

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

Zehn Jahre Fleischforschung an der Low Temperature
Research Station, Cambridge

von

E. H. Callow

Low Temperature Research Station
Cambridge - England

Wie alle Gebiete der Lebensmittelwissenschaft muß das Studium des Fleisches ein weitreichendes Gebiet umfassen; es beginnt mit der Weltverteilung der Schlachttiere und den geographischen und wirtschaftlichen Gründen für das Bestehen verschiedener Rassen und Haltungsmethoden, und es zieht die Anatomie und Physiologie der verschiedenen Schlachttiere, die Veränderungen in ihren Geweben während Wachstum und Mast und die feineren Veränderungen infolge von Ermüdung, Hunger und Angst in Betracht. Sobald das Tier geschlachtet ist, sind die unmittelbaren postmortalen Veränderungen in den verschiedenen Geweben und ihr Befall mit Mikroorganismen zu beachten. Das „Fleisch“ des Tieres ist nun „Nahrungsmittel“ geworden, dessen Beschaffenheit verfolgt werden muß, wenn es gefroren oder gekühlt gelagert wird, und während es gekocht, getrocknet oder mit Salz oder Rauch behandelt wird. Seine Schmackhaftigkeit und sein Nährwert können praktisch in jeder Phase durch die verschiedenen Faktoren und Hilfsmittel, auf die hingewiesen worden ist, beeinflußt werden; daher ist ein wissenschaftliches Studium des Fleisches eine Forschung am Gesamtkomplex. Es ist auch ein Studium, bei dem der Wissenschaftler viel vom Praktiker lernen kann, ebenso wie der Praktiker vom Wissenschaftler.

Im Idealfall wäre für das wissenschaftliche Studium des Fleisches eine Zusammenarbeit von Forschern notwendig, die in der Lage sind, die Methoden der Biochemie, Mikrobiologie, Physiologie, Physik, der Technik und der statistischen Auswertung zu benutzen. In diesem Sinne ist die Fleischforschung noch unvollständig. Trotzdem

kann es interessant sein, die Arbeit der Meat Division und die ihrer Kollegen in der Low Temperature Research Station zu überblicken, um zu sehen, wie dieses weite Forschungsgebiet in Angriff genommen worden ist. Zu diesem Zweck wurde das Schlacht tier durch alle postmortalen Veränderungen verfolgt, bis es verarbeitet und schließlich aufgegessen ist.

Das lebende Tier

Mitglieder der Meat Division haben Rinder- und Schafstationen in Australien (1) und Neuseeland besucht und die Tierkörperminderung von Rindern und Schafen untersucht, die auf lange Lastwagenfahrten und auf Aufstallung an den Schlachthöfen im Vereinigten Königreich zurückzuführen ist (2, 3). Wenn Schafe 2 bis 4 Tage aufgestallt wurden, zeigten die Gewebe ihres Körpers erhebliche Minderung (von 3 bis 5 %). Die Länge der Reise (bis zu 100 Meilen per Lastwagen) hatte keinen Einfluß; ebensowenig bei Rindern, die auch während einer Aufstallung (von 2 bis 5 Tagen) kein Anzeichen von Tierkörperminderung erkennen ließen. Bei Schweinen kann während 24stündigen Fastens ein Gewichtsverlust von 3 lbs (bei einem Schwein mit 200 lbs Lebendgewicht) erwartet werden. Außerdem tritt ein zusätzlicher Verlust von 4 lbs des Schlachtgewichtes auf, wenn dem Schwein Wasser gegeben worden war (4).

Die Mathematik der Schlachttierkörper

Die Untersuchung über die Zusammensetzung des Fleisches und der Tierkörper hat nun ein Stadium erreicht, in dem es möglich ist, die Resultate in einer sehr vereinfachten mathematischen Formel darzustellen. Wenn das knochenlose Fleisch (BM) (Fett- und Muskelgewebe zusammengenommen) von einem Tierkörper genommen wird, hat man gefunden, daß sein Wassergehalt, auf fettfreie Basis berechnet, 77 % beträgt. Dies ermöglicht uns die folgenden Relationen zwischen dem Prozentgehalt an Wasser (W/BM), Eiweiß (P/BM) und Fett (F/BM) zu berechnen (5).

$$W/BM = 77,0 - 0,770 F/BM$$

$$P/BM = 20,7 - 0,207 F/BM$$

- 3 -

Diese Gleichungen gelten ebenso für Schwein, Hammel, Lamm und Rind, vorausgesetzt, daß die Tierkörper mehr als 18 % Fettgewebe enthalten. Bei derartigen Tierkörpern werden die Relationen zwischen den Prozentgehalten an Fettgewebe (FT/C) und die Prozentgehalte an Muskelgewebe (MT/C), Knochen (B/C) und Fett (F/C) und Protein (P/C) im knochenlosen Fleisch durch die folgenden Gleichungen angegeben (6):

$$MT/C = 76,1 - 0,684 FT/C \pm 1,0 \quad (r = -0,9782)$$

$$B/C = 20,3 - 0,264 FT/C \pm 0,8 \quad (r = -0,9075)$$

$$F/C = 1,071 FT/C - 4,4 \pm 0,9 \quad (r = -0,9925)$$

$$P/C = 16,65 - 0,156 FT/C \pm 0,23 \quad (r = -0,9797)$$

Kurz gesagt, wird die Zusammensetzung des Schlachttierkörpers sehr weitgehend durch seinen Fettgehalt bestimmt, der durch den Prozentsatz an im Tierkörper enthaltenen Fettgewebe definiert wird.

Eine weitere Entwicklung dieser Art mathematischer Auswertung hat es möglich gemacht aufzuzeigen, daß sekundäre Differenzen (implycite in den Standardfehlern der Vorhersage der oben angegebenen Gleichungen) von Differenzen in der Mästungsgeschwindigkeit der Tiere abhängen (7, 8), und ferner den Einfluß dieses Faktors zu bestimmen. Auf diese Weise kann man feststellen, welcher Prozentsatz der Gewichtszunahme eines Tierkörpers während der Mast auf Protein entfällt. Bei jungen Tieren können es bis zu 11 % sein, verglichen mit 5 % bei älteren Tieren (8).

Unter anderen Faktoren, die durch die Gesamt-Fettmenge eines Tierkörpers, gemessen durch FT/C beeinflusst werden, befindet sich der Prozentsatz an Gesamtfett (F_{MT}/F_C), das in den Muskelgeweben gefunden wird. Für Rinder sind zwei Gleichungen errechnet worden - eine für Tierkörper, die weniger als 18 % Fettgewebe enthalten, wo

$$F_{MT}/F_C = 44,7 - 1,58 FT/C \pm 4,2 \quad (r = -0,7586) \text{ ist,}$$

und die zweite für Tierkörper mit mehr als 18 % Fettgewebe:

$$F_{MT}/F_C = 20,2 - 0,256 FT/C \pm 1,8 \quad (r = -0,6720).$$

Es war interessant, festzustellen, daß Aberdeen Angus-Tierkörper (eine Fleischrasse) in ihren Muskeln mehr Fett hatten, und ein

Jersey-Tierkörper (eine Milchrasse) weniger als nach der zweiten Gleichung vorhergesagt werden würde (9).

