

## BIOCHEMISCHE UND PHYSIKOCHEMISCHE ÄNDERUNGEN VON NORMALEM SCHWEINEFLEISCH UND SCHADHAFTEM SCHWEINEFLEISCH PSE UND DFD, DAS 12 MONATE LANG BEI NIEDRIGEN TEMPERATUREN GELAGERT UND MIT DER VERWENDUNG VON KOHLENSTOFFDIOXID GEFROREN WURDE

Irena Sobina, Jacek Kondratowicz

*Universität von Ermland und Masurien Olsztyn, Oczapowskiego 5, 10 – 975 Olsztyn, Polen*

**Zusammenfassung.** Der Gegenstand der Untersuchungen war die Bestimmung des Verlaufs der Autolyse bei normalem und schadhaftem Fleisch, das nach einer vorhergehenden Kühlung unter industriellen Bedingungen und einer 6- und 12-monatigen Lagerung bei einer Temperatur von  $-28^{\circ}\text{C}$  mit verflüssigtem Kohlenstoffdioxid gefroren wurde. Um eine schnelle Abkühlung des Fleisches nach dem Schlachten zu erzielen, wurden die vom Rumpf getrennten längsten Muskeln des Rückens einer Lagerung unterzogen.

Die Einfrierung des Fleisches unter Verwendung von Kohlenstoffdioxid und die 6- und 12-monatige Lagerung hielten den Prozess der Glykolyse nicht auf. Es wurde auch eine stöchiometrische Konversion der Degradation des Glykogens in Milchsäure festgestellt. Die große Menge Glykogen, die im Fleisch PSE während der langen Aufbewahrung bei  $-28^{\circ}\text{C}$  erhalten blieb, bewirkte, dass das schadhafte Fleisch PSE während der Lagerung einen Säureanstieg aufwies. Das gelagerte DFD-Fleisch hatte nach 12 Monaten eine hellere Farbe. Allgemein kann behauptet werden, dass bei einer 12-monatigen Lagerung von Fleisch, das unter Verwendung von verflüssigtem Kohlenstoffdioxid gefroren wurde, seine Funktionseigenschaften nicht verschlechtert wurden.

**Codewörter:** Schweinefleisch, PSE- und DFD-Schäden, biochemische und physikochemische Änderungen, Gefrieraufbewahrung.

## STRESO PAVEIKTOS KIAULIENOS BIOCHEMINIAI IR FIZIKO–CHEMINIAI PAKITIMAI, KURI BUVO UŽŠALDYTA NAUDOJANT ANGLIARŪGŠTĘ BEI LAIKOMA 12 MĖNESIŲ ŽEMOJE TEMPERATŪROJE

**Santrauka.** Tyrimo objektas buvo autolizės eigos nustatymas kontroliniai ir tyrimajai mėšai, kuri po prieš tai taikyto atšaldymo pramoninėmis sąlygomis bei 6 – 12 mėnesių išlaikius prie  $-28^{\circ}\text{C}$  temperatūros, buvo užšaldyta naudojant suskystintą anglies dvideginį. Mėginiams buvo paimtas ilgiausias nugaros raumuo. Mėšos užšaldymas naudojant anglies dvideginį ir 6 – 12 mėnesių laikymas, nesulaikė glikolizės proceso. Buvo nustatyta taip pat stochiometrinė glikogeno skilimo į pieno rūgštį konversija. Didelis glikogeno kiekis, kuris išliko kiaulienos mėsoje PSE prie  $-28^{\circ}\text{C}$  temperatūros laikymo režimo ir tolimesnio ilgo laikymo metu ši kiaulienos mėsa PSE pasižymėjo didesniu rūgšties kiekiu. Išlaikyta DFD mėsa po 12 mėnesių turėjo mažesnę spalvos intensyvumą. Apibendrinant tyrimų duomenys galima tvirtinti, kad 12 mėnesių laikant mėsa, kuri buvo užšaldyta panaudojant suskystintą anglies dvideginį, jos fiziniai ir cheminiai rodikliai neblogėja.

**Raktažodžiai:** kiauliena, PSE- ir DFD-streso poveikio, biocheminiai ir fizikiniai – cheminiai pakitimai, šaltas laikymas.

