

Fig. 4 - Least square means and standard errors for frank sensory molding scores (boiled vs not boiled)

6-44

MORPHOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER KOCHSTREICHWURST

K. Katsaras, H. Linke und G. Hammer
 Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Deutschland

Einleitung

Bei der Kochstreichwurst (Typ Leberwurst) handelt es sich um ein 3-Komponenten-Gemenge (Fleisch, Fett, Leber), das durch bindende Kräfte zusammengehalten werden muß. Es gilt vor allem das durch die Zerkleinerung aus dem Gewebeverband getretene Fett zu stabilisieren. Da Fleischeiweiß durch die Vorbehandlung (Hitzenaturierung) weitgehend seine Bindekräfte zur Immobilisierung des Fettes verloren hat, wird dem Lebereiweiß diese Funktion zugesprochen. Über den Bindungsmechanismus der Leberproteine ist wenig bekannt. Einige Autoren sehen die Kochstreichwurst als eine Wasser-in-Öl-Emulsion (TERPLAN u. SCHLATTERER 1962; REUTER u. HEINZ 1968), während in anderen Publikationen (GRAU 1969; WIRTH 1972; FISCHER u. KILLEIT 1980) die Auffassung vertreten wird, daß bei dieser Wurstart eine Öl-in-Wasser-Emulsion vorliegt. Wir haben mit Hilfe des Licht- und Raster-Elektronen-Mikroskops die morphologischen Grundlagen des Bindungssystems studiert und somit versucht, einen Beitrag zur Klärung morphologischer Vorgänge bei der Kochstreichwurstherstellung zu leisten.

Dabei wurden die strukturellen Veränderungen des Lebergewebes während der mechanischen Zerkleinerung, Salzung und Erhitzung einerseits und andererseits im Zusammenhang mit der Brätherstellung beobachtet.

Material und Methode

Rohe Schweineleber wurde jeweils vier Minuten in einem Kutter zerkleinert und auf 40°, 50°, 60° und 80° Kerntemperatur erhitzt. Während der Zerkleinerung erfolgte entweder keine Salzzugabe oder es wurde nach einer Minute Kutterzeit 2,4,8 oder 16 % Salz zugegeben. Kochstreichwürste wurden in unserem Laboratorium hergestellt (HAMMER 1980): Magerfleisch (35 %) und Fettgewebe (30 %) wurden in einem Kutter zerkleinert, in wasserdampfundurchlässige Folien verpackt und in einem Dampfkochschrank bei 96° für 2,5 Stunden erhitzt. Rohe Leber wurde

vorgekuttert, dem vorzerkleinerten, gegarten Fleisch-Fett-Gemenge nach Abkühlung auf unter 60° zugegeben, und die Leberwurstmasse zur Stabilisierung weitergekuttert. Die Leberwurstmasse wurde in weitgehend wasserdampf- undurchlässige Kunstdärme Kaliber 60 abgefüllt und für 1 Stunde bei 85°C gegart. Die Kühlung erfolgte in fließendem Leitungswasser.

Lichtmikroskopie

Für die Lichtmikroskopie wurden Proben in flüssigem Stickstoff gefroren, und unfixierte 10 µm Schnitte angefertigt (Kryotom, -20°C), nach ROMEIS (Sudan, Lichtgrün) gefärbt und mikroskopiert (LEITZ-ORTHOPLAN).

Raster-Elektronenmikroskopie

Die Präparation der Proben für die Raster-Elektronenmikroskopie wurde in der von KATSARAS und STENZEL (1984) beschriebenen Weise durchgeführt. Die Untersuchung fand in einem JEOL JSM 35 Raster-Elektronenmikroskop bei 25 kV statt.

