

die Beschaffenheit und Zusammensetzung der genannten Lebensmittel.

Die vorliegende Abhandlung wird noch an anderen Beispielen zeigen, wie die üblichsten einfachen Lebensmittelbenennungen durch Zusatzwörter abgewandelt, verändert, erläutert oder unterteilt werden, und wie weit die Benennungen die Art der Ware wirklich erkennen lassen. Aus diesen Benennungen im Zusammenhang mit im Laufe der Zeit erworbenen Warenkenntnissen soll der Verbraucher sich wenigstens bis zu einem gewissen Grade Vorstellungen der meisten Lebensmittel bilden können. Daher ist noch näher zu zeigen, welche Einschränkungen in dieser Hinsicht bei Lebensmittel-Benennungen vorliegen, also wie weit die Sprache dabei ihren Sinn erfüllt.

(Fortsetzung folgt)

SCHRIFTTUMSHINWEIS UND ANMERKUNGEN:

- 1) H. V. Philipsborn, Sprachfragen in der Kristallographie und Mineralogie. Sprachform 1, 245—257 (1955).
- 2) Vgl. H. Fincke, Allgemeine Grundsätze für die Bildung von Begriffen und für die Abfassung von Begriffsbestimmungen. „Die Ernährungswirtschaft“ 2, 269—270 (1955).
- 3) Psychologie und Bezeichnung von Lebensmitteln. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 52, 177—179 (1956).
- 4) Sprachforum, Zeitschrift für angewandte Sprachwissenschaft zur überfachlichen Erörterung gemeinwichtiger Sprachfragen aller Lebensgebiete. Münster i. W. u. Köln: Böhlau-Verlag.
- 5) Prof. Dr. M. Wandruszka, Die Zukunft der Sprachwissenschaft. „Universitas“ 11, 1155—1168 (1956).
- 6) Sprachliche Begegnungen der Völker. Sprachforum 1, 185 (1955).
- 7) Abfall: Rückstand, völlig oder nur begrenzt unbrauchbarer Verarbeitungsanteil, je nachdem wie weit der Stoff oder nur seine Form verändert ist; Lossagung, Abtrünnigwerden, Steilhang. Vgl. H. Fincke, Die Verwertung von „Abfällen“ der Zuckerwarenherstellung. „Zucker- und Süßwaren-Wirtschaft“ 9, 964 (1956).
- 8) Anlage: Beilage (eines Schriftstücks), geistige Fähigkeit, Gestaltung, Grünfläche, Vermögensausnutzung.
- 9) Aufgabe: Pflicht, Arbeit, Schließung, Verzicht, Bestandsmeldung.
- 10) Ausschuß: Ausgewählter Personenkreis, beauftragter Personenkreis, untaugliche Ware, Geschoßaustritt.
- 11) Bestimmung: Verfügung oder Anordnung, Zuordnungsfeststellung, Erläuterung (bei Begriffsbestimmungen), Inhaltsermittlung, (naturwissenschaftliche) Analyse, Lieferungsart, Schicksal.
- 12) Farbe: Farbiges Aussehen, Farbenempfindung, Farbstoff und Färbemittel, Gruppenabzeichen oder Fahne oder Partei.
- 13) Stärke: Kraft, Umfang, Anzahl, pflanzliches Kohlenhydrat.
- 14) Stoff: Grundbestandteil, Materie, Ungeformtes (im Gegensatz zu Körpern), Gewebe, Gegenstand (z. B. einer Schilderung).
- 15) Vgl. H. Fincke, Genußmittel und Leckermittel als Begriffe und Ordnungsbezeichnungen des Lebensmittelgebietes. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 46, 198—201 (1950). Demnächst erscheint „Zur Geschichte und zum Begriffsinhalt des Wortes Genußmittel“ in Sprachforum 2, Heft 3.
- 16) Prof. Dr. Leo Weisgerber, Der Wettlauf zwischen Sprachdienst und Sprachverderb. „Muttersprache“ 1956, S. 251—253.
- 17) Trübners Deutsches Wörterbuch Bd. IV, Berlin: Walter de Gruyter & Co. 1943, S. 751.
- 18) Vgl. H. Fincke, Die Verwendungsgrenze des Wortes „Praline“ und seine Bedeutung als sprachliches Ausdrucksmittel. „Zucker- und Süßwaren-Wirtschaft“ 9, 10—12 (1956).
- 19) Ernst Locker, Die Verantwortung des „Sprachtechnikers“ für unser Weltbild. Sprachforum 1, 97—103 (1955).

Aus dem chemisch-physikalischen Institut der Bundesforschungsanstalt für Fleischwirtschaft, Kulmbach
Direktor: Prof. Dr. R. Grau

Neuere Untersuchungen zur Biochemie des Fleisches

Von Dr. Reiner Hamm

Der Umsatz der deutschen Fleischwirtschaft betrug im Jahre 1956 fast 8 Milliarden DM. Wie aus Tabelle 1 zu entnehmen ist, liegt die Erzeugung an Schlachtieren in ihrem Jahreswert beträchtlich über derjenigen an Eisen und sogar noch über der gesamten Kohlen-erzeugung.

Tabelle 1

Jahreswert der deutschen Erzeugung an Schlachtieren, Eisen und Stahl in Millionen DM

(Nach einer vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten auf der 2. Mast- und Schlachtvieh-ausstellung Dortmund 1957 veröffentlichten Darstellung.)

Schweine	4 736
Rinder	2 138
Kälber	421
Geflügel	195
Schafe	50
Eisen	5 760
Braunkohle	2 000
Steinkohle	4 800

Aus diesen Zahlen und aus der Tatsache, daß durch Verderb und Fehlfabrikate bedeutende Werte verloren gehen, dürfte die Notwendigkeit einer Fleischforschung deutlich werden. Diese Forschung muß es als eine ihrer wesentlichen Aufgaben ansehen, die Änderung der Fleischqualität bei Lagerung und Verarbeitung und die Möglichkeiten einer Qualitätsbeeinflus-

sung eingehend zu studieren. Grundlage hierfür sind genaue Kenntnisse über alle Faktoren, welche die Fleischqualität bestimmen. Einer der wichtigsten dieser qualitätsbestimmenden Faktoren ist zweifellos die Wasserbindung des Fleisches, denn das Safthaltevermögen bei Zubereitung und Verarbeitung, aber auch Konsistenz, Farbe, Geschmack und andere Merkmale des Fleisches stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Hydratation der Muskelproteine. Wir haben uns daher seit einigen Jahren mit dem Studium der für die Hydratation maßgebenden Vorgänge beschäftigt. Über einige Ergebnisse dieser Untersuchungen sei im folgenden berichtet, wobei auf Einzelheiten der Versuchs-anstellung nicht eingegangen werden soll. Ausführliche Literaturangaben sind den zitierten Arbeiten zu entnehmen.