Es hat sich auch als möglich herausgestellt, mathematische Beziehungen zwischen der Jodzahl (I.N.) des aus dem Fett- und dem Muskelgewebe von Rinder- und Hammelkeulen extrahierten Fettes abzuleiten (10). Für Fettgewebe, die einen bestimmten Prozentsatz Fett (F/FT) enthalten, haben die Gleichungen die Formel:

$$I.N. = A + A_J + A_c - bF/FT.$$

Bei Muskelgewebe lautet die Formel:

$$I.N. = C + C_J + C_c + \frac{b'}{F/MT}$$

wobei A und C allgemeine Konstanten, A_J und C_J von den Fleischstücken abhängige Konstanten sind, A_c und C_c von dem Tierkörper abhängige Konstanten und b und b' allgemeine Konstanten sind.

Die Ergebnisse für Rinder zeigen, daß $A_J = 1.064 C_J$ und $A_c = 1,067 C_c$ sind.

Darüber hinaus hängen die Werte für A_J und C_J weitgehend von dem durchschnittlichen Prozentsatz des im Fettgewebe (F/FT_J) oder im Muskelgewebe (F/MT_J) eines Fleischstückes gefundenen Fettes ab, wie die folgenden Gleichungen zeigen:

$$A_J = 17,0 - 0,236 F/FT_J \pm 3,0 \quad (r = -0,800)$$

$$C_J = 25,7Z - 6,6 \pm 1,5 \quad (r = +0,919) \quad \text{wobei } Z = \frac{1}{F/MT_J} \text{ ist.}$$

Ferner scheinen die allgemeinen Konstanten für Rinder und Schafe die gleichen zu sein (9).

	Rinder	Schafe
A	55,6	54,3
C	54,8	54,1
b	-0,060	-0,059
b'	11,0	13,0

Dies läßt daran denken, daß dasselbe Grundschema für Rinder und Schafe gilt. Darüber hinaus zeigen die Daten, daß systematische Unterschiede in der Qualität des Fettes von Fleischteil zu Fleischteil bestehen.

Das Wesen der Fleischmathematik liegt in der Kombination grundlegender biologischer Wachstumsbegriffe mit der Statistik. Es ist möglich geworden, die Ergebnisse für die Berechnung des Nährwertes bei umfangreicher Fleischversorgung zu benutzen, eine Frage von großer Bedeutung, wenn Fleisch rationiert wird. Ferner kann die Handelsklasseneinteilung des Fleisches dadurch wissenschaftlicher gestaltet werden, daß die Handelsklassen zu der anatomischen und chemischen Zusammensetzung der Tierkörper in Beziehung gesetzt werden. Die Resultate sind auch benutzt worden, um die Wärme, die beim Gefrieren entfernt werden muß, in Beziehung zum Fettgehalt des Körpers zu berechnen (11) und nachzuweisen, daß der prozentuale Wasserverlust durch-Verdampfung (L/C) eines Tierkörpers während des Kühlens in Beziehung steht zu seinem Prozentgehalt an Wasser (oder umgekehrt zu seinem Fettgehalt).

Also $L/C = 0,0984 W/C - 2,92 \pm 0,35$ ($r = +0,7085$)

Dies weist darauf hin, daß fette Tierkörper 1 % ihres Gewichtes verlieren, während magere unter den gleichen Bedingungen 2 % verlieren (12).

Die Mathematik der Schlachtierkörper kann angewandt werden, um den Einfluß der Mästungsgeschwindigkeit und des Maststadiums von tatsächlichen genetischen Einflüssen abzutrennen. In den letzten sieben Jahren lief ein umfassender Versuch, um die Einwirkung von 4 Ernährungsplänen auf Stiere von drei Rinderrassen (und zwar Hereford-Fleisch, Shorthorn-Zweizweck, und Schwarzbunte-Milch) zu studieren. Die Resultate warten nun auf ihre statistische Auswertung.

Chemische Zusammensetzung der Gewebe usw.

Bindegewebe. In bezug auf die Zähigkeit des Fleisches ist das Bindegewebe sehr wichtig. Es ist nun nachgewiesen worden, daß in einem einzelnen Muskel (M. rectus femoris) der Anteil am Bindegewebe abnimmt, wenn das Tier Fett ansetzt, und daß der Wassergehalt (auf fettfreier Basis) (13) des Muskels ebenso abnimmt. Augenscheinlich enthält Muskelfasergewebe weniger Wasser als Bindegewebe.

Ein Studium der Bestandteile des Bindegewebes ergab die Anwesenheit einer Reihe von Komponenten, von Kollagen bis zu Reticulin,

die verschiedene Gehalte an Schwefel besitzen und gleichzeitig sich unter der Einwirkung des Enzyms Kollagenase und bei Behandlung mit feuchter Wärme und mit Silbersalzen verschieden verhalten (14).

Mit chromatographischen Methoden wurden die Kohlenhydrate untersucht, die in den Mucoproteinen vorhanden sind, die wiederum im Zusammenhang mit der Mikrostruktur des Muskel- und Fettgewebes wichtig sind (15).

Elastin ist der am wenigsten lösliche Bestandteil des Bindegewebes, aber bei Hydrolyse mit verdünnter Essigsäure oder Oxalsäure ergibt es eine Mischung von zwei löslichen Proteinen (16). Sie besitzen eine identische Aminosäure-Zusammensetzung, unterscheiden sich aber im Molekulargewicht und in physikalischen Eigenschaften (17). Auch der Zustand der Bindung des Chondroitinsulfats im Knorpel ist untersucht worden (18).

Die Beschaffenheit des Schweinefettes usw.

Es hat sich gezeigt, daß die Beschaffenheit des Öls im Schweinefutter die Beschaffenheit des vom Schwein angesetzten Fettes beeinflussen kann. Der bedeutsamste Versuch war derjenige, bei dem die Schweine mit 50 % Walöl in ihrem Futter gefüttert wurden. Es wurde festgestellt, daß im Nierenfett (dem Depot, das am schnellsten angelegt wird) nur 38 % des Fettes aus dem Walöl stammten, während die äußere Schicht des Rückenfettes (des Depots, das am wenigsten schnell angesetzt wird), zu 64 % aus dem Walöl stammte (19). Das Fett solcher Schweine enthielt Peroxyde, sogar schon im lebenden Zustand (20).

Die Verfütterung von Hirse an Schweine ergab, daß es ein ebenso weiches Fett erzeugte (d.h. Fett mit einer hohen Jodzahl) wie Maisfütterung (21).

Es wird allmählich üblich, dem Schweinefutter Antibiotica zuzusetzen. Es wurde kein eindeutiger Einfluß auf die Tierkörperzusammensetzung bei Schweinen beobachtet, die mit solchem Futter ernährt worden waren (22).

Farben. Die Fleischfarbe hängt weitgehend von seinem Gehalt an Myoglobin und Hämoglobin ab und ihren Veränderungen durch Oxydation. Daten über die Oxydation von Hämoglobin zu Methämoglobin

durch Sauerstoff sind für die Betrachtung der zu Grunde liegenden Theorie herangezogen worden (23).

Die Schwankungen in dem Anteil an Myoglobin und an Cytochrom sowohl von Muskel zu Muskel, als auch von Tier zu Tier sind zusammengestellt worden (24). Es hat sich gezeigt, daß Training den Myoglobingehalt des Muskelgewebes erhöht (25), und dies ist wahrscheinlich einer der Gründe, warum der Myoglobingehalt der Muskeln mit dem Alter zunimmt.