Ergebnisse und Diskussion

Zerkleinerungsvorgänge zerstören die Architektur der Leber stärker als die des Muskels mit seinen kräftigen Bindegewebshüllen und seinem hohen Anteil an Myofibrillen. Trotzdem werden die Leberzellen nicht vollständig desintegriert (Abb. 1). Offensichtlich reicht diese Destruktion als Anfangsschritt für eine spätere Netzwerkbildung aus. Der Einfluß von Salz führt zu weiteren strukturellen Umwandlungen. Es bildet sich dabei ein fein verwobenes granulär-fädiges Maschenwerk (Abb. 2). Diese Veränderungen beziehen sich in erster Linie auf die Zerstörung der Organellen, die einen hohen Anteil des gesamten Zellvolumens ausmachen. Je höher der Salzgehalt war, umso dichter trat das Lebereiweiß-Netzwerk in Erscheinung. Die Strukturverdichtung sehen wir als Ausdruck einer Hydratation der Proteine, zu der es unter Salzeinfluß kommt. An der Bildung des Lebereiweiß-Gerüsts beteiligen sich hydratisierte (gequollene) und vermutlich auch gelöste Leberproteine. Mechanisch zerstörte und salzbehandelte Myofibrillen weisen in der Struktur eine gewisse Ähnlichkeit auf (Abb. 3). Bei der Brühwurst-Herstellung kommt es nach mechanischer Zerstörung des Sarkolems, Salzzugabe und Wasseraufnahme hauptsächlich zum Quellen und Zerfallen der Myofibrillen und somit zur Netzwerkbildung (HAMM 1973). Aus der Tatsache, daß sich ein Lebereiweißgerüst auch ohne Salzeinfluß bildet, meinen wir jedoch, daß der Salzeinwirkung bei der Leberwurst-Fabrikation nicht die Bedeutung wie beim Ausschluß von Muskeleiweiß im Rahmen der Brühwurst-Herstellung zukommt.

Bei der konventionellen Leberwurst-Technologie wird die rohe zerkleinerte Leber einem Fleisch-Fettgemenge von ca. 40° - 60°C zugekuttert. Höhere Temperaturen führen zu einer vorzeitigen Hitzedenaturierung von Lebereiweiß. Bei Temperaturen unter 35°C wird eine Stabilisierung nicht erreicht, da Fett sich bei diesen Temperaturen nicht optimal verteilen läßt und teilweise erstarrt (HAMMER 1980). Die eigentliche Hitzebehandlung (Garung) findet bei etwa 80°C statt (Frischware).

Aufgrund dieser technologischen Gegebenheiten wurden Leberbrei-Proben auf Temperaturen erhitzt, die für die

Mischphase (40°, 50° und 60°C) und für die Garung der Leberwürste (80°C) charakteristisch sind. Bei 40°C erfährt der Leberbrei bereits deutliche Veränderungen in Richtung einer lockeren globulär-körnigen Struktur des Maschenwerkes (Abb. 4). Während die Einwirkung von 50°C keine weiteren Alterationen erkennen läßt, verursachen Temperaturen von 60°C und insbesondere 80°C die Bildung eines kompakten Maschenwerkes (Abb. 5).

Nach diesen Ergebnissen beginnt die Gerüstbildung der Leberproteine nach vorheriger Kutterung und Salzung des Lebergewebes bereits bei verhältnismäßig niedrigen Temperaturen. Das Protein-Netzwerk, das sich bei 40° und 50°C entwickelt hat, erscheint relativ locker, weil vermutlich die Querverbindungen innerhalb der umgebildeten Protein-Moleküle noch instabil sind. Temperaturen von 60°C und darüber hingegen verursachen offensichtlich bei den Leberproteinen tiefgreifende Veränderungen. Sie bedingen innerhalb der umgeformten Protein-Moleküle wesentliche festere Bindungen, die zu einer Verdichtung der Textur und somit zur Bildung einer kompakten Protein-Matrix führen. Bei der Netzwerk-Bildung müssen offensichtlich die Leberproteine in der Molekularanordnung zwei verschiedene thermische Umwandlungen durchlaufen, jede bei einer unterschiedlichen Temperatur. Die erste thermische Umformung der Leberproteine erfolgt bei 40° - 55°C. Sie führt zur Bildung einer labilen Struktur, die sich dem Mischvorgang noch anpassen kann. Dagegen verdichten und verfestigen höhere Temperaturen (80°C) die Protein-Matrix. Diese hält als "Stabilisierungsschicht" die Fettpartikel zusammen. Nach HAMM (1966) beginnt auch die Hitzekoagulation der myofibrillären Proteine bei Temperaturen von ca. 35°C. Zwischen 35°C und 50°C wird die Koagulation durch Aggregation von ungefalteten Protein-Molekülen hervorgerufen, und es folgt die Bildung von instabilen Verbindungen. Die Koagulation schreitet zwischen 50°C und 70°C mit der Bildung von stabilen Verbindungen fort.