Eine wesentliche Hilfe bei der Durchführung dieser Arbeiten war die Entwicklung der sog. Preß-Methode, die es trotz ihrer fast primitiv erscheinenden Einfachheit ermöglicht, die Hydratation sowohl des unzerkleinerten als auch des mit oder ohne Fremdwasserzusatz zerkleinerten Fleisches rasch und exakt zu ermitteln^{1, 2, 3}). Als weiteres Maß für die Hydratation verwendeten wir die Flüssigkeitsvolumina, die sich bei Hitzedenaturierung sowie beim Zentrifugieren des Fleisches abcheiden. Die meisten unserer Untersuchungen beziehen sich auf mageres Rindfleisch (M. longissimus dorsi).

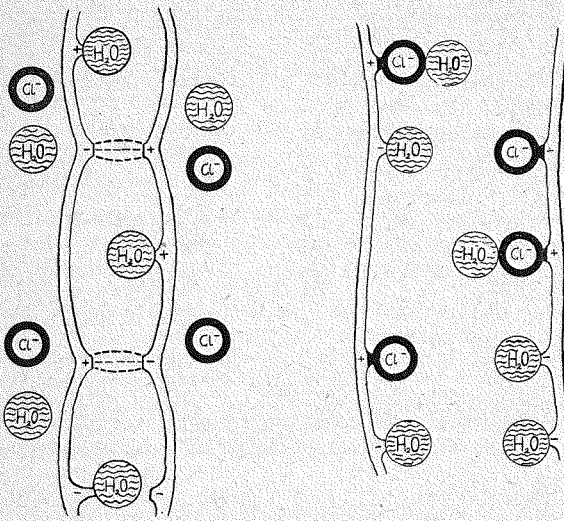


Abb. 1: Schema der Wirkung von Kochsalz auf die Wasserbindung des Fleisches (pH etwa 5,5).

Die Wirkung von Neutralsalzen

Salze vermögen bekanntlich die Hydratation der Proteine und damit auch die Wasserbindung des Fleisches stark zu beeinflussen, ein Effekt, der bei der Verarbeitung des Fleisches eine bedeutende Rolle spielt. Was die Neutralsalze anbetrifft, so stellten wir fest, daß ihre Wirkung auf Fleisch ihrer Stellung in den an zahlreichen anderen Proteinen gefundenen „lyotropen“ oder „Hofmeister'schen“ Reihen entspricht⁴). So fanden wir z. B. für pH 6,4 im Sinne einer zunehmenden hydratisierenden Wirkung folgende Reihen: $F^- < Cl^- < Br^- < CNS^- < J^-$ bzw. $Salicylat < Sulfat < Nitrat < Sulfosalicylat$ bzw. $Ca^{++} < Ba^{++} < Mg^{++} < K^+ < Na^+ < Li^+$ (jeweils bei gleicher Ionenstärke). Beim Übergang von der basischen auf die saure Seite des Isoelektrischen Punktes (I. P.) des Muskeleiweißes tritt eine Umkehrung der Ionenwirkung ein. Aus der großen Zahl der untersuchten Salze sei hier lediglich die Wirkung des Natriumchlorids etwas näher betrachtet, da dieses ja das wichtigste für die Praxis in Frage kommende Neutralsalz ist (Abb. 1)*).

Maßgebend für die Wasserbindung des Fleisches ist die Anzahl der Wasser-Dipole, die durch die positiv und negativ geladenen Gruppen der Eiweißmoleküle angezogen und gebunden werden⁵). Der pH-Wert des abgehängten Fleisches (ca. 5,5) ist nicht weit vom Isoelektrischen Punkt des Muskeleiweißes (4,5—5,0) entfernt. In diesem Zustande ist die Zahl der positiv und der negativ geladenen Gruppen des Eiweißes etwa gleich. Die entgegengesetzt geladenen, einander gegenüberliegenden Gruppen zweier Peptidketten ziehen sich an und hierdurch kommt es zu einer engen Zusammenlagerung der Peptidketten. Die Folge davon ist eine dichte Struktur und eine geringe Wasserbindung, da die polaren Gruppen der Proteine durch gegenseitige intermolekulare Kompensation nicht mehr zur Verfügung stehen oder aus sterischen Gründen nicht zugänglich sind. Bei Zusatz von Natriumchlorid werden die Chlorionen von den positiv geladenen

(Amino-) Gruppen des Eiweißes relativ fest gebunden, während die Natriumionen nur eine sehr geringe Affinität zu den Carboxylgruppen zeigen. Durch „Abschirmung“ der positiven Gruppen durch Cl^- wird die intermolekulare Kompensation aufgehoben. Infolgedessen stehen nunmehr die negativen Gruppen für eine Wasseranlagerung zur Verfügung. Das Eindringen des Wassers in die Fibrille wird weiterhin dadurch begünstigt, daß die Abstoßung der gleichsinnig geladenen, gebundenen Chlorionen zu einer Vergrößerung der intermolekularen Abständen führt. Durch Messen der bei Neutralsalzzusatz eintretenden pH-Verschiebung im Muskel konnten wir zeigen, daß dieser Hydratationseffekt um so stärker ist, je fester das Anion gebunden wird und daß diese Bindungsfestigkeit eine Funktion des Ionenhydrat-Radius ist. Die Umkehrung dieser Effekte bei Übergang auf die saure Seite des I. P. läßt sich auf analoge Weise erklären, doch sei darauf hier nicht näher eingegangen.