Man hat festgestellt, daß die Wirksamkeit von Cytochrom-Oxydase in Enzympräparaten von verschiedenen Muskeln vom Pferd oder von anderen Tieren höher ist, wenn der Myoglobingehalt des Muskels höher ist (26). Herzmuskel macht von dieser Verallgemeinerung eine Ausnahme, die Wirksamkeit der Cytochromoxydase ist hoch, während der Myoglobingehalt niedrig ist. Hier steht jedoch eine dauernde und schnelle Sauerstoffzufuhr aus dem Oxyhämoglobin des Blutes zur Verfügung.

Es wurden die biochemischen Unterschiede zwischen roten und weißen Muskeln untersucht (27) und die Funktion von Myoglobin und Cytochrom in Beziehung zu den energiereichen Phosphatverbindungen in Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat erläutert (28).

Postmortale Veränderungen im Muskelgewebe und Rigor mortis.

Muskelgewebe hat nicht nur an und für sich eine außerordentlich komplexe Struktur, die je nach der Funktion des Muskels schwankt, sondern die Veränderungen, denen es post mortem unterworfen ist, sind sogar noch komplizierter. Ferner hat es sich mit unseren zunehmenden Erkenntnissen erwiesen, daß die ursprünglich angenommenen einfacheren Auffassungen viel zu einfach sind.

Als man gefunden hatte, daß sich die Glykogenreserven des Muskelgewebes post mortem in Milchsäure umwandeln und so das pH senken, bis es einen Grenzwert erreichte und daß Ermüdung im lebenden Tier eine Minderung der Glykogenreserve und eine Erhöhung des Grenz-pH-Wertes bewirkte, stand ein neues Hilfsmittel für das Studium der Ermüdung zur Verfügung. Als erstes wurde festgestellt, daß verschiedene Muskeln sich verschieden verhielten, daß es viel leichter ist, den M. psoas als den M. longissimus

dorsi zu ermüden. Es wurde jedoch angenommen, daß ein hoher End-pH-Wert nur eintrat, wenn die Glykogenreserve bis zu einem Grad, angezeigt durch das End-pH, erschöpft worden war, bei dem also kein Glykogen mehr vorhanden war. Diese Annahme erwies sich als unrichtig. So wurden an Muskeln von 6 Pferden die folgenden Resultate erhalten (29).

Muskel	End-pH	Glykogen-Rest mg/100g Muskel
Longissimus dorsi	5,56 ± 0,03	1411 ± 228
Psoas	5,85 ± 0,06	0,606 ± 143
Zwerchfell	5,91 ± 0,04	1109 ± 116

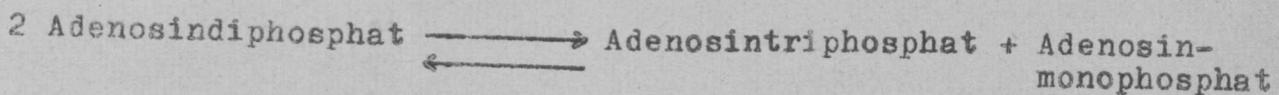
Augenscheinlich bestehen systematische Unterschiede im pH-Wert, bei dem die postmortale Glykolyse in den verschiedenen Muskeln aufhört.

Ein anderer Weg für den Glykogenabbau verläuft über Dextrine und Maltose zu Glukose (30), und dies ist an Muskeln von sehr verschiedenen Tieren untersucht worden.

Merkwürdig genug führte eine Untersuchung über das Verhalten von Muskelgewebe des Wals zu einer kritischeren Einstellung gegenüber dem Studium des Rigor mortis, denn man hatte beobachtet, daß es im Walmuskel viele Stunden dauern konnte, ehe sich ein Rigor entwickelte (31). Untersuchungen der Zeit, die bis zur Entwicklung des Rigor verstreicht, haben gezeigt, daß bei Rindern und Pferden der Psoas-Muskel schneller den Rigor ausbildet als der M. longissimus dorsi. So betrug die Zeit für Muskeln von 10 Rindern in Stickstoff bei 37° C bis zum Rigor für M. psoas 143 ± 33 Minuten und für longissimus dorsi 248 ± 31 Minuten (33).

Rigor mortis beginnt, wenn der Muskel seine Ausdehnungsfähigkeit verliert und sich verkürzt. In diesem Zusammenhang hat es sich gezeigt, daß die Ursache des Rigor das Verschwinden energiereicher Phosphate in der Form von Adenosintri-phosphat ist (34). Außerdem besteht eine Verminderung des Kreatinphosphats und des pH (d.h. Milchsäurebildung). Diese komplizierten Veränderungen umfassen auch die Bildung von Adosindi- und -monophosphaten und Inosindiphosphat und Ammoniak (35).

Während und nach dem Rigor mortis wird die Mikrostruktur des Muskelgewebes tiefgehend verändert. Einer der für diese Veränderungen verantwortlichen Faktoren ist der Marsh-Faktor (36). Er ist ein Protein, das für die Relaxation der Muskelfaser verantwortlich ist, wenn sowohl Adenosintriphosphat und Magnesiumionen anwesend sind (37) (Calciumionen hemmen diesen Effekt). Man hat festgestellt, daß der Marsh-Faktor mit Myokinase identisch ist (38), dem Enzym, das die folgende Reaktion bewirkt.



Hier ist einmal ein Fall, wo die Kompliziertheit des Muskelgewebes vereinfacht worden ist. Wenn weitere Untersuchungen ausgeführt werden, wird man wahrscheinlich andere Komponenten des Muskelgewebes finden, die mehr als eine Funktion ausüben.

Es ist bekannt, daß Phosphate einen bedeutsamen Effekt auf die Mikrostruktur des Muskelgewebes ausüben, deshalb wurde der Effekt von Pyrophosphat auf die Verkürzung von Muskelfasermodellen in Gegenwart von Adenosintriphosphat untersucht. Es zeigte sich, daß Magnesiumionen die Fasern veranlassen, sich zu verlängern und daß Calciumionen ihre Verkürzung verursachen (39). Ferner wurde die Wirkung von Pyro- und Polyphosphat, zusammen mit Salz, auf die Erhöhung des Safthaltungsvermögens von zerkleinertem Muskelgewebe in frischem und gekochtem Zustand untersucht (40). Diese Arbeit ist wichtig mit Bezug auf die Verwendung von Phosphaten in fleischverarbeitenden Industrien.

Viele Jahre lang ist die Bedeutung des pH Wertes im Fleisch betont worden. Es beeinflußt die Mikrostruktur des Fleisches und seine Resistenz gegenüber bakteriellem Verderb. Man hat nun festgestellt, daß das Redoxpotential Eh ebenso wichtig ist; und Untersuchungen über die Veränderung des Eh post mortem, besonders in Beziehung zum Anaerobenwachstum der Bakterien sind begonnen worden (41). In dem Maße wie die Bestimmung des Eh genauer und schneller wird, wird es der Gegenstand von ebenso ausgedehnter Forschungsarbeit werden, wie es heute das pH ist.

Im Pferdemuskel fällt das Eh nach dem Tod schnell von ungefähr +250 mV auf -130 mV, während bei Einsetzen des Rigors es noch -50 mV beträgt (41).