**Einleitung.** Ein ernstes Problem der Fleischindustrie in den letzten Jahren ist das Auftreten einer wachsenden Menge Schweinefleisch mit PSE- und DFD-Schäden auf dem Markt. Eine langwierige Zuchtselektion verursachte, dass bei einigen lebenden Mastschweinen Mängel in den Regulationsmechanismen des Organismus auftreten, die bei Fleischschweinen eine erhebliche Stressempfindlichkeit hervorrufen. Laut Prosta [17] ist sie der Hauptgrund für die auftretende Fleischpathie. Fast 30% des Fleisches, das aus modernen Zuchtfarmen stammt, zeichnet sich durch untypische Funktionseigenschaften sowie unvollständigen Gebrauchswert aus. Das schadhafte Fleisch, das als PSE (engl.: pale, soft, exudative) bezeichnet wird, hat eine sehr helle Farbe, enthält viel Wasser und ist wenig konsistent. Die zweite Art von schadhaftem Fleisch mit unvollständiger technologischer Verwendbarkeit hat eine dunkle Farbe, ein hohes Wasserbindevermögen und besitzt eine große Zähigkeit. Es wird als DFD (engl.: dark, firm, dry) bezeichnet.

Die Aufmerksamkeit der Fleischkenner und Züchter [7] richtet sich gegenwärtig auf die Begrenzung der stressfördernden Einflüsse im Umgang mit den Tieren.

Eine unbestreitbare und allgemein bekannte Ursache für das Auftreten von schadhaftem Fleisch ist der schnelle Prozess der Glykolyse nach dem Schlachten, die schnelle Versäuerung und die hohe Temperatur des Fleisches, was die Denaturierung der Eiweißstoffe des Fleisches zur Folge hat. Die biochemischen Änderungen, die den PSE-Mangel determinieren, treten schon kurz nach dem Schlachten auf, was nicht viel Zeit lässt, prophylaktische Mittel anzuwenden. Eine Ingerenz durch entsprechende technologische Verfahren hat also in dieser Phase begrenzte Erfolgchancen. Man kann jedoch auf die Temperatur des Fleisches nach dem Schlachten Einfluss nehmen. Die schnelle Abkühlung bewirkt eine Verringerung des Denaturierungsgrades der Eiweißstoffe im schadhaften Fleisch, der für die Verminderung der technologischen Verwendbarkeit verantwortlich ist.

Unter den technologischen Methoden haben die kriogenen Methoden [14] praktische Bedeutung, u.a. unter Verwendung von verflüssigtem Kohlenstoffdioxid.

Die Vorteile, die aus der Verwendung von Kohlenstoffdioxid hervorgehen, wurden von vielen Forschern, die sich mit diesem Problem beschäftigen, bestätigt [11,20]. Im Ergebnis der bakteriostatischen Untersuchungen wurden seine Wirkung und auch sehr geringe Masseverluste (von 0,3 bis 1%) während des Gefriervorgangs unter Verwendung dieses Agens festgestellt [11].

**Versuchsmaterial und Untersuchungsbereich.** Das Versuchsmaterial setzte sich aus drei Qualitätsgruppen von Fleisch zusammen: aus normalem Fleisch und schadhaftem PSE- und DFD-Fleisch. Die Auswahlkriterien des normalen und schadhaften Fleisches stellten die pH-Werte  $pH_1$  und  $pH_u$ , die im längsten Muskel des Rückens mit Hilfe der Kombinationselektrode GK 2311 c 45 Minuten und auch 24 Stunden nach dem Schlachten bestimmt wurden, sowie die mit Hilfe der Clausen- und Thomsen-Methode vorgenommene sensorische Bewertung von rohem Fleisch dar.

Die Säuerung des längsten Rückenmuskels, die 45 Minuten nach dem Schlachten ( $pH_1$ ) einen Wert von  $< 5,8$  erreichte, wird als Symptom des Fleisches PSE betrachtet. Für DFD-Fleisch und normales Fleisch betragen diese Werte  $pH > 6,5$ .

Die Noten, die aus der Beurteilung der Farbe, der Konsistenz und der Wässerigkeit mit Hilfe der Clausen- und Thomsen-Methode hervorgingen, betragen: PSE-Fleisch von 0,5 bis 2,0 Pkte, DFD-Fleisch und normales Fleisch von 4,0 bis 5,0 Pkte und von 2,5 bis 3,5 Pkte. Die richtige Auswahl von normalem Fleisch und Fleisch mit dem DFD-Schaden bestätigte auf Grund des  $pH_1$ -Wertes und der sensorischen Beurteilung die Messung des  $pH_u$ -Wertes, dessen Grenzwerte für die aufgeführten Fleischgruppen mit folgendem Niveau bestimmt wurden: normales und wässriges Fleisch  $< 6,0$ , DFD-Fleisch  $> 6,2$ .