Die Wirkung von Salzen schwacher Säuren (Brätzusatzmittel)

Als wir diese Untersuchungen auf die Salze schwacher Säuren ausdehnten^{6, 7}), zeigt es sich, daß bei einigen dieser Anionen die Hydratationswirkung wesentlich stärker ist, als es ihrer Stellung in den lyotropen Reihen entspricht. Während Acetat, Tartrat, Lactat, Gluconat u. a. die zu erwartende geringe Wirkung aufweisen, führt der Zusatz von Citrat, Fluorid, Oxalat, Polyphosphat, Äthylendiamintetracetat u. a. Salzen zu einer kräftigen Steigerung der Wasserbindung des Fleisches. Dabei ist die Ladung des Anions bzw. die Ionenstärke nicht von entscheidender Bedeutung. Vergleicht man den Einfluß der verschiedenen Salze bei gleichem pH-Wert (6,4), so zeigt sich, daß sie um so stärker hydratisierend wirken, je stärker das Calciumbindungsvermögen des betreffenden Anions ist, wobei die als Brätzusatzmittel empfohlenen Polyphosphate von besonderer Wirksamkeit sind⁸). Es liegt nahe, hier an eine Beeinflussung des im Fleisch von Haus aus enthaltenen Calciums und Zinks zu denken. Es ist bekannt, daß diese beiden Kationen die Hydratation von Proteinen herabsetzen. Die Ursache hierfür ist einmal in der Herabsetzung der negativen Überschuladung durch feste Bindung der Kationen an die dissoziierten Carboxylgruppen des Proteins, zum anderen aber auch in der vernetzenden Wirkung dieser zweiwertigen Ionen zu suchen. Wird nun das Muskelcalcium (bzw. Muskelzink) durch Zusatz geeigneter Anionen gefällt oder komplex gebunden, so muß dies eine Steigerung der Muskelhydratation zur Folge haben. Ganz ähnliche Reaktionen spielen sich z. B. auch bei dem Einfluß von Citrat und Polyphosphat auf das Fibrinogen bei der Gerinnungshemmung von Blut oder auf das Casein bei der Schmelzkäseherstellung eine Rolle. Es ist einleuchtend, daß eine solche Beeinflussung der Muskelkationen nur bei pH-Werten über 5,5—6,0 von Wirkung auf die Hydratation sein kann, da ja nur auf der alkalischen Seite des I. P. mit einer weitgehenderen Kationenbindung an das Muskeleiweiß zu rechnen ist. In der Tat ist die Wirkung von Brätzusatzmitteln (Polyphosphate, Citrat) am I. P. des Muskels weit geringer und unspezifischer als bei höheren pH-Werten.

*) Der Dipol-Charakter des Wassers ist in den folgenden einfachen Schemata nicht zum Ausdruck gebracht.

Fleischmineralien und Wasserbindung

Wir bemühten uns nun, einen unmittelbaren Beweis für diese Vorstellungen zu finden. Dabei berücksichtigten wir die im Fleisch enthaltenen mehrwertigen Kationen Magnesium (25 mg^{0/0}), Calcium (5 mg^{0/0}), Zink (3 mg^{0/0}) und Eisen (3 mg^{0/0}). Alle übrigen mehrwertigen Kationen kommen nur in Spuren vor, die zusammengekommen nicht mehr als 0,06—0,08 mg^{0/0} ausmachen, also für die Hydratation kaum von Bedeutung sein dürften. Es gelang uns nun, eine Methode zu finden, die es gestattet, die Bindungsfestigkeit dieser Kationen nicht nur in den wasserlöslichen Myogenen, sondern vor allem in den für die Eigenschaften des Fleisches in erster Linie maßgebenden strukturellen Proteinen zu ermitteln⁹⁾. Hierzu rührten wir den zerkleinerten Muskel unter 100 % Wasserzusatz bei pH 6,5—7,0 und -2° C mit einem Kationenaustauscher (Na⁺-Form). Im Gewebe und Muskelsaft, die sich durch hochtouriges Zentrifugieren in der Kühlzentrifuge vom Austauscher trennen lassen, wurde nach einer von uns entwickelten Methodik Magnesium, Calcium, Zink und Eisen bestimmt¹⁰⁾.

von Proteinen fester gebunden werden und stärker dehydratisierend wirken als Magnesium. Die durch Entzug von Calcium und Zink bewirkte Hydratationssteigerung tritt nach außen hin sehr eindrucksvoll in Erscheinung. Die austauscherbehandelte Mischung wird so gelatinös-fest, daß sie bei Umstülpen des Glases nicht ausfließt, während die entsprechend lange gerührte austauscher-freie Mischung ihre breiig-flüssige Konsistenz bewahrt. Damit dürfte bewiesen sein, daß die in relativ geringer Menge im Muskel enthaltenen Metalle Calcium und Zink dessen Hydratation herabsetzen und daß ihre Eliminierung die Wasserbindung bedeutend erhöht. Durch Modellversuche konnten wir nachweisen, daß es sich hier tatsächlich um eine Kationenbindung an Eiweiß und nicht etwa an Orthophosphat handelt. Für schlachtwarmes Fleisch besteht allerdings noch die Möglichkeit, daß ein Teil des Calciums und Zinks an ATP gebunden ist.

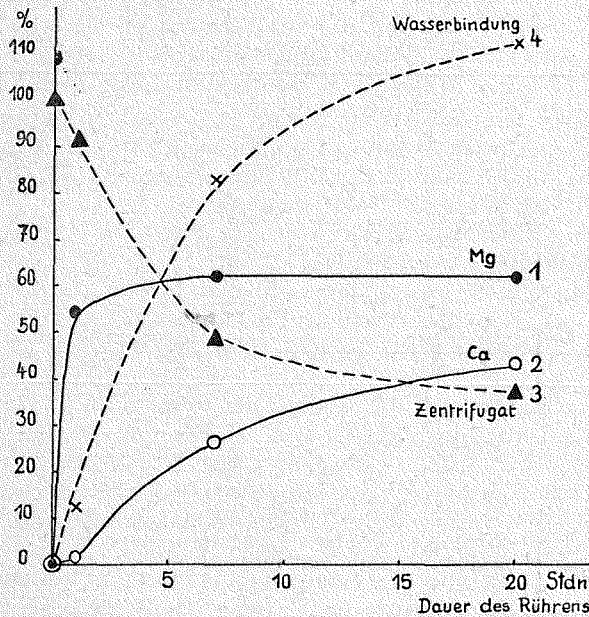


Abb. 2: Die Wirkung der Entfernung von Ca und Mg aus zerkleinertem Rindfleisch durch Behandeln mit Kationenaustauscher. Kurven 1 und 2: Aus den strukturellen Proteinen ausgetauschtes Ca und Mg. Kurve 3: Prozentuale Änderung des Zentrifugatvolumens: Kurve 4: Prozentuale Änderung der Wasserbindung der strukturellen Proteine (Fremdwasserzusatz: 100%, pH 6,8).

