

2. Arbeitstagung europäischer Fleischforscher
Kulmbach, 29. Juli - 2. August 1956

Adenosintriphosphorsäure und ihre Bedeutung für die
Fleischqualität

von

Dr. R. Hamm

Bundesforschungsanstalt für Fleischwirtschaft
Kulmbach - Deutschland

Referat

Eines der wichtigsten Qualitätsmerkmale des Fleisches ist seine Wasserbindung. Die hervorragende Wasserbindung des schlachtwarmen Fleisches ist - neben dem hohen pH-Wert - vor allem der Gegenwart des Adenosintriphosphats (ATP) zuzuschreiben. Wir haben uns, anknüpfend an die Arbeiten der Low Temperature Research Station (Cambridge), eingehender mit dem Einfluß von ATP auf Rindermuskel beschäftigt und versucht, eine Erklärung für seine hydratisierende Wirkung zu finden.

Wir konnten zunächst zeigen, daß die postmortale Abnahme der Wasserbindung zu etwa $2/3$ auf dem ATP-Abbau und zu ca. $1/3$ auf der pH-Senkung (Milchsäurebildung) beruht.

Setzt man mehrere Tage abgehängtem Muskel diejenige ATP-Menge zu, die durch postmortalen Abbau zerstört wurde und stellt gleichzeitig auf den pH-Wert des schlachtwarmen Fleisches ein, so gelingt es doch nicht, die ursprünglichen Hydrationsverhältnisse wiederherzustellen. Der Grund hierfür liegt darin, daß das zugesetzte ATP zu rasch abgebaut wird, um noch eine hydratisierende Wirkung ausüben zu können. Dagegen ist kräftige Kontraktion zu beobachten, die bekanntlich stets mit einem ATP-Abbau verknüpft ist.

Im schlachtwarmen Fleisch hingegen erfolgt der Abbau von zugesetztem ATP meist wesentlich langsamer, als im abgehängten. Damit dürfte nachgewiesen sein, daß im Rindermuskel - analog dem Rattenmuskel - ein den ATP-Abbau und damit die Muskelkontraktion hemmender Faktor (MARSH-BENDALL-Faktor = Myokinase) vorliegt, der beim Lagern des Fleisches inakti-

viert oder zerstört wird.

Bei frischem Fleisch kann bereits ein ATP-Zusatz von $1,5 \cdot 10^{-3} \text{m}$ eine Erhöhung der Hydratation und der Weichheit des Gewebes bewirken, während ATP auf abgehängtes Fleisch in Konzentrationen unter $5 \cdot 10^{-3} \text{m}$ stets kontrahierend und dehydratisierend wirkt, wobei dieser Effekt bei pH-Werten um 7 wesentlich ausgeprägter ist, als beim "natürlichen" pH-Wert (5,5). Erhöht man die Konzentration des ATP auf $1,2-1,5 \cdot 10^{-2} \text{m}$, so übt es auch auf abgehängtes Fleisch eine hydratisierende und weichmachende Wirkung aus, die allerdings nur von kurzer Dauer ist und mit fortschreitendem ATP-Abbau zugunsten eines Kontraktionseffektes wieder verschwindet. Steigert man jedoch die ATP-Konzentration auf $3 \cdot 10^{-2} \text{m}$, so wird das ATP-ase-System des Muskels stark gehemmt und damit eine lange andauernde Weichmacherwirkung ermöglicht. ATP-ase-Hemmung kann auch durch Behandeln des Fleisches mit Äthylendiamintetraacetat, also durch komplexe Bindung der aktivierenden Mg- und Ca-Ionen erreicht werden. In diesem Falle üben auch relativ niedrige ATP-Konzentrationen anhaltende Weichmacherwirkung aus.

Das Vorliegen freier zweiwertiger Ionen ist nicht nur für die ATP-ase-Wirkung, sondern auch für das Myokinase-System von Bedeutung. Nach MARSH und BENDALL hemmen Ca^{++} -Ionen diesen Faktor. Diese Autoren vermuteten daher, daß die Hemmung des Faktors sowohl beim Eintreten des Rigor Mortis als auch beim sog. "Tau-Rigor" durch Freiwerden geringer Mengen an freien Ca^{++} -Ionen zustande kommt. Wir konnten durch Versuche mit Ionenaustauscher nachweisen, daß in der Tat beim Abhängen des Fleisches und auch beim Auftauen gefrorenen Fleisches Calciumionen aus dem Eiweißverband freiwerden.

Die für die Hydratations- und Weichmacherwirkung einerseits, für die Kontraktionswirkung andererseits bei Gegenwart und Abwesenheit des Myokinase-Faktors notwendigen ATP-Konzentrationen zeigen, daß die für den Rindermuskel geltenden Bedingungen den bei Rattenmuskel und auch bei Actomyosin herrschenden Verhältnissen weitgehend entsprechen.

Nach Lösung der Totenstarre reagiert der Muskel auf ATP-Zusatz hinsichtlich Hydratation, Rigidität und ATP-ase-Wir-

kung ebenso wie im Zustand des Rigor Mortis.

Alle Versuche ergaben, daß Weichmacherwirkung stets einer Hydratationserhöhung, Kontraktion einer Dehydratisierung der Muskelproteine entspricht.

Die hydratisierende Wirkung von polymeren Phosphaten und Citrat beruht, wie wir früher zeigten, auf der komplexen Bindung des im Muskeleiweiß fest eingebauten Calciums (und Zinks). Es wurde nun geprüft, ob die mit einer Hydratationssteigerung gleichzusetzende Weichmacherwirkung des ATP die gleiche Ursache hat, wobei neben ATP auch andere physiologische Phosphate untersucht wurden. Hierzu war es zunächst notwendig, die Dissoziationskonstanten der Ca-Salze der entsprechenden Phosphate zu bestimmen. Letztere - in der Literatur z.T. noch nicht angegebenen - Werte nehmen in der Reihe $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} < \text{ATP} < \text{ADP} < \text{IMP} < \text{AMP} < \text{G-1-P}$ (G-1-P=Glucose-1-Phosphat) zu. Vergleicht man nun die Wirkung dieser Phosphate auf Hydratation und Rigidität des Fleisches mit ihrem Calciumbindungsvermögen, so zeigt sich, daß die Phosphate um so stärker hydratisierend und weichmachend wirken, je größer das Calciumbindungsvermögen ist. Daß ATP auf Fleisch, welchem durch Behandeln mit Kationenaustauscher ein Teil seines Gehaltes an Calcium, Magnesium und Zink entzogen wurde, weniger stark hydratisierend und weichmachend wirkt als auf normales Fleisch, wird als weiterer Beweis für die Richtigkeit unserer Anschauung über die Ursache der Weichmacherwirkung des ATP angesehen.