Das Untersuchungsmaterial waren Proben des längsten Muskels des Rückens, der aus einer 24 h lang gekühlten rechten Rumpfhälfte herausgelöst und dann unter der Verwendung von Kohlenstoffdioxid gefroren wurde. Die Proben wurden in gefrorenem Zustand bei einer Temperatur von  $-28^\circ\text{C}$  über einen Zeitraum von 6 und 12 Monaten aufbewahrt. Die Untersuchungen an jeder Muskelart (normale, PSE, DFD) und von verschiedenen Schweinhälften wurden 8fach wiederholt.

**Vorbereitung des Versuchsmaterials für die Untersuchungen.** Im Versuch wurden die Muskelproben nach dem Schlachten unter Verwendung von verflüssigtem Kohlenstoffdioxid in einem Gefriertunnel mit Spritzwirkung der Firma BOC eingefroren (4).

Die Muskelproben wurden dem Gefrierprozess bei einer Anfangstemperatur von  $2^\circ\text{C}$  lose (ohne Verpackung) unterzogen. Die Temperatur in der Kammer des Tunnels schwankte während des Gefrierprozesses zwischen ca.  $-70^\circ\text{C}$  und ca.  $-75^\circ\text{C}$ . Die Zeit des Gefrierprozesses bis zu einer Temperatur von ca.  $-28^\circ\text{C}$  betrug bei einem Gewicht von 1kg 35 Minuten, die

effektive Gefriergeschwindigkeit  $5,1 \text{ cm/h}$ . Die gefrorenen Proben wurden in Beuteln aus Polyäthylenfolie und durchsichtigen Kartons verpackt, die im Lagerkühlhaus in Olsztyn bei einer Temperatur von  $-28^\circ\text{C}$  aufbewahrt wurden. Nach einer 6- und 12-monatigen Aufbewahrung unter solchen Bedingungen wurden sukzessiv Proben für Laboranalysen entnommen. Den Qualitätsuntersuchungen ging voraus, dass die Proben in Polyäthylenbeuteln in Wasser mit einer Temperatur von  $30^\circ\text{C}$  aufgetaut wurden, bis sie im Innern eine Temperatur von  $-1^\circ\text{C}$  aufwiesen. Als nächstes wurde von der Oberfläche der aufgetauten Proben das äußere Fett- und Sehnengewebe entfernt und dann wurden die Proben durch einen Fleischwolf mit einer Siebscheibe (Lochgröße 2 mm Durchmesser) gedreht und alles gründlich gemischt.

**Untersuchungsmethoden.** Es wurden Untersuchungen des Metabolismus von Glykogen, der Veränderungen der chemischen Grundzusammensetzung sowie der Änderungen der Funktionseigenschaften des Fleisches vorgenommen.

Die Untersuchungen des Glykolysegrades im Fleisch betrafen die Bestimmung des Glykogengehaltes mit der von Grajewska modifizierten Versav- und Henner-Methode [7] sowie der Bestimmung des Milchsäuregehaltes mit der Grau- und Hamm-Methode.

In den physikochemischen Untersuchungen der Eigenschaften des Fleisches, die seine technologische Verwendbarkeit bestimmen, wurden Messungen der Reaktion auf Grund des pH-Wertes der Wasserhomogenate des Fleisches vorgenommen, wobei die Kombinationselektrode GK 2311c der Firma Radiometer angewendet wurde. Die Helligkeit der Farbe wurde mit Hilfe der Rózyzcka-Methode [10] auf dem Spektrometer Spekol mit dem Remissionsvorgelege R-045 bei einer Wellenlänge von 560 nm bestimmt. Bei dem gefrorenen und bei einer Temperatur von  $-28^\circ\text{C}$  gelagerten Fleisch wurde das Wasserbindungsvermögen (WBA) auf Grund der Ausflussbestimmung mit Hilfe der Grau- und Hamm-Methode untersucht. Die Untersuchungsergebnisse wurden statistisch bearbeitet.

Zur Bewertung der Unterschiede, die im normalen, PSE- und DFD-Fleisch während der technologischen Lagerung nach dem Einfrieren bei einer Temperatur von  $-28^\circ\text{C}$  und einer Lagerungsdauer von 6 und 12 Monaten auftreten, wurde eine Zwei-Faktoren-Varianten-Analyse durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in den Tabellen 1,2 und 3 festgehalten. Die Berechnung und Variantenanalyse wurde mit der von Ruszczyk angegebenen Methode durchgeführt [19].

