykolyse in den ersten 30 Minuten nach dem Schlachten ein Anstieg der Lactat-Konzentration zu verzeichnen. Der Abbau der Adeninnucleotide zu IMP, Inosin und Hypoxanthin ist zu diesem Zeitpunkt ebenfalls schon weiter fortgeschritten, d.h. je tiefer der pH-Wert 30 Minuten p.m., desto höher ist der R-Wert ($r = -0,72$).

Die Mittelwerte der Metabolitkonzentrationen der beiden extremsten pH_1 -Bereiche, nämlich der pH_1 -Stufe 1 und der pH_1 -Stufe 6 wurden zueinander in Relation gesetzt; dabei wurden die Mittelwerte der pH_1 -Stufe 1 (normale Fleischbeschaffenheit) mit 100 Prozent als Bezugsgröße eingesetzt. Die erhaltenen Relativwerte wurden als "Crossover plot" dargestellt (Abb. 3). Diese Art der Darstellung wurde bereits von KASTENSCHMIDT (1970) zur Verdeutlichung metabolischer Vorgänge in der PSE-Muskulatur beim Schwein verwendet. Ein niedriger Glykogenspiegel in Verbindung mit einer Akkumulation von Hexose-Monophosphaten weist auf eine Aktivierung des Phosphorylase-Systems hin, die einerseits durch eine erhöhte Freisetzung an Ca^{++} -Ionen aus dem Sarkoplasmatischen Retikulum und den Mitochondrien, andererseits durch vermehrte Adrenalinausschüttung unter Streßbedingungen hervorgerufen sein könnte. Eine geringe FDP-Konzentration zusammen mit einer forcierten Lactat-Bildung läßt auf eine mögliche Stimulierung der Phosphofruktokinase (PFK)-Aktivität schließen, die in dem schnellen Abbau von Adenosintri-phosphat begründet sein mag. Das von uns gefundene Glykolyse-Muster gleicht weitgehend demjenigen, das KASTENSCHMIDT (1970) bei seinen Untersuchungen an PSE-Schweinemuskeln fand.

Vergleicht man die Elektropherogramme der Sarkoplasma- und der myofibrillären Proteine von normalem und schnell glykolysierendem Rindfleisch miteinander (Abb. 4), so fällt auf, daß zwei Banden, nämlich Bande 1 und 4 (jeweils mit einem Pfeil gekennzeichnet), bei Fleisch mit niedrigem pH_1 -Wert in ihrer Intensität etwas abgeschwächt sind. Es handelt sich dabei vermutlich um die Enzyme Phosphorylase und Creatinphosphokinase. Diese Banden treten verstärkt in der myofibrillären Fraktion auf. Ähnliche Resultate erhielten wir bei Untersuchungen an PSE-Schweinefleisch; nur waren dort die Unterschiede im Bandenmuster markanter (FISCHER et al., 1978). HUNT und HEDRIK (1977) fanden ebenfalls eine geringere Löslichkeit der Sarkoplasma-Proteine in Rindfleisch mit herabgesetztem Wasserbindungsvermögen, d.h. der "Transmissions-Wert" war bei diesen Proben signifikant erhöht. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch TARRANT und MOTHERSILL (1977) bei ihren Untersuchungen an schnell glykolysierendem Rindfleisch: Die Enzymaktivität der Creatinphosphokinase war im Vergleich zu langsamem pH-Abfall herabgesetzt und auch die Löslichkeit der Myofibrillen sowie die Aktivität der ATPase waren deutlich vermindert.

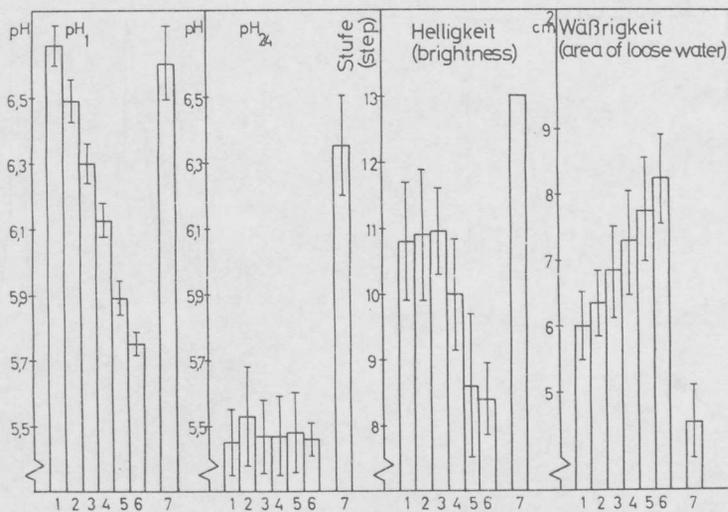


Abb.1: Physikalische Merkmale der Fleischbeschaffenheit (M.psoas major) bei folgenden pH₁-Stufen:

Fig.1: Physical meat properties (M.psoas major) in the following pH₁-steps:

pH ₁ -Stufe	pH ₁ -Bereich	n	pH ₁ -step	pH ₁ -range	n
1	6,61 - 6,80	9	1	6.61 - 6.80	9
2	6,41 - 6,60	16	2	6.41 - 6.60	16
3	6,21 - 6,40	28	3	6.21 - 6.40	28
4	6,01 - 6,20	22	4	6.01 - 6.20	22
5	5,81 - 6,00	13	5	5.81 - 6.00	13
6	5,61 - 5,80	5	6	5.61 - 5.80	5
7	dark cutting (pH ₂₄ > 6,0)	7	7	dark-cutting (pH ₂₄ > 6.0)	7

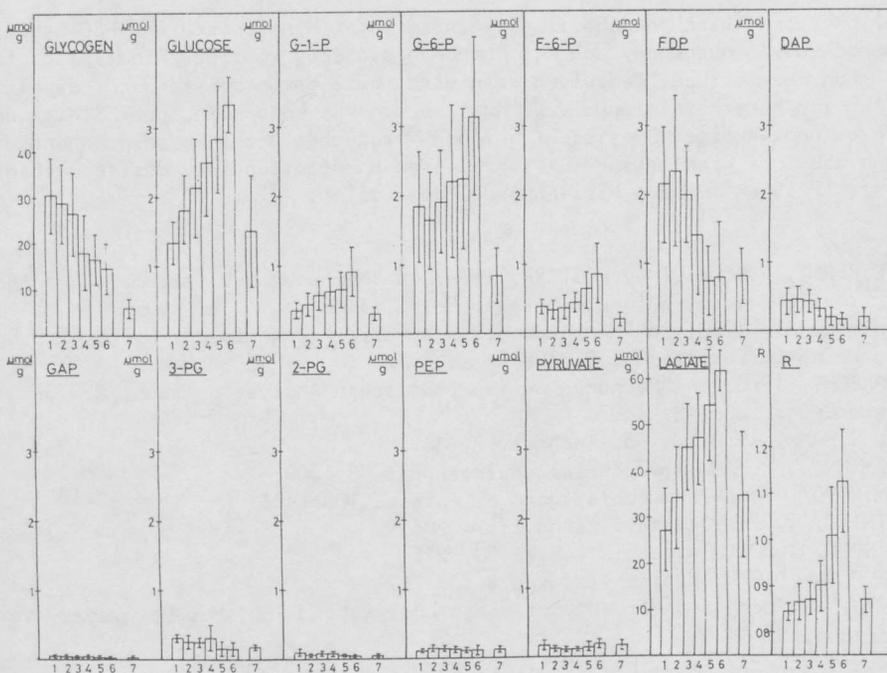


Abb. 2: Metabolitkonzentrationen der Glykolyse und R-Wert bei verschiedenen pH₁-Stufen (Einteilung der pH₁-Stufen siehe Abb. 1).

Fig. 2: Concentrations of glycolytic metabolites and R-value of samples with different pH₁-values (pH₁-steps see Fig. 1).

A 6:6

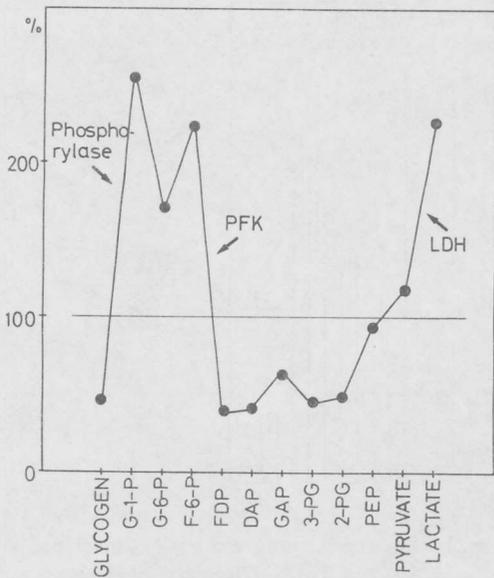


Abb.3: "Crossover plot" der Metabolitkonzentrationen der Glykolyse von normaler (100 Prozent) und PSE-Rindermuskulatur (psoas major) 30 Minuten post mortem.

Fig.3: Crossover plot of the concentrations of glycolytic metabolites in samples from normal (100 percent) and PSE bovine muscles 30 min post mortem.