Mikrobiologie des Fleisches.

Obgleich Mikrobiologie heute ein Forschungsgebiet für sich selbst ist, wurde sein Bereich wesentlich durch das Aufblühen anderer Wissenschaften und durch Spezial-Forschungen, wie die Mikrobiologie des Fleisches, beeinflusst. Die Wechselwirkungen sind der Kernpunkt jeder biologischen Wissenschaft. Deshalb sollte zuerst die Forschung über die Anfangsgründe des Wachstums und der Physiologie von Mikroorganismen betrachtet werden, und zwar im besonderen ein neuerer Überblick über dieses Gebiet (42).

Im Fleisch sind die beiden wichtigsten Wachstumsfaktoren von Mikroorganismen pH und Eh. Für anaerobe Bakterien, die in trocken gesalzene Schinken gefunden werden, ist das pH von ausschlaggebender Wichtigkeit und eine Senkung des pH um 0,2 kann für die Verhinderung ihres Wachstums kritisch sein (43). Wie schon erwähnt, hat man nun festgestellt, daß das Eh für das Wachstum aller Mikroorganismen und besonders der Anaeroben ebenso wichtig ist wie das pH. So können Clostridien, aus Pferdemuskel isoliert, bei Eh -40 mV schnell wachsen, aber bei einem höheren Eh verlängert sich die Hemmphase, bis bei einem Eh von +230 mV keine Vermehrung mehr auftritt und der Mikroorganismus allmählich ausstirbt. Es ist signifikant, daß das Eh des Muskels kurz nach dem Tode hoch sein und zwar bei Eh + 250 mV liegen kann.

Es ist interessant festzustellen, daß all diese Forschungsarbeit über das Eh zu dem Zweck begonnen wurden, die Ursache dafür zu finden, daß die im Walfleisch gefundenen Clostridien sich solange nicht vermehrten und Fäulnis verursachten, bis Rigor mortis aufgetreten war, obgleich das pH zu der Zeit höher lag als in einem späteren postmortalen Stadium (45).

Es ist bekannt, daß Knochenfleckigkeit von anaeroben Bakterien verursacht wird, die man sowohl im tiefgelagerten Muskel als auch im Knochenmark findet. Die in verfärbten, trocken gepökelten Schinken gefundenen Bakterien wurden isoliert und untersucht (46).

Das Auftreten von Knochenfleckigkeit scheint sporadisch zu sein, und seine Ursachen wurden in einem Überblick über dieses Thema behandelt (47).

Fleischhalbkonserven verursachen erheblichen Verdruß, weil man erwartet, daß sie haltbarer sind, als durch ihre Natur garantiert ist. Verschiedene Anschauungen dieses Problems sind in den Vorträgen auf dem ersten Internationalen Symposium über Nahrungsmittelbakteriologie 1955 in Lille erörtert worden (48, 49, 50, 51). Eins dieser Probleme ist die Herkunft der gefundenen Bakterien, und in diesem Zusammenhang ist eine Methode ausgearbeitet worden, um zwischen Fäkalstreptokokken menschlicher und tierischer Herkunft zu unterscheiden (52). Auch die Bakteriologie von Dosen-schinken - eine übliche Form von Fleischhalbkonserven in Großbritannien - ist untersucht worden (53).

Langjährige Forschung über die Bakteriologie des Walfleisches ist in einem besonderen Bericht zusammengefaßt worden (54).

Verarbeitung und Lagerung des Fleisches.

Kochen. Trotz seiner Bedeutung wurde und wird noch dem Kochen wenig wissenschaftliche Aufmerksamkeit gewidmet. Jedoch wurde die Wirkung des Kochens auf die Kreatin-, Kreatinin-, Phosphor-, Stickstoff- und pH-Werte von magerem Rindfleisch untersucht (55). Es wurde festgestellt, daß das pH um 0,2 bis 0,3 Einheiten erhöht wurde, eine Wirkung, die weiter durch die Prüfung der Pufferkapazität von aus zerkleinertem Fleisch gepreßtem Saft untersucht wurde, und zwar vor und nach dem Kochen (56).

Trocknung. Forschungsarbeit über die Trocknung von Fleisch wurde hauptsächlich vor den letzten 10 Jahren, über die hier berichtet wird, ausgeführt, aber ein spezieller Bericht, der all diese Arbeiten umfaßt, erschien erst 1953 (57). Ein hervorragendes Problem blieb ungelöst; und zwar die Ursache und die Verhinderung der braunen Verfärbung und des bitteren Geschmackes, die sich mit der Zeit besonders bei tropischen Temperaturen entwickeln. Als Ursache hat sich dafür eine typische Maillardreaktion gezeigt (d.h. eine Wechselwirkung zwischen Proteinen oder Aminosäuren mit reduzierenden Zuckern), soweit es sich um die Braunverfärbung handelt, aber

der bittere Geschmack wurde nur durch die Wechselwirkung von freien Aminosäuren im Fleisch und den reduzierenden Zuckern verursacht (58). Es erwies sich, daß die Entfernung des Zuckers (durch Hefe oder Notatin) diese Veränderungen verhinderte, und ein Patent wurde dafür angemeldet (59). Die Verwendung von Schwefeldioxyd verhinderte auch die Bräunung, hinterließ aber leider einen unangenehmen Geschmack, nachdem das getrocknete Fleisch wieder gequollen und gekocht worden war.

Zur Zeit läuft noch eine Untersuchung über die Herkunft des freien Zuckers und der Zuckerphosphate im Fleisch. Man hat nun festgestellt, daß das Glykogen des Muskelgewebes sich post mortem in Dextrine, Maltose und Glukose umwandeln kann. In Schweinefleisch wird gewöhnlich mehr Glukose gefunden als in Rindfleisch. Methoden, die Bildung von Glukose zu verhindern, werden noch gesucht (60).

Pökeln. Die Pökellung von Schweinefleisch mit Salz und Salpeter, und daher auch mit Nitrit, ist in Großbritannien traditionell; und Wiltshire Bacon (ganze Seiten, die durch Injektion von Lake und dann Einlegen der Seiten in Pökeltanks gepökelt werden) ist nirgendswoanders bekannt, außer wenn der Bacon für den britischen Markt gepökelt wird. Viele Jahre hindurch ist diese Pökelmethode untersucht worden, und es ist nun eine Zusammenfassung über die Technologie der Baconpökellung erschienen (61). Ein Bericht über die Wirkung von Salzen und anderen Substanzen, die bei der Pökellung von Bacon und Schinken verwendet werden, ist auch veröffentlicht worden (62).

Tankpökellake wird immer wieder gebraucht und die auf den Baconseiten eingebrachten Bakterien verwandeln einen Teil des Salpeters (KNO_3) in der Lake zu Nitrit (KNO_2). In einer normalen Lake hängt dieser Prozeß von der Salzkonzentration in der Lake ab. Wird die Salzkonzentration erhöht, so vermindert sich die Geschwindigkeit der Nitritbildung, sie erhöht sich bei Verringerung der Salzkonzentration. Woche auf Woche verbrauchen die Schweineseiten Nitrit, und der Nitritgehalt in der Lake hängt infolgedessen von diesen beiden Prozessen ab: der Geschwindigkeit mit der es gebildet und mit der es verbraucht wird (63).