**Ergebnisse und Diskussion.** Die Konsequenzen des unterschiedlichen Tempos der Glykolyse post mortem in gefrorenem normalem und schadhaftem Fleisch sind nicht vollständig bekannt. Aus der angegebenen Literatur [3,18] geht hervor, dass die Glykolyse höchstwahrscheinlich in gefrorenem und bei Minustemperaturen gelagertem Fleisch stattfindet. Die statistische Analyse der erhaltenen Ergebnisse der erwähnten Untersuchungen wiesen deutliche Unterschiede in dieser Beziehung zwischen normalem und schadhaftem Fleisch auf (Tab. 1).

Tabelle 1. Gehalt von Glykogen und Milchsäure im gefrorenen Fleisch

Spezifikation	Arithmetische Durchschnittswerte der Qualitätsgruppen von Fleisch			Wichtigkeit der Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Gruppen	Durchschnittswerte der untersuchten Unterguppen		Wichtigkeit Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Unterguppen	Wichtigkeit der Interaktion
	I	II	III		A	B		
Glykogen in uM Glykose/ g Fleisch								
x	2,42	1,06	0,70	I > II*	1,87	0,91	A > B*	-
s	1,80	0,46	0,71	I > III**	1,48	1,38		
Milchsäure in uM/ g Fleisch								
x	116,63	101,43	68,75	I > II*	101,37	89,85	A > B*	-
s	37,42	26,08	31,32	I > III** II > III**	41,68	31,99		

\* – P=0,05 – Significant differences at the level P=0,05  
wesentliche Differenzen bei P=0,05

\*\* – P=0,01 - Significant differences at the level P=0,01  
wesentliche Differenzen bei P=0,01

A=6, B=12 – storage time (months)

I – normal meat ( normales Fleisch)

II – PSE meat ( PSE – Fleisch)

III – DFD meat (DFD – Fleisch)

Wenn man die Menge des Glykogens vor dem Einfrieren in Betracht zieht, stellt man auch einen unvollständigen Abbau von Glykogen in allen Qualitätsgruppen des gefrorenen Fleisches fest, sowohl nach 6 als auch nach 12 Monaten Lagerung. Dabei war die Menge des zersetzten Glykogens im ersten Halbjahr der Lagerung größer als nach der einjährigen Lagerung.

Der unterschiedliche Zerfall von Glykogen während des Kühlvorgangs wurde in großem Umfang durch die Unterschiede der 24 h nach dem Schlachten auftretenden Glykogenmenge bestimmt. Im Allgemeinen stimmen die Untersuchungsergebnisse des Zerfalls von Glykogen nach einer 6- und 12-monatigen Lagerung mit denen von Fabiansson und Reuterswärd überein [3]. Sie untersuchten den Verlauf der Glykolyse bei mit verflüssigtem Stickstoff gefrorenem Rindfleisch, das 2 und 4 Monate unter Kühlbedingungen gelagert wurde. Die Resultate des nach einer 6-monatigen Lagerung bewerteten Glykogenabbaus sind Ergebnis der Veränderungen, die in Folge der Abkühlung des Fleisches, das 24 h nach dem Schlachten eine bedeutende Menge an Glykogen enthält, nach dem Schlachten und vor dem Einfrieren vor sich gehen. Eine schnelle Abkühlung des Fleisches mit Hilfe eines stark gekühlten Luftstrahls direkt nach dem Schlachten bewirkt, dass das Fleisch schnell an Wärme verliert und seine Temperatur bis auf 0°C gesenkt wird [16]. Im Ergebnis dieses Prozesses erfolgt eine Verzögerung sowie eine Abnahme der Dynamik der biochemischen Umwandlungen sowie eine Geschwindigkeitsabbremmung der glykolytischen Umwandlungen bei einer Temperatursenkung von 37°C auf 15°C [13]. Bei einer Temperatursenkung von 15°C auf 0°C bleibt jedoch das Tempo der glykolytischen Reaktion nicht selten unveränderlich oder es steigt unmerklich [2]. Wenn man in dieser Zeit die autolytischen und katabolischen Prozesse steuert, kann man laut Behnke und anderen [2] die Fleischqualität verbessern. Aus

Untersuchungen anderer Autoren [1] geht hervor, dass auf die Qualitätsveränderungen von nach dem Einfrieren bei Minustemperaturen gelagertem Fleisch die Wirkung der drei Kühlungstechnologien Einfluss hat: Einfrieren, Lagerung und Auftauen. Die Änderungen in der Qualität des Fleisches werden also zusammen als kompletter Effekt der Kühltechnologie betrachtet. Es besteht die Meinung, dass ein schnelles Einfrieren Qualitätsvorteile mit sich bringt. Fennema sieht jedoch den Gefrierprozess nicht als den wichtigsten Faktor an, der die Fleischqualität beeinflusst. Seiner Meinung nach steht das Einfrieren in seiner Wichtigkeit erst an dritter Stelle. Der Nutzen, der durch das Einfrieren entsteht, kann durch unsachgemäße Lagerung verloren gehen.

