

ULTRASTRUKTUR VON QUERGESTREIFTEN MUSKELN BEI DER  
POKELUNG

## THE STRUCTURE OF CROSS-STRIATED MUSCLES DURING CURING

A.A.Beloussow, W.I.Plotnikow, E.I.Skalinskij

A.A.Belousov, V.I.Plotnikov, E.I.Skalinsky

## ZUSAMMENFASSUNG

## SUMMARY

Die Veränderungen der Ultrastruktur von abgekühlten Schweinemuskeln wurden bei der NaBr-Pökellung untersucht.

Changes in the ultra-structure of chilled pork muscles during wet curing were studied.

Es wurde festgestellt, daß diese Veränderungen durch Anquellen von Muskelfasern, Auflösen und Ausscheidung von sarkoplasmatischen sowie Aktineiweißen, Entwicklung der natürlichen und spezifischen mit Salzlösungen aktivierten Muskelautolyse mit Myofibrillenaktivierung nach I-Scheiben und Z-Platten, lokale bakterielle Proteolyse, die durch die Tätigkeit von Milchsäurebakterien hervorgerufen wird, charakterisiert werden.

It has been found that they were characterized with muscle fibers swelling, with sarcoplasmic and, partially, actin proteins solubilization and release from the fibers, with the development of natural and specific, salt-activated autolysis of the muscles with myofibrils fragmentation along I-disks and Z-plates, as well as with local bacterial proteolysis determined with lactobacilli vital activity.

XXI ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС  
РАБОТНИКОВ НИИ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт  
мясной промышленности СССР

## УЛЬТРАСТРУКТУРА ПОПЕРЕЧНОПОЛОСАТЫХ МЫШЦ ПРИ ПОСОЛЕ

A.A.Белусов, В.И.Плотников, Е.И.Скалинский

## АННОТАЦИЯ

Изучены изменения ультраструктуры мышц охлажденной свинины при мокром посоле.

Установлено, что они характеризовались набуханием мышечных волокон, растворением и выходом из них саркоплазматических и частично актинового белков; развитием естественного и специфического, активированного соевыми растворами, автолиза мышц с фрагментацией миофибрилл по I-дискам и Z-пластинкам, локального бактериального протеолиза, обусловленного жизнедеятельностью молочно-кислых бактерий.

ULTRASTRUKTUR VON QUERGESTREIFTEN MUSKELN BEI DER  
PÖKELUNG

A.A. Beloussow, W.I. Plotnikow, E.I. Skalinskij

Die Pökellung ist eine der wichtigsten Methoden der technologischen Fleischbearbeitung bei der Herstellung von verschiedenen Lebensmitteln. Diese Methode ermöglicht es, die Lagerungsdauer von Fleisch zu verlängern, dessen spezifisches Aroma zu verstärken, den Geschmack und die Konsistenz zu verbessern. Die organoleptischen, physikal-chemischen und mikrobiellen Merkmale des Fleisches bei der Pökellung sind grundsätzlich studiert; die mikrostrukturellen Fleischveränderungen sind weniger ausführlich und die ultra-strukturellen Muskelveränderungen gar nicht untersucht.

## Material und Untersuchungsmethoden

Die Muskel long. dorsi von gekühlten Baconschweinen der Großen weißen Rasse wurden nach einer 3tägigen Lagerung bei 4°C gespritzt und naßgépökelt. Beim Spritzen und Naßgépökeln wurde eine frisch vorbereitete Lake mit spezifischem Gewicht 1,100 und Zuckergehalt 0,5% sowie Nitritgehalt 0,05% angewandt. Die Proben für elektronen-mikroskopische Untersuchungen wurden aus tiefliegenden Muskelschichten nach 1,3,6,9,12,15, 20 Tagen der Pökellung entnommen. Das Muskelgewebe wurde mit 1,5%-iger Glutaraldehydlösung im Veronalazetatpuffer mit pH 7,2 fixiert, mit 1%-iger Osmiumtetroxidlösung in demselben Puffer nachfixiert und nach der Entwässerung in Epon-Araldit aufgegossen.

3.

Die Protofibrillen liegen im Sarkomer ordnungsgemäß, in parallelen Reihen, nah zueinander. Das Sarkoplasma von Muskelfasern stellt helle Matrix mit kleiner Anzahl von Lipidgranulen dar.

In Sarkosomen werden eine unwesentliche Cristae-Destruktion und Anwesenheit von kleineren Lipidgranulen beobachtet.