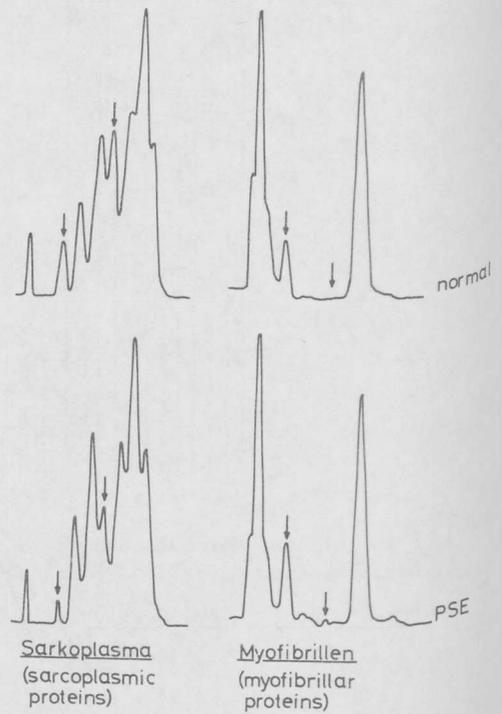


Abb.4: Elektropherogramm von Sarkoplasma und Myofibrillen aus einem normalen und einem PSE-Rindermuskel (M. psoas major).
Fig.4: Electropherogram of the sarcoplasmic and myofibrillar proteins of a normal and a PSE bovine muscle (M. psoas major).

Obwohl viele Ähnlichkeiten zwischen schnell glykolysierendem Rindfleisch und PSE-Schweinefleisch bestehen, kann man doch davon ausgehen, daß das Phänomen blasses, wäßriges Rindfleisch für die Fleischverarbeitung kaum von ökonomischer Bedeutung sein wird, weil davon meistens nur die Teilstücke betroffen sind, die nicht zur Würstherstellung verwendet werden. Es kann sein, daß Filets und Roast beef mit blasser Fleischfarbe und wäßriger Oberfläche auf den Verbraucher nicht so ansprechend wirken. Da aber extrem blasses und wäßriges Rindfleisch nur sehr selten anzutreffen ist, dürfte auch dieser Faktor vorerst kein ernstes Problem für den Fleischhandel darstellen.

Literatur

BERGMEYER, H.U., E.BERNT, F.SCHMIDT u. H.STORK, 1970: in "Methoden der enzymatischen Analyse", Hrsgb. H.U.Bergmeyer, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, S. 1163
 BÜCHER, T. u. H.-J.HOHORST, 1970: in "Methoden der enzymatischen Analyse", Hrsgb. H.U.Bergmeyer, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, S. 1282
 CZOK, R. u. W.LAMPRECHT, 1970: in "Methoden der enzymatischen Analyse", Hrsgb. H.U.Bergmeyer, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, S. 1407
 DALRYMPLE, R.H. u. R.HAMM, 1973: J. Fd. Technol. 8, 439
 FISCHER, C., K.HOFMANN u. R.HAMM, 1978: Fleischwirtschaft 58, 303
 GRAU, R. u. R.HAMM, 1957: Z.Lebensm.-Untersuch. u. Forsch. 105, 446
 HAMM, R. u. K.POTTHAST, 1972: Fleischwirtschaft 52, 206
 HAMM, R. u. J.VAN HOOFF, 1970: Fleischwirtschaft 50, 215
 HOFMANN, K. u. I.F.PENNY, 1973: Fleischwirtschaft 53, 252
 HOHORST, H.-J., 1970: in "Methoden der enzymatischen Analyse", Hrsgb. H.U.Bergmeyer, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, S. 1425
 HONIKEL, K.O. u. C.FISCHER, 1977: J. Food Sci. 42, 1633
 HUNT, M.C. u. H.B.HEDRIK, 1977: J. Food Sci. 42, 716
 KASTENSCHMIDT, L.L., 1970: in "The physiology and biochemistry of muscle as a food", Hrsgb. E.J.Briskey, R.G.Cassens u. B.B.Marsh, University of Wisconsin Press, Madison, Wisc., S. 735
 KHAN, A.W. u. W.W.BALLANTYNE, 1973: J. Food Sci. 38, 710
 KHAN, A.W. u. C.P.LENTZ, 1973: J. Food Sci. 38, 56
 MIRNA, A., 1965: Fleischwirtschaft 45, 332
 SCHEPER, J., 1972: Fleischwirtschaft 52, 203
 TARRANT, P.V. u. C.MOTHERSILL, 1977: J. Sci. Fd. Agric. 28, 739