Der zweite Untersuchungsbestandteil in gefrorenem Fleisch war die Milchsäure. Die Gruppen von normalem und DFD-Fleisch begleitete ein geringer Akkumulationsanstieg der Milchsäure schon nach der ersten Hälfte der Lagerung (Tab. 1). Bei PSE-Fleisch wurde dagegen eine Mengenabnahme dieses Metabolits in beiden Lagerungsetappen festgestellt, was man mit dem höheren Saftausfluss während des Auftauens von wässrigem Fleisch erklären kann. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten auch eine Umwandlung von Glykogen in Milchsäure in stöchiometrischem Verhältnis auf.

Es ist allein ein fragmentärer Vergleich der erhaltenen Untersuchungsergebnisse mit den Literaturangaben möglich. In den Untersuchungen [6; 14], werden oft die günstigen Resultate betont, die sich aus der schnellen Ingerenz der niedrigen Temperaturen ergeben, die für die Qualitätsverbesserung von wässrigem Fleisch durch ihre Einwirkung auf den Verlauf der Glykolyse in Rindfleisch verantwortlich sind. Bisher ist man noch nicht auf die Ansicht gestoßen, dass niedrige Temperaturen während der Lagerung von gefrorenem Fleisch auf die biochemischen Veränderungen Einfluss haben. Am

häufigsten wurde der Prozess der Glykolyse in gefrorenen Muskeln anderer Fleischsorten untersucht [2]. Im Ergebnis dieser Studien entdeckte man, dass eine Temperatur unter dem Gefrierpunkt existiert (gewöhnlich  $-2$  bis  $-4^{\circ}\text{C}$ ), wo das Tempo der Glykolyse sein Maximum erreicht, durch weitere Temperatursenkungen wird sie deutlich gebremst.

Bisher fehlt eine komplette Erklärung, warum die biochemischen Reaktionen schon früher, während des Frühstadiums der Einfrostung ablaufen. Fennema [5] stellte fest, dass für das Reaktionstempo während der Einfrostung zwei Faktoren verantwortlich sind: die Temperatur und die Konzentration der löslichen Metabolite in der ungefrorenen Phase. Nach Meinung von Behnke, Fannema und Cassens [2] kann der Gefriervorgang Einfluss auf die Zellenintegrität und die Hautfunktionierung, also auch auf das Reaktionstempo, haben. Laut dieser Autoren spielen die Enzyme, deren Aktivität in Abhängigkeit von der Einfrierungsart verschieden ist, eine nicht unbedeutende Rolle. Kondratowicz [11] beobachtete, dass das Auftauen die Zellhaut beschädigt und den Zugang der Enzyme zu den Substraten erleichtert. Auch die Aktivität der Enzyme in dem eingefrorenen Gewebe könnte durch gerade diese Faktoren hervorgerufen worden sein.

Lawrie [15] sowie Hamm u.a. [8] geben nach der Untersuchung von gefrorenem Schweinefleisch an, dass einige Enzyme des Muskelgewebes, die in Sarkoplasma unlöslich und mit den Zellorganellen gebunden sind, infolge einer Beschädigung der Organellenmembran frei

gemacht werden können. Die frei gemachten Enzyme haben Zugang zu den Substraten, was die Schnelligkeit der biochemischen Umwandlungen im Fleisch beeinflusst.