In einigen Stellen wurden Querspaltungen von Myofibrillen im Bereich von Z-Platten an der Anschlußstelle von Aktin-faden aufgefunden, was als Ergebnis der Entwicklung von auto-lytischen Destruktionsvorgängen in Muskelfasern zu bewerten ist.

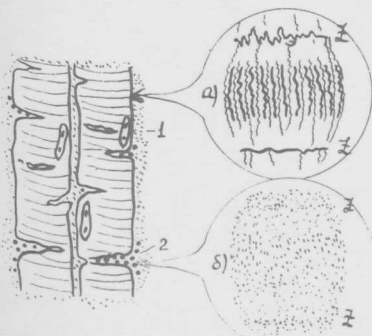


Abb. 2. Mikrostruktur von Muskelfasern (links) und deren Sarkomers (rechts) nach 9 Pökeltagen: 1 - feinkörnige Eiweißmasse; 2 - Milchsäurebakterien; a) Sarkomeranquellens, Destruktion von Aktin-faden im Bereich der I-Scheibe, fransige Aufspaltung der Z-Platte; b) totale Zerstörung der Ultrastruktur des Sarkomers im Bereich der Lokalisation von Mikroorganismen

Die Schnitte wurden mit dem Ultramikrotom  $\lambda$ KW-4801 A hergestellt, mit Plumbumhydroxid nach Reynolds kontrastiert und im Elektronenmikroskop JEM-7 bei 5000-40000-facher instrumenteller Vergrößerung untersucht.

## Untersuchungsergebnisse

Die elektronen-mikroskopischen Untersuchungen haben ergeben, daß die Muskelfasern im Fleisch vor der Pökellung auseinandergezogen sind und das Sarkolemm teilweise abgetrennt ist. Die Myofibrillen sind kettenartig und liegen gesondert. Die Sarkomere von Myofibrillen befinden sich im gedrückten oder etwas auseinandergezogenen Zustand, wobei A- und I-Scheiben gut zu sehen sind (Abb. 1).

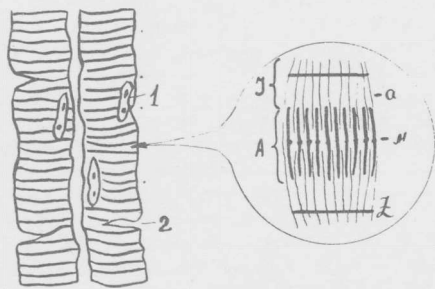


Abb. 1. Mikrostruktur von Muskelfasern (links) und deren Sarkomers (rechts) vor der Pökellung; 1 - Kern; 2 - schlitzartige Querverletzung der Gesamtheit von Muskelfasern; a - Aktin- und M-Myosinprotofibrillen; Z - Platte, Sarkomergrenze; A- und I-Myofibrillenscheiben.

4.

Die Änderung der Ultrastruktur von quergestreiften Muskeln in den ersten Pökeltagen (bis 3 Tagen) wird durch Sarkolemmabtrennung, Anquellen von T-Systemkanälen und -bereichen, von Sarkosomen sowie Myofibrillen, Annäherung von Myofibrillen, Destruktion der sarkoplasmatischen Matrix unter der Ausscheidung der feinkörnigen Masse unter Sarkolemm und in den Raum zwischen einzelnen Muskelfasern charakterisiert.

In den nachfolgenden Tagen gingen die Vorgänge des Anquellens, der Destruktion von Sarkoplasma und der Ausscheidung der feinkörnigen Masse aus Muskelfasern aktiver vor sich. Zum 9.-20. Pökeltag lagen die Myofibrillen sehr nah zueinander, und die Z-Platten vereinigten sich zu parallel angeordneten ununterbrochenen Strukturen. Das Sarkolemm war fest an die Muskelfasern gebunden.

Am 3.-9. Pökeltag wurde die Diskomplexität von Myosin- und Aktinprotofibrillen mit teilweisen Destruktion von Aktin-faden beobachtet. In einigen Bereichen von Muskelfasern wurden symmetrische und asymmetrische fransige Aufspaltung einzelner Z-Platten (Abb. 2a) aufgefunden. Teilweise ging die Fragmentation von Myofibrillen nach Z-Platten und I-Scheiben vor sich, die Anzahl und die Ausmaßen von Lipidgranulen in Sarkoplasma und Sarkosomen nahmen zu. In Bereichen der Muskelfasern mit gut ausgedrückter Fragmentation von einzelnen Myofibrillengruppen wurden Verletzungen der Integrität in der Basalmembran des Sarkolemmes nachgewiesen.