Die Geschwindigkeit, mit der Bakterien wachsen, wird vermindert durch Erhöhung des Säuregrades (Absinken des pH) ihrer Umgebung. Man hielt es deshalb der Mühe wert, die Möglichkeit zu erforschen, Bacon mit sauren Laken (64) bei einem pH von 4,5 zu pökeln. Zweierlei stand dem entgegen. Wurden schwache Säuren, wie Essig- oder Milchsäure gebraucht, so nahm die als Zusatz zu der Lake notwendige Menge infolge des Pufferungsvermögens der aus dem Fleisch in die Lake übergehenden Substanzen mit der Zeit schnell zu. Wurde eine starke Säure, wie Salzsäure, hinzugefügt, so trat ein unerwünschter Geschmack (metallisch, nach Pappe, karbolartig usw.) im Fleisch auf. Außerdem hatte das Fleisch eine schlechte Farbe. Ferner verschwand das Nitrit schneller aus der Lake.

Der Geschmack des mageren Bacon ist weniger salzig, als man auf Grund seines Salz- und Wassergehaltes erwarten sollte. In einer Untersuchung der Baconsalzigkeit wurde dies bezeichnet als "availability index", d.h. als das Verhältnis des Salzes in einer der Salzigkeit des Bacon entsprechenden äquivalenten Lösung zu der tatsächlich vorhandenen Salz-Wasser-Konzentration. Das Verhältnis war fast durchweg geringer als 1, aber es war sehr schwankend (65). Die "Schmeckbarkeit" des Salzes nahm zu mit der Saftigkeit und damit auch mit zunehmender Acidität. Bacon mit dem pH 6,2 könnte also doppelt soviel Salz enthalten als Bacon von pH 5,3 ohne daß er salziger schmeckt. Man nahm an, daß die "Schmeckbarkeit" von der Geschwindigkeit abhängt, mit der das Salz im Mund während des Kauens freigesetzt wird. Dies veranschaulicht wieder die Bedeutung der Mikrostruktur in Fleisch und Fleischwaren.

Kühlen, Frieren und Auftauen. Fleisch ist gekühlt, wenn seine Temperatur bei oder über seinem Gefrierpunkt gehalten wird, und kann in diesem Zustand durch Schimmel, Hefen und Bakterien verderben werden. Um das Wachstum derartiger Mikroorganismen zu verlangsamen und damit die Haltbarkeit des Fleisches zu verlängern, hat man eine Atmosphäre mit 10 % Kohlendioxyd verwendet. Eine Zusammenfassung über dieses Arbeitsgebiet ist veröffentlicht worden (66).

Es ist möglich, gekühltes Fleisch, wenn notwendig, ungefähr 6 Wochen aufzubewahren, aber dann haben sekundäre Veränderungen im Fett und die Bildung von Metmyoglobin an der Oberfläche des Magerfleisches den Verlust seines frischen Aussehens verursacht. Für längere Aufbewahrung muß Fleisch gefroren werden. Während dies ein befriedigendes Verfahren für Schwein, Lamm und Hammel darstellt, ist es für größere Tiere, wie Rinder und Wale, nicht so befriedigend. Hier liegt das schwerwiegendere Problem bei dem "drip" der Muskelflüssigkeit, die beim Auftauen vom mageren Fleisch abfließt. Es bestehen auch noch andere Probleme, und sie werden in Abhandlungen über Gefrierfleisch erörtert (67, 68).

Eine neuere Arbeit, die in Australien gemeinsam von Mitgliedern der Meat Division und ihren Kollegen von der C.S.I.R.O. Australien ausgeführt wurde, ergab, daß Stücke von gefrorenem Muskel derselben Form und Größe von denselben Muskeln von Rind, Schaf und Schwein beim Auftauen unter vergleichbaren Bedingungen den gleichen "drip-Verlust" erleiden (69). Dies ist wahrscheinlich die bedeutsamste praktische Erkenntnis bei dieser Gemeinschaftsarbeit in Australien. Sie erklärt vieles, das bisher allen Forschern auf diesem Gebiet Kopfzerbrechen machte.

Ältere Arbeiten über das Gefrieren von Fleisch zeigten, daß der Tropfverlust nach dem Einfrieren umso geringer ist, je höher das pH des Fleisches liegt und man schrieb dies der "geschlosseneren" Mikrostruktur eines solchen Fleisches zu (67). Da es bekannt ist, daß Magerfleisch post mortem mit einem hohen pH beginnt, dachte man daran, daß Gefrieren unmittelbar nach der Schlachtung beim Auftauen einen geringeren Tropfverlust ergeben würde. Diese Annahme erwies sich als falsch, weil Gewebe, das vor dem Rigor eingefroren wird, nach dem Auftauen umso heftiger in Rigor übergeht (Tau-Rigor) und mehr Tropfverlust ergibt.

Merkwürdigerweise ist es ganz leicht, Walfleisch vor Einsetzen des Rigor einzufrieren, und es kann dann 45 % seines Gewichtes als "drip" verlieren (70); aber dieser Verlust kann auf 20 % reduziert werden, wenn das Fleisch ungefähr einen Tag lang bei -3°C (27°F) aufbewahrt wird, ehe man es bei gewöhnlichen Temperaturen auftaut (71). Zur Zeit wird noch eine grundlegende

Untersuchung über den Tau-Rigor ausgeführt, und man hat schon festgestellt, daß nicht nur die Schnelligkeit seines Auftretens größer als normal ist, sondern daß die Art der chemischen Veränderung verschieden ist (72). Überlegungen, wie die Mikrostruktur des Muskelgewebes sich post mortem verändert, wie der Marsh-Faktor dies beeinflussen und wie Gefrieren vor und nach dem Rigor auf die Art der Eisbildung während des Gefrierens einwirken kann, wurden bei dem 8. Internationalen Kongress über Kälteanwendung in London 1951 erörtert (73).

Tropfverlust bei Rindfleisch ist viel geringer als bei Walfleisch, dagegen größer als bei Hammel, Lamm und Schwein. Bei großen Fleischstücken beträgt er durchschnittlich 0,75 bis 2 % des Tierkörpergewichtes, wobei fettere Tierkörper weniger verlieren; ein einzelnes Stück kann sogar 7 % verlieren (74). Bei kleineren Stücken im Einzelhandel schwankt der Gesamtverlust des Tierkörpers von 1,5 bis 2,5 %, aber ein Einzelstück kann 9 % verlieren (75).

Um das Kühlen, Frieren und Auftauen von Rindfleisch in der umfassenden Art, wie sie in der Einleitung vorgeschlagen wurde, zu untersuchen, hat die Forschung in Australien die experimentelle Behandlung des lebenden Tieres vor der Schlachtung und anschließend daran das Studium des Fleisches durch alle Prozesse und schließlich das Kochen und die Ermittlung seiner Verzehrsqualität in ihre Arbeit einbezogen (76). Diese Pionierarbeit hat bisher ergeben, daß es 1. unmöglich ist, Fleisch vor dem Rigor in einem Kaltluftgebläse einzufrieren, wenn das Fleisch nicht ungefähr 2 Zoll oder weniger dick ist. 2. Rindfleisch von Hälften, die möglichst schnell nach der Schlachtung gefroren wurden, ist, wenn es schließlich gegessen wird, nicht so schmackhaft wie Rindfleisch von Hälften, die 1-3 Tage gekühlt wurden, ehe sie langsam (4-7 Tage) gefroren wurden. 3. Einfrieren mit Kaltluftgebläse ergibt einen geringeren Gewichtsverlust (infolge von Wasserverdampfung und Eissublimation).