Bei der Untersuchung der chemischen Grundzusammensetzung von in gefrorenem Zustand gelagertem Schweinefleisch wurde der Gehalt an Trockenmasse, Gesamteiweiß, Fett und Rohasche analysiert. Die in Tabelle 2 zusammengetragenen Angaben weisen auf einen statistisch wichtigen Unterschied des Gehaltes an Trockenmasse in normalem und schadhaftem PSE- und DFD-Fleisch hin. Der höchste Gehalt an Trockenmasse – der Summe der Bestandteile (Eiweiß, Fett und Asche) wurde in PSE-Fleisch (26,27%) festgestellt, der mittlere in normalem Fleisch (25,72%) und der niedrigste in DFD-Fleisch (25,65%). Den höheren Gehalt an Trockenmasse in PSE-Fleisch im Vergleich zu den anderen Fleischgruppen kann man damit erklären, dass wässriges Fleisch in Hinsicht auf den schnellen pH-Wert-Abfall und die verringerte Hydrophilie des Eiweißes viel Wasser verlieren kann. DFD-Fleisch dagegen, das eine geschlossene Struktur aufweist, zeichnet sich durch eine gute Wasserbindung aus. Die Lagerzeit verursachte einen allgemeinen Anstieg des Trockenmasse- und allgemeinen Eiweißniveaus, aber auch einen Abfall des Aschegehaltes im Fleisch je nach Verlängerung der Lagerungszeit bis zu 12 Monaten. Das war vermutlich Ergebnis des Masseverlustes des Fleisches während der Lagerung und des Auftauens.

Tabelle 2. Chemische Zusammensetzung des gefrorenen Fleisches

Spezifikation	Arithmetische Durchschnittswerte der Qualitätsgruppen von Fleisch			Wichtigkeit der Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Gruppen	Durchschnittswerte der untersuchten Unterguppen		Wichtigkeit Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Unterguppen	Wichtigkeit der Interaktion
	I	II	III		A	B		
Trockenmasse, %								
x	25,72	26,27	25,65	II>I,III*	25,25	26,83	B>A*	-
s	0,65	1,05	0,63		0,74	0,78		
Gesamteiweiß, %								
x	22,49	22,73	22,46	-	22,12	23,32	B>A*	-
s	0,96	0,71	0,84		0,82	0,69		
Fett, %								
x	1,32	1,43	1,69	I<II*,III** II<III**	1,41	1,78	-	-
s	0,55	0,66	0,73		0,60	0,81		
Asche, %								
x	1,22	1,17	1,16	-	1,24	1,13	A>B*	-
s	0,08	0,06	0,09		0,08	0,05		

\* –  $P=0,05$  – Significant differences at the level  $P=0,05$   
wesentliche Differenzen bei  $P=0,05$

\*\* –  $P=0,01$  – Significant differences at the level  $P=0,01$   
wesentliche Differenzen bei  $P=0,01$

A=6, B=12 – storage time (months) Aufbewahrungszeit (Monate)

I – normal meat ( normales Fleisch)  
II – PSE meat ( PSE – Fleisch)  
III – DFD meat (DFD – Fleisch)

Unter Versuchsbedingungen wurden folgende Funktionseigenschaften von Fleisch, die seine technologische Verwendbarkeit bestimmen, untersucht: pH, Farbhelligkeit, Wasserkapazität und Wärmeverlust (Tab. 3). Die aufgezählten Eigenschaften haben bei der

Qualitätscharakterisierung von frischem Fleisch eine große Bedeutung, in Fleisch, das eingefroren, lange gelagert und aufgetaut wurde, stellen sie dagegen nicht mehr solch wichtige Bewertungskriterien der Fleischqualität dar. Interessant war also der Vergleich und

die Bewertung der erhaltenen Ergebnisse für dieses Fleisch. Dabei muss betont werden, dass das angewandte Auftausystem der Proben garantierte, dass die destruktive Einwirkung auf die kolloidale Struktur des Muskelgewebes so gering wie möglich war. Wie aus den Angaben in Tabelle 3 zu ersehen ist, entspricht der pH-Wert von normalem, PSE- und DFD-Fleisch den Werten, die diesen Qualitätsgruppen von Fleisch zugeschrieben werden, obwohl das Bild etwas vereinfacht ist. Ohne Zweifel konnte darauf die spezifische Wirkung von Kohlenstoffdioxid Einfluss nehmen, das löslich in der

Wasserphase Kohlensäure bildet und eine pH-Wert-Senkung von gefrorenem Fleisch potenziert und seine konservierende Wirkung erhöht. Wenn man die Zugehörigkeit der Muskeln zu verschiedenen Qualitätsgruppen (Normal-, PSE- und DFD-Fleisch) in Betracht zieht, stellt man fest, dass sich PSE-Fleisch durch die hellste und DFD-Fleisch durch die dunkelste Farbe auszeichnet. Das ist offensichtlich, wenn man die Untersuchungen anderer Autoren, die eine Übereinstimmung der Farbe mit der Säurebildung des Fleisches nach dem Auftauen aufweisen [12], betrachtet.