Unsere weiteren Versuche galten der Frage, ob die beobachteten Veränderungen des Lebergewebes im gesamten Leberwurstbrät die gleichen sind. Im unerhitzten Leberwurstbrät werden die feinerkleinerten, verteilten Fett-Partikel von einem unregelmäßigen Leberprotein-Netzwerk von kugeligem Charakter immobilisiert. Die Fett-Teilchen sind dabei vollständig oder partiell von Eiweißhüllen umschlossen, wobei diese Hüllen brückenartig miteinander in Verbindung stehen. Mitunter ist das Netzwerk außen von einer "Fettglasur" überzogen (Abb. 6). Dieses läßt auf ein beidseitiges Bindungsvermögen schließen. Das Lebereiweiß dient in dieser Herstellungsphase der Fettverteilung und gleichzeitig gestaltet es das Maschenwerk. Für die Dispergierung der Fettmasse ist das Vorhandensein eines Leberprotein-Netzwerkes unbedingte Voraussetzung, andererseits bleibt in diesem Temperaturbereich von 40°-55°C das flüssige Fett noch mobil, weil das stabilisierende Lebereiweiß-Gerüst noch instabil ist. Aufgrund dieser Flexibilität vermag das Lebereiweiß-Maschenwerk diesem Umformungsprozeß der Fettpartikelchen solange zu folgen, bis die Leberproteine sich verfestigt haben. Bei der anschließenden Garung der Leberwürste (ca. 80°C) aggregieren die Leberproteine so stark, daß keine Umwandlungen des Lebereiweiß-Netzwerkes mehr stattfinden. Das Gerüst der Leberwürste besteht aus einem kugelig-körnigen Leberprotein-Maschenwerk, das die Fettpartikel zusammenhält, oder es bildet eine vollständige Eiweiß-Matrix (Abb. 7). Dieses Gerüst ist im Gegensatz zum Muskeleiweiß-Netzwerk der Brühwurst jedoch so spröde und porös, daß es der mechanischen Belastung einer

Streichbehandlung nicht mehr standzuhalten vermag. Die Mikrostruktur von Leberwurst wurde kürzlich von RAY et al. (1981) ausgewertet. Sie fanden, daß die Struktur aus verteilten Proteinpartikeln und einem fibrinösen Netzwerk besteht, das verschieden große Fettpartikel umgibt. Die Autoren folgern aus ihren Untersuchungen, daß die Leberwurst strukturell eine Emulsion mit verschiedenen Matrix-Formationen darstellt, und sie bestätigen somit das Konzept von SCHUT (1976), daß Fleischemulsionen ein vielfältiges (Multi-) Phasensystem bedeuten, bei dem die Fett-Teilchen in einem komplexen kolloidalen System festgehalten werden.