Wie Abb. 2 zeigt, sind etwa 60—70 % des Magnesiums leicht austauschbar, während Calcium weit langsamer ausgetauscht wird. Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß mit steigendem Calcium- (und Zink-) Austausch die Hydratation des Muskelbreies zunimmt (abnehmendes Zentrifugatvolumen, zunehmende Wasserbindung im Geweberückstand). Weiter ergibt sich aus Abb. 2 und 4, daß für die Hydrationszunahme in erster Linie die Eliminierung des Calciums und Zinks maßgebend ist. Der Magnesiumaustausch hat schon nach 1 Stunde seinen Grenzwert erreicht, ohne daß sich die Hydratation wesentlich geändert hätte⁹⁾. Diese Beobachtung steht mit der bekannten Tatsache im Einklang, daß Calcium und Zink

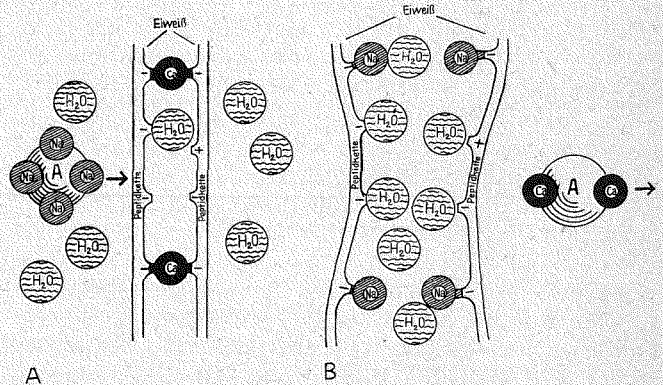


Abb. 3: Schema der Wirkung des Ionenaustausches in Fleisch auf die Hydratation bei Behandeln mit Kationenaustauscher (pH 6,5—7,0).

Der Vorgang sei durch das einfache Schema von Abb. 3 veranschaulicht. Im Prinzip entspricht diese Darstellung ganz der Vorstellung, die wir uns von der Wirkung von Phosphaten und Citrat auf die Wasserbindung des Fleisches machen. Dementsprechend er-

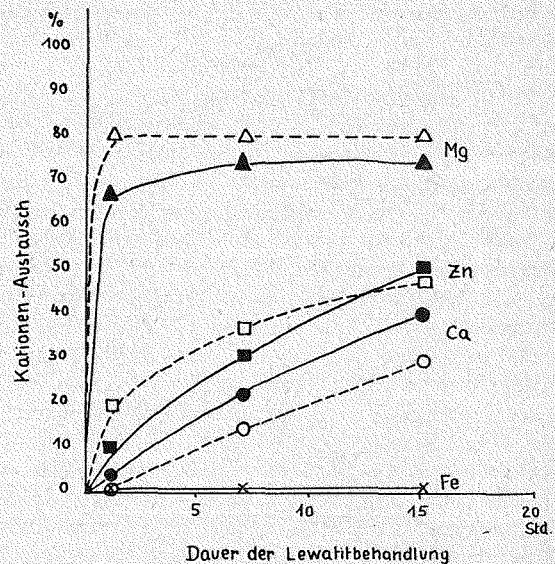


Abb. 4: Die Geschwindigkeit des Kationenaustausches als Maß für die Stärke der Ionenbindung im Fleisch. Ausgezogene Kurven: Wasserunlösliche, strukturelle Proteine. Gestrichelte Kurven: Wasserlösliche Proteine.

höhen solche Salze die Wasserbindung von Fleisch, dem ein Teil seiner Kationen durch Austauschbehandlung entzogen wurde, weniger stark als diejenige von normalem Fleisch.

Was die Bindungsfestigkeit der verschiedenen Kationen anbetrifft, so nimmt sie, wie Abb. 4 zeigt, in der Reihe Mg — Zn — Ca — Fe zu. Calcium und Zink verhalten sich recht ähnlich. Eisen wird dank seines festen Einbaues in das Myoglobinmolekül nicht ausgetauscht. Aus der Abb. geht weiter hervor, daß die relativen Unterschiede in der Kationenbindung bei den löslichen Muskelproteinen (Myogenen) etwa die gleichen sind wie bei den strukturellen Proteinen (Actomyosin)¹¹).

In der Gegend des I. P. ist der Kationenaustausch stärker als bei hohen pH-Werten, da mit sinkendem pH-Wert die Dissoziation der Carboxylgruppen und damit die Bindung der Kationen an das Eiweiß abnimmt. Bei pH 5,5 hat daher ein Kationenaustausch kaum einen Einfluß auf die Muskelhydratation¹¹). Es entspricht also auch in dieser Hinsicht die Austauschbehandlung der Wirkung von Brätzusatzmitteln.

Im Zusammenhang mit unseren Studien über die Fleischreifung untersuchten wir die postmortale Änderung der Kationenbindung¹¹). Wie aus Abb. 5 zu ersehen, enthält das Fleisch unmittelbar nach dem Schlachten das gesamte Calcium, Zink und Eisen und etwa 50 % des Magnesiums in nicht ionisierter Form gebunden. Mit zunehmender Abhängedauer lockert sich die Bindung von Calcium, Magnesium und Zink, und zwar beim Magnesium am raschesten, beim Calcium am langsamsten. Wir fanden, daß diese Abnahme der Kationenbindung sich nicht allein mit der postmortalen pH-Senkung durch Milchsäurebildung erklären läßt und vermuten, daß hier gewisse Denaturierungsvorgänge eine Rolle spielen. Es wird sich dabei um ähnliche Vorgänge handeln, wie wir sie bei der Hitzedenaturierung beobachten konnten. Mit steigender Temperatur werden Calcium, Magnesium und Zink in zunehmendem Maße aus dem Proteinverband in ionisierter Form freigesetzt, während auch bei 65° C noch keine Lockerung der Eisen-Bindung zu beobachten ist¹²).

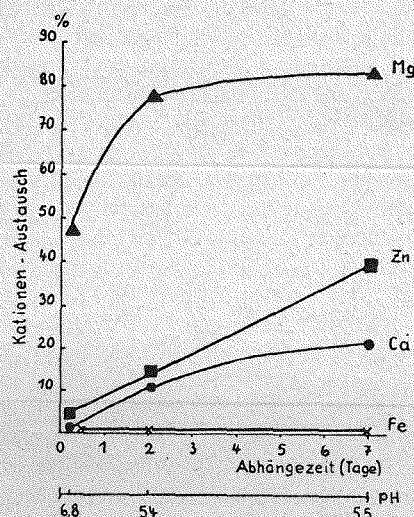


Abb. 5: Postmortale Änderung der Kationenbindung in Rindfleisch. 1 Std. Austauscherbehandlung beim natürlichen Fleisch-pH.