Tabelle 3. **Physikochemische Merkmale des Fleisches nach Entfrieren**

Spezifikation	Arithmetische Durchschnittswerte der			Wichtigkeit der Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Gruppen	Durchschnittswerte der untersuchten Untergruppen		Wichtigkeit Differenzen zwischen den Durchschnittswerten der Untergruppen	Wichtigkeit der Interaktion
	I	II	III		A	B		
pH (nach Entfrieren)								
x	5,67	5,55	5,93	III > I,II** I > II*	5,86	5,72	A > B*	*
s	0,08	0,06	0,10		0,07	0,07		
Farbenhelligkeit %								
x	24,55	31,48	17,53	III < I,II**	30,82	25,60	A > B**	-
s	2,73	2,89	2,90		2,62	2,73		
Wässrigkeit cm <sup>2</sup>								
x	8,43	8,87	7,03	III < I,II**	8,17	7,83	A > B*	*
s	1,31	1,23	1,13		1,19	1,10		
Erhitzungsverlust %								
x	30,14	29,36	27,12	III < I,II**	28,89	28,43	-	*
s	1,62	2,22	1,55		1,70	1,80		

\* – P=0,05 – Significant differences at the level P=0,05  
wesentliche Differenzen bei P=0,05

\*\* – P=0,01 - Significant differences at the level P=0,01  
wesentliche Differenzen bei P=0,01

A=6, B=12 – storage time (months) Aufbewahrungszeit (Monate)

I – normal meat ( normales Fleisch)

II – PSE meat ( PSE – Fleisch)

III – DFD meat (DFD – Fleisch)

In den Untersuchungen wurde ebenfalls festgestellt, dass die Art des Fleisches durch die Eiweißstruktur auch deutlich auf die Fähigkeit des Fleisches, eigenes Wasser zu halten, Einfluss hat. Durch den geringsten Wasserausfluss (die beste Wasserkapazität) nach dem Auftauen zeichnet sich DFD-Fleisch aus, durch den größten (geringe Wasserbindefähigkeit) PSE-Fleisch. Zu erwähnen ist, dass sich das letztgenannte in dieser Beziehung ein wenig von normalem Fleisch unterscheidet. Man kann das mit einem größeren Wasserausfluss von PSE-Fleisch während des Auftauens erklären.

Die Aufbewahrungszeit hatte einen bedeutenden Einfluss auf die Größe dieser Eigenschaft des Fleisches. Aus den Angaben in Tabelle 3 geht hervor, dass Fleisch bei einer 6-monatigen Lagerung mehr Wasser verlor als bei einer 12-monatigen Lagerung. Diese Tatsache kann man mit dem Wasserausfluss in den verschiedenen Phasen der Kühlungstechnologie erklären, der verursacht, dass 12 Monate gelagertes Fleisch scheinbar bessere Wasserbindefähigkeiten hat. Die Tendenz der Änderungen des Wärmeausflusses waren ähnlich wie der

Ausfluss des eigenen Wassers. Er wurde mit der Methode von Grau und Hamm bestimmt.

Abschließend muss festgestellt werden, dass sich alle untersuchten Funktionseigenschaften von Fleisch im Laufe einer lang dauernden Lagerung in gefrorenem Zustand veränderten, wobei die Einfrierung von schadhaftem DFD-Fleisch unter Verwendung von Kohlenstoffdioxid den pH-Wert des Fleisches verringerte und auf das Hellerwerden seiner Farbe Einfluss hatte. Allgemein verschlechterte eine 12-monatige Lagerung bei niedrigen Temperaturen nicht seine Funktionseigenschaften.

**Schlussfolgerungen.** Als Ergebnis der durchgeführten Untersuchungen kann man folgenden Schluss ziehen:

1. Das Einfrieren von Fleisch unter Verwendung von Kohlenstoffdioxid hielt den Prozess der Glykolyse nicht auf.

Die Menge des Metabolits des Glykogens – der Milchsäure stieg proportional zum Abfall des Glykogens im untersuchten Fleisch. Die Degradation des Glykogens zu Milchsäure erfolgte in stöchiometrischem Verhältnis.

2. Im Wesentlichen waren die Änderungen der Menge der Grundbestandteile des Fleisches abhängig vom

Wasserverlust des Fleisches während der Kühlung und vom Gehalt an Trockenmasse. Während der Kühlung verringerte sich die Fleischmasse, der relative Gehalt an Grundbestandteilen verringerte sich jedoch nicht.