Im Hinblick auf experimentelle Behandlung des lebenden Tieres vor der Schlachtung scheint Injektion von Magnesiumchlorid den Tropfverlust zu verringern und Injektionen von Phosphat oder Pyrophosphat die Zartheit zu erhöhen (77). Es besteht auch ein Hinweis darauf, daß Behandlungen, die Rindfleisch ein höheres pH ver-

leihen, ihm auch eine geringere Schmackhaftigkeit geben (76).

Zur Zeit sind Untersuchungen im Gange, diese Befunde zu bestätigen oder zu widerlegen. Auch die Einwirkungen von Hunger und Müdigkeit wurden untersucht, und es wurde festgestellt, daß "Erregbarkeit" im lebenden Tier den guten Einfluß von Ruhe und Fütterung aufheben konnte.

Bei gefrorenem Walfleisch beruht der Verderb auf Ranzigkeit. Man hat dies untersucht und festgestellt, daß es durch Glasieren der gefrorenen Walfleischblöcke vor der Lagerung mit Eis vermieden werden konnte (78). Man nahm an, daß das Auftreten eines fischigen Geschmackes in gefrorenem Walfleisch auf der Anwesenheit der drei Methylaminbasen und von Trimethylamin beruht. Mit Hilfe einer Flüssigkeit-Gas-chromatographischen Analysenmethode wurde deren Anwesenheit nachgewiesen (79). Die Forschungsarbeit vieler Jahre über Einfrieren und Lagerung von Walfleisch ist in einem Spezialbericht zusammengefaßt worden (80).

Es darf nicht vergessen werden, daß das Fett von gefrorenem Fleisch aus der Luft Gerüche annehmen und fleckig werden kann. Ein Fall wurde untersucht, wobei dies durch Heizöldampf während der Verschiffung von gefrorenem Fleisch eintrat; es wurde gemessen, bis zu welcher Tiefe der Dampf eingedrungen war und Methoden zur Entfernung der Fleckigkeit wurden ausgearbeitet (81).

Analytische Methoden.

Im Verlauf der Forschungsarbeit über Fleisch mußten analytische Methoden geprüft, und wenn notwendig, modifiziert werden. So sind die Arbeiten in zunehmenden Maße von chromatographischen Methoden abhängig geworden. Jedoch wurden auch andere Methoden auf ihre Eignung untersucht, weil sie bei unserer Arbeit gebraucht wurden. Bei dem Studium gesalzener Fleische sind schnelle und genaue Methoden zur Analyse von Chloriden notwendig. In diesem Zusammenhang wurde eine ins einzelne gehende Untersuchung über die Faktoren angestellt, die die Genauigkeit der elektrometrischen Methode bei der Chloridbestimmung in Fleischprodukten beeinflussen. Die Resultate wurden in drei Arbeiten veröffentlicht (82, 83, 84).

Die gewöhnliche Methode zur Bestimmung des Peroxydgehaltes im Fett ist eine jodometrische. Vorzuziehen ist ein Verfahren, das Ferrirhodanid benutzt, da es empfindlicher ist und weniger durch Licht beeinflusst wird (85).

Untersuchungen der Phospholipide haben Anlaß gegeben, die vorhandenen Methoden zur Bestimmung der Jodzahl (86) und des Amino-stickstoffgehaltes zu studieren (87).

Die sorgfältige Mischung zerkleinerter Fleischproben ist durch die Erfindung eines kleinen und einfachen Homogenisators erleichtert worden (88).

Physikalische Beschaffenheit des Fleisches.

Eine Untersuchung der physikalischen Eigenschaften des Fleisches, besonders im Hinblick auf die Anteile an Fett- und Magerfleisch, muß noch ausgeführt werden. Ein geringer Teil Forschungsarbeit ist jedoch schon über die thermischen Eigenschaften (89) von Magerfleisch und über die elektrischen Eigenschaften bei Hochfrequenz (90) von Fett- und auch von Magerfleisch geleistet worden. Wegen des großen Unterschiedes zwischen den elektrischen Eigenschaften von Fett- und Magerfleisch ist die Verwendung von Hochfrequenzströmen oder -feldern für die Erhitzung von Fleisch außerordentlich schwierig.

Neue Methoden für die Fleischkonservierung.

Antibiotica. Ein Überblick über den gegenwärtigen Stand der Kenntnis über die Verwendung von Antibioticis und der damit verbundenen Probleme für die Konservierung von Fleisch wurde bereits veröffentlicht (91).

Ionisierende Bestrahlung. Seit einigen Jahren ist in zunehmendem Maße über die Verwendung von Strahlen in der Lebensmittelkonservierung gearbeitet worden. Ein besonderer Bericht wurde veröffentlicht (92). Vorläufige Resultate lassen daran denken, daß Bestrahlung bei niedrigen Temperaturen vorgenommen werden muß, da durch die Bestrahlung sonst Fremdgeschmack hervorgerufen werden kann. Eine Untersuchung über die Verwendung kleinerer Dosierungen, um nur die Oberflächen zu sterilisieren, ist noch im Gange.

Anerkennungen.

Diese Arbeit wurde ausgeführt als Teil des Programmes der Food Investigation Organisation of the Department of Scientific and Industrial Research.

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s .

References.

1. Lawrie, R.A, Impressions of the Beef Cattle Industry of Queensland. Institute of Meat Bulletin. June 1955.
2. Callow, E.H. 1955 Interim Report (cyclostyled) Carcase Wastage in Cattle.
3. Callow, E.H. 1956 Interim Report (cyclostyled) Carcase Wastage in Sheep.
4. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep.1954, p.28. Carcase Wastage.
5. Callow, E.H. Comparative Studies of Meat. I. The Chemical Composition of Fatty and Muscular Tissue in relation to Growth and Fattening. J.agric. Sci.1947,37,113.
6. Callow, E.H. Comparative Studies of Meat.II. The Changes in the Carcase during Growth and Fattening and their Relation to the chemical Composition of the fatty and muscular Tissues. J.agric.Sci. 1948, 38, 174.
7. Callow, E.H. Comparative Studies of Meat.III. Rates of Fattening in relation to the Percentages of muscular and fatty Tissues in a Carcase. J.agric. Sci. 1949, 39, 347.
8. Callow, E.H. Comparative Studies of Meat. IV. Rates of Fattening in relation to Deposition of Fat and Protein in the fatty and muscular Tissues of meat Carcases. J.agric.Sci. 1950, 40, 1.
9. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep.1953, p.21. Quality in fresh Meat.
10. Callow, E.H. Comparative Studies of Meat V. The Iodine Number of the Fat from the fatty and muscular Tissues of Cattle and Factors affecting it. J.agric.Sci.1956. In the press.
11. Callow, E.H. Meat and Refrigeration. Commissions IV and V. Institut International du Froid. Madric.1954. Annexe 1955-1 Supplement p.23.
12. Dep.sci.industr.Res.,Lond., Food Investig.Bd.Rep.1954, p.28. Weight Loss of Carcase Meat.
13. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep.1952,p.25. Water and connective Tissue.
14. Bate-Smith, E.C. The chemistry of connective Tissue. J.int.Soc. Leath. Tr.Chem. 1947, 31, 161.
15. Partridge, S.M. Application of the Paper Chromatogram to the Qualitative Analysis of reducing Sugars. Nature, Lond., 1946, 158, 270.