Die Bedeutung des Adenosintriphosphates

Ausgehend von unseren Vorstellungen über die Wirkung anorganischer Polyphosphate auf das im Muskel enthaltene Calcium und Zink haben wir uns eingehender mit dem von Natur aus im Muskel enthaltenen Polyphosphat, dem Adenosintriphosphat (ATP) beschäftigt^{13, 14}). Nach Weber übt ATP auf die strukturellen Proteine des Muskels eine doppelte Wirkung aus: es wirkt kontrahierend, wenn es abgebaut wird und macht die Muskelfaser weich und dehnbar, wenn es nicht gespalten wird. Im Gegensatz zur Kontraktionswirkung ist die Weichmacherwirkung nicht streng spezifisch, sondern wird z. B. auch durch anorganische Polyphosphate hervorgerufen. ATP scheint jedoch der einzige physiologische Weichmacher zu sein.

Es zeigte sich zunächst, daß die von uns zur Messung der Muskelhydratation entwickelte Preßmethode auch die Möglichkeit bietet, beide Wirkungen des ATP auf höchst einfache Weise recht exakt zu bestimmen. Der durch Druck gebildete Muskelfilm besitzt eine um so größere Fläche, je „weicher“ die Faser ist und eine um so geringere Fläche, je starrer sie ist. Kontrahierende Wirkung des ATP führt somit zu einer Verkleinerung, weichmachende Wirkung zu einer Vergrößerung der Fleischfläche. Gleichzeitig läßt sich in der üblichen Weise die Wasserbindung ermitteln.

Nach dem Schlachten nimmt in den ersten 24 Stunden die Wasserbindung des Fleisches bei gleichzeitigem ATP-Abbau und pH-Senkung stark ab. Wir fanden, daß diese Hydratationsabnahme zu etwa $\frac{2}{3}$ auf den ATP-Abbau und zu etwa $\frac{1}{3}$ auf die pH-Senkung (Milchsäure) zurückzuführen ist. Die ATP-ase-Wirkung des Fleisches, deren Träger das Muskelmyosin ist, ist im schlachtwarmen Fleisch wesentlich geringer als in abgehangtem. So wird z. B. zugesetztes ATP innerhalb von 5 Minuten in frischem Fleisch zu 40 %, in abgehangtem zu 100 % abgebaut. Dieser Befund deutet darauf hin, daß der von Marsh und Bendall im Kaninchenmuskel gefundene, den ATP-Abbau hemmende Faktor auch im Rindermuskel vorkommt und auch hier während der Lagerung inaktiviert wird. Da dieser Faktor durch Ca^{++} -Ionen gehemmt wird, vermuten Marsh und Bendall, daß post mortem allmählich geringe Mengen Ca^{++} -Ionen freigesetzt werden, die dann die Aktivität des Faktors herabsetzen und so einen beschleunigten ATP-Abbau ermöglichen. Wie ich schon erwähnte, konnten wir in der Tat mit zunehmender Lagerungsdauer eine ansteigende Calciumionenaktivität im Muskel nachweisen. Auch der Eintritt des Tau-Rigor soll nach der Hypothese von Bendall auf die Hemmung des Faktors durch freiwerdende Ca^{++} -Ionen zurückzuführen sein. Diese Vorstellung erfährt durch unsere jüngsten Versuche eine wesentliche Stütze; wir fanden nämlich, daß durch Gefrieren und Auftauen des frischen Muskels die Calciumionenaktivität im Gewebe merklich erhöht wird¹²).

Wir haben ferner die für Hydratations- und Weichmacherwirkung einerseits, für Kontraktionswirkung andererseits in Gegenwart und Abwesenheit des Marsh-Bendall-Faktors (Myokinase) notwendigen ATP-Konzentrationen ermittelt und gefunden, daß die für Rindermuskel geltenden Bedingungen den bei Kaninchenmuskel und auch bei Actomyosinfäden herrschenden Verhältnissen weitgehend entsprechen. Im

schlächtwarmen Zustand wirkt auf den Muskel ATP bereits in Konzentrationen von $1,5 \cdot 10^{-3}$ m hydratisierend und weichmachend, im abgehängten Fleisch hingegen — infolge des raschen ATP-Abbaus — erst bei ATP-Konzentrationen von $1,2$ — $1,5 \cdot 10^{-2}$ m an (Abb. 6). In letzterem Fall jedoch geht die Weichmacherwirkung sehr rasch wieder in Kontraktionswirkung über (ATP-Abbau), die sich verhindern läßt, wenn man durch Zusatz von Äthylendiamintetraacetat die für die ATP-ase-Wirkung notwendigen Ca^{++} - und Mg^{++} -Ionen des Gewebes komplex bindet. Auch mit ATP-Konzentrationen von $3 \cdot 10^{-2}$ m (und höher) kann eine länger anhaltende Weichmacherwirkung hervorgerufen werden (Abb. 6). Aus allen diesen Versuchen ging hervor, daß Weichmacherwirkung stets einer Hydratationserhöhung, Kontraktion einer Dehydratisierung entsprechen.