3. Normales und schadhafte Fleisch unterschied sich durch das Niveau der Funktionseigenschaften im Falle der Einfrierung unter Verwendung von Kohlenstoffdioxid. Es muss unterstrichen werden, dass sich die untersuchten Eigenschaften im Verlaufe einer langwährenden Kühlung in gefrorenem Zustand änderten, wobei das Einfrieren von Fleisch des Typs PSE und DFD unter Verwendung dieses Gefrieragens eine Verbesserung der Funktionseigenschaften zur Folge hatte.

in normal and DFD beef. Proc 27<sup>th</sup> Europ. Meeting of Meat Res. Workers, Vienne 1981. P 157-160.

19. Ruszczyc Z. Metodyka doświadczeń zootechnicznego. PWRiL Warszawa. 1981.

20. Van der Wal P.G., Engel G., Van Bek G., Veercamp C.H. Chilling pig carcasses. Effects on temperature, weight loss and ultimate meat quality. Meat Sci. 1995. N 40. P. 193-202.

2002 04 02

#### Literaturverzeichnis

1. Arsdel V.M., Copley J., Olsen R.L. Quality and stability of frozen foods. Time temperature tolerance and its significance. Wiley. New York 1969.
2. Behnke J.R., Fennema O., Cassens R.G. Rate of post-mortem metabolism in frozen animal tissues. J. Agr. Food Chem. 1973. N 21/1 P. 5-11.
3. Fabiansson S., Reutersward A.L. Glykogen determination in postmortem beef muscles. Food Chem. 1984. N 15. P. 269-284.
4. Facco Sillveira E.T., Silveira N.F.A., Beraquet N.J. The influence of stunning techniques on some quality aspects of pig meat. Proc. Int. Congr. of Meat Sci. and Technol. Barcelona 1998. N 44. P. 1072-1073.
5. Fennema O.R. General principles of cryogenic processing. Conf. Proc. Meat Ind. Res. 1979. P. 109-116.
6. Gardin T. Solving livestock handling problems. Vet. Med. 1994. N 89. P. 989-998.
7. Grajewska S. Długotrwałe obciążenie stresowe świń a przebieg glikolizy post mortem. Raport etapowy za rok 1983. Inst. Fizj. i Żywn. Zw. PAN Bydgoszcz 1983.
8. Hamm R., Gottesmann P., Kijowski J. Einfrieren und Auffauen von Fleisch. Einflüsse auf Muskelgewebe und Tausftbildung. Fleischwirt. 1982. 62/8 S. 983-991.
9. JOO S.T., KAUFMAN R.G., KIM B.C. The relationship between colour and waterholding capacity in postrigor porcine longissimus muscle. J. Muscle Food. 1996. N 6. S. 111-127.
10. Koćwin-Podsiadła M., Przybylski W., Kaczorek S., Krzęcio E. Quality and technological yield of PSE (pale, soft, exudative) - acid - and normal pork. Pol. J. Food Nutr. Sci. 1998. N 2. P. 217-222.
11. Kondratowicz J. Wpływ nowoczesnych metod mrożenia na jakość mięsa i tłuszczu wieprzowego po różnym okresie przechowywania w niskich temperaturach. Acta Acad. Agricult. Tech. Olszt., 1991. Zoot. 34. S. 3-61.
12. Kondratowicz J., Bąk T., Denaburski J. Einfluss von Gefrierverfahren - Veränderung der Eigenschaften von normalen, PSE - und DFD - Schwaufenfleisch. Fleischwirtschaft 2000. N 3. S. 81-83.
13. Kondratowicz J., Kułdo Ż., Kawałko P. Zmiany chemiczne i fizykochemiczne mięsa wieprzowego „normalnego” oraz z wadami PSE i DFD mrożonego różnymi metodami w czasie 6-miesięcznego przechowywania w niskich temperaturach. Biul. Nauk. UWM 2001. N 13 S. 187-196.
14. Krzywicki K. Zastosowanie szybkiego schładzania do poprawy przydatności technologicznej mięsa wieprzowego o wodnistej strukturze. Przem. Mięs. i Tłuszcz. Rocz. Inst. 1968. N 3. S. 23-35.
15. Lawrie R.A. The interaction of freezing and post mortem changes in muscle. Low temperature Biology of Foodstuffs 1968. S 4-5.
16. Penny J.L. The effect of freezing an amount of drip from meat. Bull. Inst. Int. Froid 1974. N 6. P. 1410-1419.
17. Prost E. Higiena mięsa. PWRiL Warszawa. 1985.
18. Reutersward L.A., Johansson G., Kullmar G., Ruderus H. Influence of low - voltage stimulation on post - mortem biochemistry