16. Partridge, S.M. The Chemistry of connective Tissues. 2. Soluble Proteins derived from partial hydrolysis of Elastin. Biochem. J. 1955, 61, 11.
17. Partridge, S.M. and Davis, H.F., The Chemistry of connective Tissues. 3. Composition of the Soluble Proteins derived from Elastin. Biochem. J. 1955, 61, 21.
18. Partridge, S.M. The Chemistry of connective Tissues. 1. The State of Combination of Chondroitin Sulphate in Cartilage. Biochem. J. 1948, 43, 387.
19. Garton, G.A., Hilditch, J.P. and Meara, M.L. The Composition of the Depot Fats of a Pig fed on a Diet rich in Whale Oil. Biochem. J. 1952, 50, 517.
20. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1951, p. 22. Quality in Pork and Bacon.
21. Braude, R., Mitchell, K.J. and Robinson, K.L. The Value of Australian Sorghum for fattening Pigs. J. agric. Sci. 1950, 40, 84.
22. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1952, p.27. Quality in Pork and Bacon.
23. Brooks, J. Oxidation of Haemoglobin to Methaemoglobin by Oxygen. J. Physiol., 1948, 107, 332.
24. Lawrie, R.A. Some Observations on Factors affecting Myoglobin Concentration in Muscle. J. agric. Sci. 1951, 40, 356.
25. Lawrie, R.A. The Effect of enforced Exercise on Myoglobin Concentration in Muscle. Nature, Lond., 1953, 171, 1069.
26. Lawrie, R.A. The Activity of the Cytochrome System in Muscle and its Relation to Myoglobin. Biochem. J., 1953, 55, 298.
27. Lawrie, R.A., Biochemical Differences between red and white Muscle. Nature, Lond., 1952, 170, 122.
28. Lawrie, R.A. The Relation of energy-rich Phosphate in Muscle to Myoglobin and to Cytochrome-oxidase Activity. Biochem. J. 1953, 55, 305.
29. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1954, p. 31. Muscle Physiology and Biochemistry.
30. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1955 (in the Press). Quality in dehydrated Meat.

31. Marsh, B.B. Observations on Rigor-mortis in Whale Muscles. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1952, 9, 127.
32. Lawrie, R.A. The Onset of Rigor mortis in various Muscles of the draught Horse. *J. Physiol.* 1953, 121, 275.
33. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1953, p. 24. Muscle Physiology and Biochemistry.
34. Bate-Smith, E.C. and Bendall, J.R., Rigor mortis and Adenosine Triphosphate, *J. Physiol.*, 1947, 106, 177.
35. Webster, H.L. Direct Deamination of Adenosine Diphosphate by washed Myofibrils. *Nature*, Lond., 1953, 172, 453.
36. Bendall, J.R. The Effect of the "Marsh" Factor on the shortening of Muscle Fibre Models in the Presence of Adenosine Triphosphate. *Nature*, Lond., 1952, 170, 1058.
37. Bendall, J.R. Further Observations on a Factor (the Marsh Factor) affecting the Relaxation of A.T.P. -shortened Muscle Fibre Models, and the Effect of Ca and Mg Ions upon it. *J. Physiol.* 1953, 121, 232.
38. Bendall, J.R. The Relaxing Effect of Myokinase on Muscle Fibres; its Identity with the "Marsh" Factor. *Proc. roy. soc.*, 1954 B, 142, 409.
39. Bendall, J.R. Effect of Pyrophosphate on the Shortening of Muscle-fibre Models in the Presence of Adenosine-triphosphate. *Nature*, Lond., 1953, 172, 586.
40. Bendall, J.R. The Swelling Effect of Polyphosphates and its possible Use in the Manufacture of Sausages. *J.Sci. Food Agric.*, 1954, 4, 468.
41. Barnes, E.M. and Ingram, M. Changes in the Oxidation Reduction Potential of Horse Muscle after Death in relation to the Development of Bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 1955, 6, 448.
42. Mossel, D.A.A. and Ingram, M. The Physiology of the Microbial Spoilage of Foods. *J. appl. Bact.* 1955, 18, 232.
43. Ingram, M. Fatigue musculaire, pH. et prolifération bactérienne dans la Viande. *Ann. Inst. Pasteur*, 1948, 72, 139.
44. Ingram, M. A Theory relating the Action of Salts on Bacterial Respiration to the Influence on the Solubility of Proteins. *Proc. roy. soc.* 1947, B, 134, 181.
45. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1952, p. 26. Preservation and Quality of Whale-meat.
46. Ingram, M. Internal bacterial Taints (Bone-taint) of cured Pork Legs. *J. Hyg., Camb.*, 1952, 50, 165.

31. Marsh, B.B. Observations on Rigor-mortis in Whale Muscles. *Biochim. Biophys. Acta.*, 1952, 2, 127.
32. Lawrie, R.A. The Onset of Rigor mortis in various Muscles of the draught Horse. *J. Physiol.* 1953, 121, 275.
33. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1953, p. 24. Muscle Physiology and Biochemistry.
34. Bate-Smith, E.C. and Bendall, J.R., Rigor mortis and Adenosine Triphosphate, *J. Physiol.*, 1947, 106, 177.
35. Webster, H.L. Direct Deamination of Adenosine Diphosphate by washed Myofibrils. *Nature, Lond.*, 1953, 172, 453.
36. Bendall, J.R. The Effect of the "Marsh" Factor on the shortening of Muscle Fibre Models in the Presence of Adenosine Triphosphate. *Nature, Lond.*, 1952, 170, 1058.
37. Bendall, J.R. Further Observations on a Factor (the Marsh Factor) affecting the Relaxation of A.T.P. -shortened Muscle Fibre Models, and the Effect of Ca and Mg Ions upon it. *J. Physiol.* 1953, 121, 232.
38. Bendall, J.R. The Relaxing Effect of Myokinase on Muscle Fibres; its Identity with the "Marsh" Factor. *Proc. roy. soc.*, 1954 B, 142, 409.
39. Bendall, J.R. Effect of Pyrophosphate on the Shortening of Muscelfibre Models in the Presence of Adenosine-triphosphate. *Nature, Lond.*, 1953, 172, 586.
40. Bendall, J.R. The Swelling Effect of Polyphosphates and its possible Use in the Manufacture of Sausages. *J.Sci. Food Agric.*, 1954, 4, 468.
41. Barnes, E.M. and Ingram, M. Changes in the Oxidation Reduction Potential of Horse Muscle after Death in relation to the Development of Bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 1955, 6, 448.
42. Mossel, D.A.A. and Ingram, M. The Physiology of the Microbial Spoilage of Foods. *J. appl. Bact.* 1955, 18, 232.
43. Ingram, M. Fatigue musculaire, pH. et prolifération bactérienne dans la Viande. *Ann. Inst. Pasteur*, 1948, 75, 139.
44. Ingram, M. A Theory relating the Action of Salts on Bacterial Respiration to the Influence on the Solubility of Proteins. *Proc. roy. soc.* 1947, B, 134, 181.
45. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig. Bd. Rep. 1952, p. 26. Preservation and Quality of Whale-meat.
46. Ingram, M. Internal bacterial Taints (Bone-taint) of cured Pork Legs. *J. Hyg., Camb.*, 1952, 50, 165.