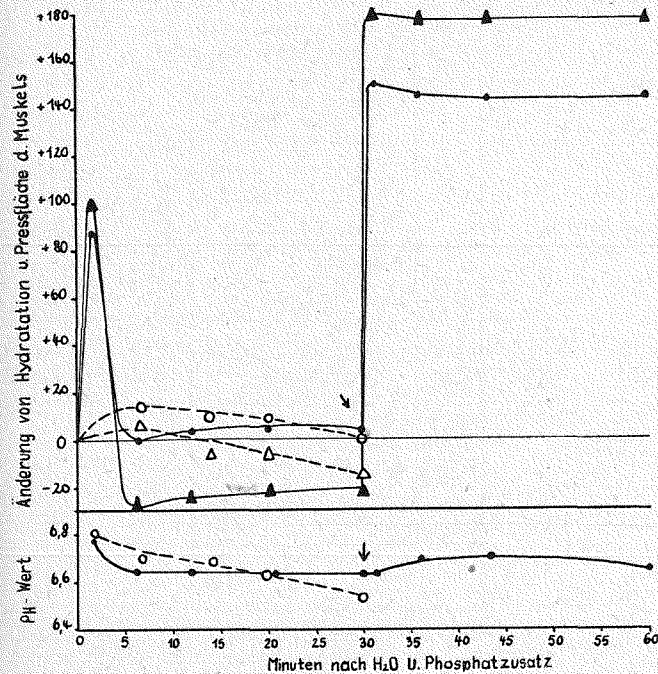


Abb. 6: Einfluß der Einwirkungs-dauer von ATP auf Hydratation und Rigidität 4 Tage gelagerten (+ 2°C) Rindermuskels. ATP-Konzentration = $1,5 \cdot 10^{-2}$ m; beim Pfeil erfolgte ein erneuter ATP-Zusatz in gleicher Höhe. Mit ATP ● Hydratation und pH; ▲ Preßfläche. Ohne ATP: ○ Hydratation und pH; △ Preßfläche, Wasser-zusatz: 60%. pH eingestellt.

Nachdem wir auf diese Weise Aufschluß über die Bedingungen erhalten hatten, unter denen ATP weichmachend, d. h. hydratisierend auf das Fleisch wirkt, versuchten wir eine Erklärung für den Weichmachereffekt zu finden. Es lag die Vermutung nahe, daß die Weichmacherwirkung des ATP wie die der anorganischen Polyphosphate auf der komplexen Bindung des im Muskeleiweiß fest eingebauten Calciums (und Zinks) beruht. Die in dieser Richtung durchgeführten Versuche dehnten wir auch auf andere physiologische Phosphate aus. Wir bestimmten zunächst die z. T. in der Literatur noch nicht vorliegenden Dissoziationskonstanten der entsprechenden Calciumsalze bei pH 6,0 und 7,5 mit einer colorimetrischen Methode und fanden, daß die Dissoziation dieser Salze (bei pH 7,5) in der Reihe $Na_5P_3O_{10} < ATP < ADP < IMP < AMP < Glucose-1-phosphat$ zunimmt (Abb. 7). Vergleicht man nun die Wirkung der entsprechenden Phosphate

auf den Rindermuskel mit den Werten der scheinbaren Dissoziationskonstanten ihrer Ca-Salze, so zeigt sich, daß diese Phosphate um so stärker hydratisierend und weichmachend wirken, je größer ihr Komplexbildungsvermögen ist.

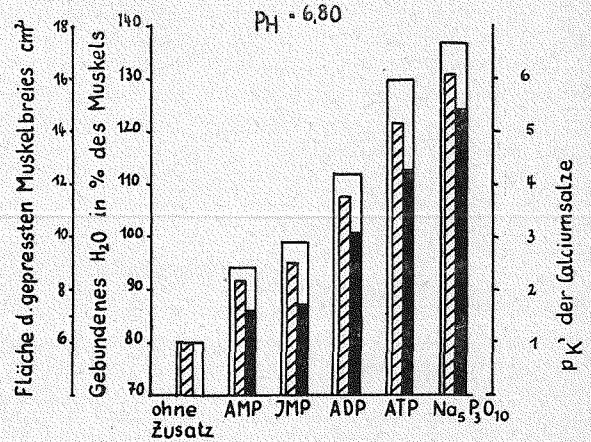


Abb. 7: Vergleich des Calciumbindungsvermögens verschiedener Phosphate mit ihrer Wirkung auf Hydratation und Rigidität 4 Tage gelagerten (+ 2°C) Rindermuskels bei pH 6,8. □ Wasserbindung; ▨ Preßfläche; ■ pK' der Calciumsalze; Wasserzusatz: 60%.

Wir möchten aus diesen Versuchen folgern, daß die Eliminierung des im Muskeleiweiß fest gebundenen Calciums und Zinks durch Komplexbildung eine wesentliche Ursache der Weichmacherwirkung des ATP (und ADP) ist. Gestützt wird diese Vorstellung durch den experimentellen Befund, daß ATP auf Muskel, dessen Kationengehalt durch Austauschbehandlung herabgesetzt ist, weniger stark hydratisierend wirkt als auf normales Fleisch. Die postmortale Hydratationsabnahme des Muskels ließe sich demnach damit erklären, daß das ATP zu dem nur noch schwach calciumbindenden IMP und zu Orthophosphat, das ein geringeres Ca-Bindungsvermögen als ADP besitzt, abgebaut wird.

Die Wirkung des Vorsalzens

Abschließend sei noch ein kleines, aber praktisch recht wichtiges Problem erörtert. Die erwähnte hervorragende Wasserbindung, welche das Fleisch unmittelbar nach dem Schlachten besitzt, macht sich der Fleischer von alters her zu Nutze, indem er für die Brühwurstherstellung schlachtwarmes Fleisch verwendet. Für Betriebe, die mehrmals in der Woche schlachten, ist dies ohne weiteres möglich; Betriebe hingegen, die nur an einem Tag in der Woche schlachten lassen, sind natürlich nicht in der Lage, ihren gesamten Bedarf an Brühwurst am Schlachttag herzustellen. Schon 24 Stunden nach dem Schlachten aber ist infolge des ATP-Abbaues und der Milchsäurebildung das Wasserbindungsvermögen des Fleisches stark abgesunken¹⁵⁾. Die Erfahrung der Praxis bestätigt immer wieder, daß es nur selten möglich ist, aus 1—7 Tage abgehängtem Fleisch eine einwandfreie Brühwurst herzustellen. Hier besteht nun die seit langem bekannte Möglichkeit, die Bindefähigkeit des Fleisches über mehrere Tage aufrechtzuerhalten, indem das Fleisch unmittelbar nach dem Schlachten im Wolf zerkleinert, mit der üblichen Menge Kochsalz versetzt und dann kühl gelagert wird. Die Erfahrung lehrte uns indessen, daß die Möglichkeit des Vorsalzens

schlachtungswarmen Fleisches bei weitem nicht überall genutzt wird und daß über viele, diesen Effekt betreffende Fragen noch Unklarheit herrscht. Wir haben uns daher mit dem Vorsalzen des Fleisches etwas eingehender beschäftigt^{16, 17)}.