Zum 9.-20. Pökeltag gingen die Vorgänge der Destruktion von Myofibrillen aktiver vor sich und wurden krasser ausgedrückt.

Zum 3. Pökeltag wurde in Zwischenschichten des lockeren Bindegewebes und in Bereichen der schlitzartigen Querverletzung der Integrität von Muskelfasern die Ansammlung von Kokken nachgewiesen. Die Struktur einiger von ihnen war verletzt.

In Bereichen von Muskelfasern, die an die Ansammlung von Mikroorganismen unmittelbar grenzen, wurden am 3.-9. Pökeltag eine unterschiedlich aktive Destruktion von Myosin- und

5.

Aktinprotofibrillen, Z-Platten unter Bildung der feinkörnigen Masse (Abb. 2b) sowie die Lysis von intranukleären Strukturen beobachtet. In der Zone des Wachstums von Mikroorganismen wurde im lockeren Bindegewebe die Aufspaltung der Kollagenfaserbündel mit Verlust der Querstreifung aufgefunden.

#### Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Auf Grund von früher durchgeführten histologischen Untersuchungen besteht die Meinung, daß trotz des nach biochemischen Merkmalen klar ausgedrückten Abbaus von Eiweißstoffen keine Zerstörung von Muskelfasern bei der Pökellung vor sich geht (1).

Bei der Untersuchung der Ultrastruktur des Muskelgewebes während der Pökellung im Laufe von 72-96 Stunden wurde auch keine Destruktion von Muskelfasern beobachtet. In diesem Fall haben die Autoren hauptsächlich das Anquellen von Muskelfasern und Mitochondrien, die Verminderung von interzellulären Räumen und die Veränderung der Kernstruktur nachgewiesen.

Nach physikal-chemischen Merkmalen ist es aber bekannt, daß die Eiweiße bei der Pökellung in der Menge von 0,5 bis 2% vom Fleischgewicht in die Lake übergehen (3).

Die von uns durchgeführten elektronen-mikroskopischen Untersuchungen haben ergeben, daß in den ersten drei Pökelungstagen die sarkoplasmatischen Eiweiße aus den Muskelfasern und in den nachfolgenden Tagen die Eiweiße aus den Aktinprotofibrillen ausscheiden. Es wurden bedeutende Destruktionsveränderungen in den Muskelfasern nachgewiesen. In erster Linie sind sie durch die Entwicklung von autolytischen Vorgängen bedingt.

Die Muskelautolyse verläuft bei der Pökellung viel intensiver und hat ein spezifisches Wesen. Neben der Destruktion von Myofibrillen an der Anschlußstelle von Aktinfäden zu Z-Platten geht auch deren Destruktion nach I-Scheiben und unmittelbar nach den aufgespalteten Z-Platten vor sich.

Eine große Rolle bei der Pökellung spielen die Milchsäurebakterien. Bei der Pökellung verbreiten sich die Mikroorganismen

6.

in den Zwischenschnitten des lockeren Bindegewebes und später dringen sie in die Mikropalten und schlitzartige Räume von Muskelfasern - Stellen deren autolytischen Zerstörung ein (4).

Die elektronen-mikroskopischen Untersuchungen haben ergeben, daß in den Bereichen der Lokalisation von Mikroorganismen die Destruktion und die Lysis von fibrillären Strukturen der Muskelfasern vor sich gehen.

Die Destruktionsveränderungen des Muskelgewebes nehmen mit der Verlängerung der Pökeldauer von Fleisch zu, was zur Erhöhung der Zartheit des gepökelteten Fleisches führt.

Bei der Fleischpökellung entwickelt sich also ein komplizierter Komplex von Strukturveränderungen, die mit physikal-chemischer Einwirkung von Salzlösungen auf Muskelfasern, der natürlichen und spezifischen Muskelautolyse sowie der lokalen bakteriellen Proteolyse zusammenhängen, die durch die Tätigkeit von Milchsäurebakterien bedingt wird.

#### Bibliographie

1. Павловский П.Е., Пальмин В.В. "Биохимия мяса и мясопродуктов", М., изд-во "Пищевая промышленность", 1963.
2. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. М., изд-во "Пищевая промышленность", 1963.
3. Димитров Г., Янчев И. Ультраструктурни изменения в мускулус лонгисимус дорзи от свине при технологична обработка. "Хранителна промишленост", 3, 23, 1974, 26-29.
4. Плотников В.И., Белоусов А.А. Микроструктурные показатели созревания мяса в посоле. ХУШ Европ. конгр. работн. НИИ мясн. пром-сти, Канада, 1972.