47. Callow, E.H. and Ingram, M. Bone-saint. Food., 1955, 24, 52.

48. Ingram, M. and Barnes, E.M. Streptococci in pasteurised canned Hams. Ann. Inst.Pasteur de Lille, 1955, VII, 101.

49. Ingram, M. Factors controlling the Occurrence of various Bacteria in semi-preserved Meats. Ann. Inst. Pasteur de Lille, 1955, VII, 136.

50. Ingram, M. The Heat Resistance of a Micro-coccus. Ann.Inst. Pasteur de Lille, 1955, VII, 146.

51. Ingram, M. Microbial Association of semi-preserved Meats. Ann. Inst.Pasteur de Lille, 1955, VII, 32.

52. Barnes, E.M. and Ingram, M. The Identity and Origin of faecal Streptococci in canned Hams. Ann.Inst.Pasteur de Lille, 1955, VII, 115.

53. Ingram, M. and Hobbs, B.C. The Bacteriology of "pasteurized" canned Hams. J.roy.Sanit.Inst., 1954, 74, (12).

54. Robinson, R.H.M., Ingram, M., Case, R.A.M., Benstead, J.G. and Daniels, H.E. Whale-meat: Bacteriology and Hygiene. Dep.sci. industr.Res., Lond., Food Investig.Special Report No.59. H.M. Stationery Office, 1953.

55. Bendall, J.R. The Effect of Cooking on the Creatine-creatinine, Phosphorus Nitrogen and pH Values of raw, lean Beef. J.Soc.Chem. Ind., Lond., 1946, 65, 226.

56. Bendall, J.R. The Effect of Heat Denaturation on the base-binding Capacity of Beef Muscle press Juice. Proc.roy.Soc., 1947B, 134, 272.

57. Sharp, J.G. Dehydrated Meat. Dep.sci.industr.Res.Lond.Food Investig Special Report 57, H.M.Stationery Office, 1953.

58. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep.1953, p. 22. Dehydrated Meat.

59. Sharp, J.G. British Patent Application No.30, 285/53.

60. Dep.sci.industr. Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1955, Quality in dehydrated Meat. (in the press)

61. Callow, E.H. The Technology of Bacon-curing. J.Sci.Food Agric. 1956, 7, 173.

62. Callow, E.H. The Action of Salts and other Substances used in the Curing of Bacon and Ham. Brit.J.Nutrit., 1948, 1, 269.

63. Ingram, M., Hawthorne, J.R. and Gatherum, D.P. The Control of the Concentration of Nitrite in Bacon Curing Brines. Food Manufacture, 1947, 22, 457, 506 and 543.

64. Ingram, M. The Curing of Bacon with Acid Brines. Food Manufacture, 1949, 24, 201 and 249.
65. Ingram, M. Salty Flavour in Bacon. J. Soc. Chem. Ind., 1949, 68, 356.
66. Callow, E.H. The Use of Carbon dioxide in the Overseas Transport of Chilled Beef. Institute of Meat Bulletin, 1955.
67. Callow, E.H. Frozen Meat. J.Sci. Food Agric., 1952, 4, 145.
68. Bate-Smith, E.C. Freezing, Chilling and Cold Storage of Meat. 1. Theoretical Considerations. Proc. Inst. Refrig. 1952-3, 49, 103.
69. Dep. sci. industr. Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1955 (in the Press). Quality of Beef - Fresh and Frozen Beef.
70. Dep.sci.industr. Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1949, p.8. Whale-meat.
71. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1951, p.21. Improving the Quality of frozen Meat.
72. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1955. (in the Press). Muscle Physiology and Biochemistry.
73. Bendall, J.R. and Marsh, B.B. The Biochemistry of Muscular Tissue in relation to Loss of Drip during Freezing. Proc. 8th Int. Congr. Refrig., Lond., 1951, p. 351. (1953).
74. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1950, p. 14. Improving the Quality of frozen Beef.
75. Dep.sci.industr. Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1951, p. 20. Improving the Quality of Frozen Meat.
76. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep.1954, p. 25. Quality of Beef.
77. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Bd.Rep. 1955. (in the Press). Quality of Beef - Fresh and frozen Beef.
78. Sharp, J.G. and Smith, G.H. The Changes occurring in Whale-meat during Storage in the frozen Condition. J.Sci.Food Agric. 1952, 3, 179.
79. James, A.T., Martin, A.J.P. and Smith, G.H. Gas-liquid partition Chromatography. The Separation and Micro-estimation of Ammonia and Methylamines. Biochem.J. 1952, 52, 238.

80. Sharp, J.G. and Marsh, B.B. Whale-meat: Production and Preservation. Dep.sci.industr.Res., Lond., Food Investig.Special Report No. 58. H.M. Stationery Office, 1953.
81. Macara, T.J.R. Removal of Taints from Frozen Meat and other Foodstuffs. Mod.Refrig. 1947, 50, 63.
82. Ingram, M. and Hawthorne, J.R. Electrometric Estimation of Chloride in Meat Products. J.Soc.Chem.Ind., Lond., 1945, 64, 196.
83. Ingram, M. and Bryan, J. The electrometric Estimation of Chloride in Meat Products II. The Influence of Heating on the Combination of Salt with Meat Substances. J.Soc.Chem. Ind., Lond., 1948, 67, 359.
84. Ingram, M. and Bryan, J. The electrometric Estimation of Chloride in Meat III. The Influences of Heating in the Presence of Nitric Acid on the Combination of Silver with Meat Protein. J.Sci.Food Agric., 1950, 1, 144.
85. Smith, G.H. The Determination of Fat Peroxide in small Samples of the lean and fatty Tissues of Meat by the ferric thiocyanate Method. J. Sci.Food Agric. 1952, 3, 26.
86. Lea, C.H. and Rhodes, D.N. Determination of the Iodine Value of Phospho-lipids. Analyst, 1954, 79, 304.
87. Lea, C.H. and Rhodes, D.N. Phospho-lipids: Estimation of Aminonitrogen in intact Phospho-lipids. Biochem. J., 1954, 56, 613.
88. Marsh, B.B. and Snow, A. A Simple Tissue Homogenizer. J. Sci.Food Agric., 1950, 1, 190.
89. Smith, J.G., Ede, A.J. and Gane, R. The Thermal Conductivity of frozen Foodstuffs. Mod.Refrig., 1952, 55, 254.
90. Ede, A.J. and Haddow, R.R. The electrical Properties of Food at high Frequencies. Food Manuf., 1951, 26, 156.
91. Ingram, M. and Barnes, E.M. Problems in the Use of Antibiotics for Preserving Meat. J. app. Bact., 1955, 18, 549.
92. Hannan, R.S. Technological Problems involved in using ionising Radiations for the Preservation of Food. Dep.sci.industr. Res., Lond., Food Investig. Special Report No. 61, H.M. Stationery Office, 1956.