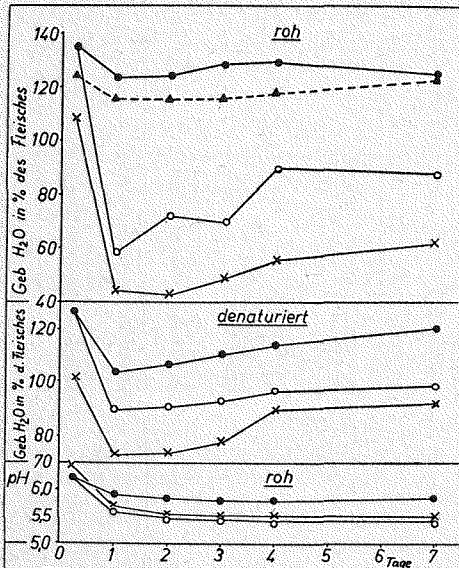


Abb. 8: Einfluß des Vorsalzens auf Wasserbindung und pH-Wert des Fleisches. 2% NaCl—, 60% H₂O-Zusatz. Schlachtungswarm gesalzen, nach der betr. Lagerdauer Fremdwasserzusatz (●—●); schlachtungswarm gesalzen, sofort Fremdwasserzusatz (50%) (▲—▲); nach der betr. Abhängezeit (im Stück) Zerkleinerung, Salzung und Fremdwasserzusatz (○—○); nicht gesalzen (X—X).

Es ergab sich zunächst, daß das Vorsalzen des Fleisches am Schlachttag ein verarbeitungstechnisch einwandfreies Verfahren zur Erzielung und Aufrechterhaltung einer guten Wasserbindung ist (Abb. 8). Die Wirkung des Vorsalzens bleibt über mindestens 7 Tage erhalten, ist in gewissem Maße vom Zerkleinerungsgrad des Fleisches abhängig und kommt der Wirkung von Brätzusatzmitteln gleich, übertrifft sie z. T. sogar. Zur Erzielung dieses Effektes muß das Fleisch bis spätestens 8 Stunden nach dem Schlachten gesalzen werden. Das warm vorgesalzene Fleisch wird auf Grund seiner starken Hydratation beim Kattern wesentlich feiner zerkleinert als kalt gesalzenes und ergibt auch aus diesem Grunde eine qualitativ bessere Brühwurst. Wo es möglich ist, schlachtungswarmes Fleisch vorzusalzen, ist die Verwendung von Brätzusatzmitteln unnötig.

Was ist nun die Ursache für diesen Vorsalz-Effekt? Für die Wirkung des Vorsalzens ist es offenbar entscheidend, daß zum Zeitpunkt der Salzung noch eine genügende ATP-Menge im Muskel vorhanden ist. Die Aufrechterhaltung des hohen Hydratationszustandes beruht aber nicht darauf, daß die Myosin-ATP-ase durch NaCl gehemmt wird, denn nach 24 Stunden ist im vorgesalzene Fleisch das ATP ebenso weitgehend zerstört, wie im ungesalzenen. Eine Beeinflussung der Proteinlöslichkeit kann ebenfalls nicht die Ursache sein, denn wie wir durch Behandlung mit Phosphatpuffern von verschiedenen Ionenstärken und pH-Werten feststellten, besteht in der Proteinlöslichkeit zwischen warm und kalt gesalzenem Fleisch auch nach längerer Lagerungszeit kein wesentlicher Unterschied (Abb. 9). Diese Versuche zeigten auch, daß für die

Herstellung einer guten Brühwurst lediglich der Quellungs- bzw. Hydratations-Zustand des Muskel-eiweißes und nicht die Dissoziation und Löslichkeit des Actomyosins maßgebend ist. So müssen auch die Wirkung des ATP auf die Dissoziation des Actomyosins und damit die Löslichkeit des Muskeleiweißes einerseits und seine Weichmacher- bzw. Hydratations-Wirkung andererseits als zwei getrennte, nicht zwangsläufig gekoppelte Vorgänge betrachtet werden.

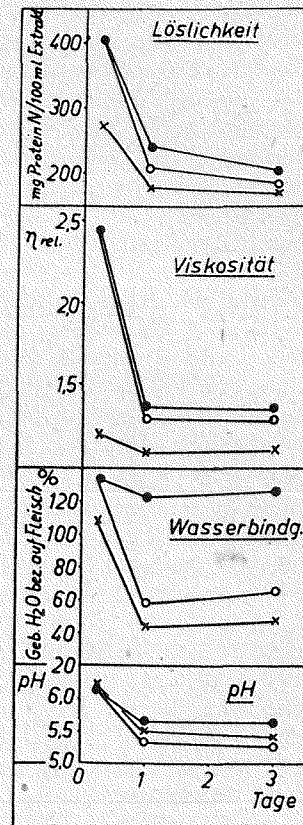


Abb. 9: Einfluß des Vorsalzens auf die Löslichkeit der Muskelproteine. 2% NaCl—, 60% H₂O-Zusatz. Extraktion mit Phosphatpuffer $\mu = 0,40$, pH 5,5 (1:4). Schlachtungswarm gesalzen (●—●); nach der betr. Abhängezeit zerkleinert und gesalzen (○—○); nicht gesalzen (X—X).

Während also ATP-Abbau und Actomyosindissoziation nicht für den Vorsalzeffekt verantwortlich sind, spielt offenbar die Ladung des Proteins die entscheidende Rolle. Dies ergibt sich u. a. aus der pH-Abhängigkeit der Hydratation (Abb. 10). Aus der Tatsache, daß eine Hydratationssteigerung durch Vorsalzen nur auf der basischen Seite des Isoelektrischen Punktes (Hydratationsminimum!) zu beobachten ist, läßt sich folgern, daß das schlachtungswarm gesalzene und dann gelagerte Fleisch mehr dissoziierte saure Gruppen enthält, als das nach entsprechend langer Abhänge-dauer gesalzene Fleisch. Diese Kurven sind denjenigen recht ähnlich, die wir bei Behandeln des Muskels mit Ionenaustauscher erhalten¹¹⁾, wobei die Kurve des kationen-armen Muskelhomogenates derjenigen des warm gesalzenen, die Kurve des Muskels mit normalem Kationengehalt der des kalt gesalzenen Fleisches entspricht (Abb. 11). Dialyse und Ionenbindungsversuche zeigten schließlich, daß die Anzahl der gebundenen Chlorionen im warm gesalzenen Fleisch höher

ist als im kalt gesalzenen. Die Festigkeit der Chlorionenbindung ist in beiden Fällen etwa die gleiche.

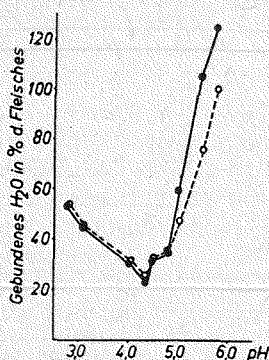


Abb. 10. Einfluß der Salzung auf die pH-Abhängigkeit der Muskelhydratation. 2% NaCl—, 60% H₂O-Zusatz. Schlachtwarm gesalzen, 4 Tage gelagert (●—●); nach 4 Tagen Abhängen zerkleinert und gesalzen (○--○).

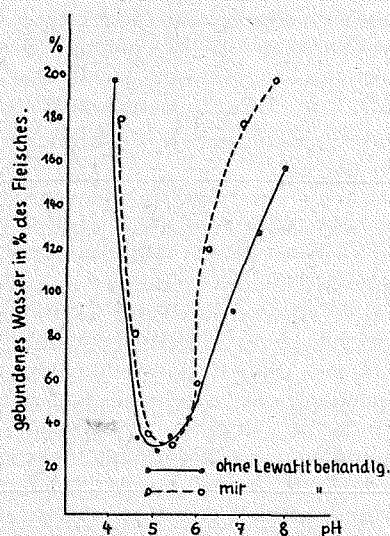


Abb. 11: Einfluß des Kationenaustausches auf die pH-Abhängigkeit der Muskelhydratation. 100% H₂O-Zusatz. pH 7,0; ohne Austauscherbehandlung (●—●); mit Austauscher behandelt (15 std.) (○--○).

Diese und einige andere, hier nicht erörterte Versuche legen uns folgende Vorstellung über die Wirkung des Vorsalzens schlachtwarmen Fleisches nahe: Durch Zusatz von Kochsalz zu Fleisch unmittelbar nach dem Schlachten wird das normale Eintreten des rigor mortis verhindert. Ein Teil des im Muskel enthaltenen Calciums und Zinks ist im Augenblick des Schlachtens an das ATP gebunden. Dieses Calcium (und Zink) wird durch den post mortem einsetzenden ATP-Abbau freigesetzt und vom Muskeleiweiß gebunden, welches hierdurch dehydratisiert wird. Setzt man nun schlachtwarmem Fleisch NaCl zu, so wird die durch die Anwesenheit von ATP gegebene kräftige Hydratation durch Bindung von Chlorionen weiter erhöht. Da infolge der stark aufgelockerten Struktur schlachtwarmen Muskels mehr polare Gruppen zu-

gänglich sind als im ein oder mehrere Tage alten Gewebe, werden mehr Chlorionen gebunden. Diese Chlorionen stabilisieren den Hydratationszustand und die aufgelockerte Struktur. Das durch den nunmehr einsetzenden ATP-Abbau freiwerdende Calcium und Zink vermag die weit auseinanderliegenden hydratisierten Peptidketten aus energetischen Gründen nicht mehr zu vernetzen und wird daher nicht so fest in das Eiweiß eingebaut, wie dies im salzfreien oder im abgehängten und dann gesalzenen Muskel geschieht. Damit wird der für den postmortalen Dehydratations-Effekt entscheidende Vorgang verhindert: Die Hydratation bleibt erhalten. Diese Hypothese bedarf freilich in einigen Punkten noch einer eingehenden experimentellen Überprüfung.

LITERATUR:

- 1) Grau, R., u. R. Hamm: Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Muskel. — Naturwissenschaften 40, 29 (1953).
- 2) Grau, R., u. R. Hamm: Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. 2. Mitt. Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskels. — Zeitschr. Lebensm.-Unters.- u. Forsch. 105, 446 (1957).
- 3) Grau, R., u. R. Hamm: Die Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches mittels der Preßmethode. — Fleischwirtschaft 8, 733 (1956).
- 4) Hamm, R.: Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. 3. Mitt. Die Wirkung von Neutralsalzen. — Zeitschr. Lebensm.-Unters. u. -Forsch. 106, 281 (1957).
- 5) Hamm, R.: Die Wasserbindung des Fleisches und ihre wirtschaftliche Bedeutung. — Diese Zeitschr. 49, 153 (1953).
- 6) Grau, R., R. Hamm u. A. Baumann: Über den Einfluß von Calciumionen auf die Wasserbindung des zerkleinerten Rindermuskels. — Naturwissenschaften 40, 536 (1953).
- 7) Hamm, R.: Die Ursache der Wirkung von Brätzusatzmitteln und Kochsalz auf Fleisch. — Fleischwirtschaft 7, 196 (1955).
- 8) Hamm, R.: Über den Einfluß von Salzen auf die Dissoziation des Calciums. — Zeitschr. Lebensm.-Unters. u. -Forsch. 104, 245 (1956).
- 9) Hamm, R.: Über die Erdalkalien des Muskels. Ihr Einfluß auf die Muskelhydratation und die Bestimmung ihrer Bindungsfestigkeit. — Naturwissenschaften 42, 394 (1955).
- 10) Hamm, R.: Die Bestimmung von Calcium, Magnesium, Zink und Eisen in tierischem Gewebe. — Biochem. Zeitschr. 327, 149 (1955).
- 11) Hamm, R.: Fleischmineralien und Fleischqualität; Calcium, Magnesium und Zink und ihre Bedeutung für die Wasserbindung und Farbe des Fleisches. — Fleischwirtschaft 8, 266, 340 (1956).
- 12) Hamm, R.: Unveröffentlichte Versuche.
- 13) Hamm, R.: Über die Wirkung der Adenosintriphosphorsäure auf Hydratation und Rigidität des postmortalen Rindermuskels. Biochem. Zeitschr. 328, 309 (1956).
- 14) Hamm, R.: Adenosintriphosphorsäure und ihre Bedeutung für die Fleischqualität. — Fleischwirtschaft 9, Nr. 11 (1957).
- 15) Hamm, R.: Die postmortalen Veränderungen des Fleisches. Eine Betrachtung der chemischen Vorgänge. — Fleischwirtschaft 8, 539 (1956).
- 16) Hamm, R.: Über das Salzen von Fleisch. Die Bedeutung des Vorsalzens bei der Brühwurstherstellung. — Fleischwirtschaft 9, 477 (1957).
- 17) Hamm, R.: Zur Biochemie der Fleischsalzung. — Zeitschr. Lebensm.-Unters. und -Forsch. (im Druck).