Die Ergebnisse dieser Arbeit führen zu folgendem Schluß:

Bei der Leberwurst-Herstellung muß das "freie Fett" durch ein Proteingerüst festgehalten werden. Fleisch wird für gewöhnlich bereits vor der Verarbeitung erhitzt, und verliert dabei seine Bindekräfte zur Immobilisierung des Fettes. Für den inneren Zusammenhalt bleibt lediglich das Lebereiweiß. Die fettstabilisierenden Eigenschaften des Lebereiweißes setzen eine Umformung der nativen Leberproteine durch technologische Vorgänge voraus. Kutterung und Salzung kombiniert zerstören die ursprüngliche Leber-Architektur und bilden ein feinmaschiges granulär-fädiges Gerüst. Sie sind somit ein erforderlicher Anfangsschritt für die spätere Netzwerkbildung, die zusätzlich zwei weitere thermische Umwandlungen durchlaufen muß, jede bei einer unterschiedlichen Temperatur.

Die erste thermische Umformung der Leberproteine erfolgt bei 40°-55°C. Sie führt zur Bildung einer labilen globulär-körnigen Struktur des Maschenwerkes, das beim Mischvorgang für die Fettverteilung notwendig ist. Bei der anschließenden höheren Hitzebehandlung (ca. 80°C) aggregieren die Leberproteine und bilden ein stabiles Lebereiweiß-Gerüst. Dies erscheint in verschiedenen Formationen. Es ist jedoch so spröde und porös, daß es einer mechanischen Streichbelastung nicht mehr standzuhalten vermag.

Abb. 1: Gekuttertes Lebergewebe weist eine unvollständige Desintegration auf (Raster-Elektronenmikroskopische (REM-) Aufnahme, Abbildungsmaßstab 5800 : 1).

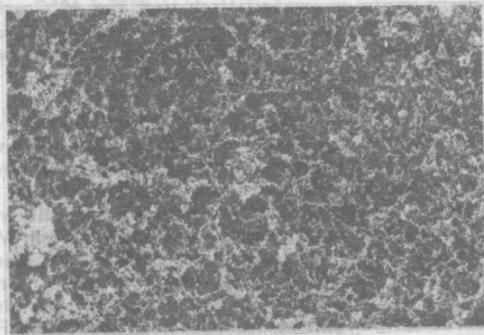
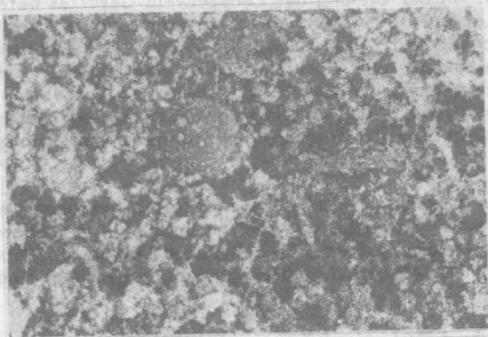


Abb. 2

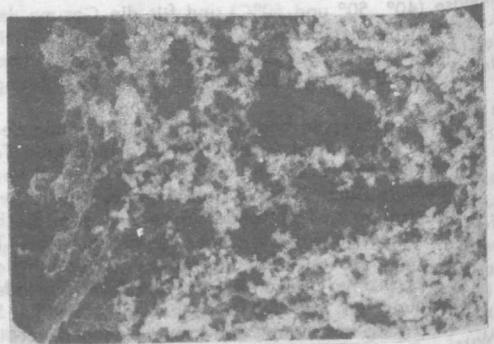


Abb. 3

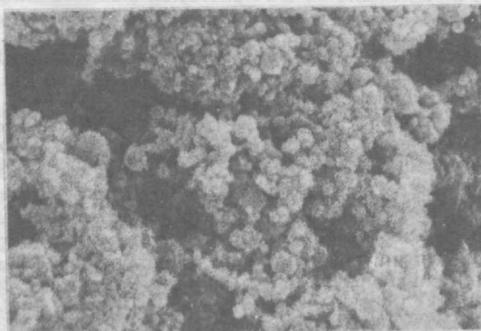


Abb. 4

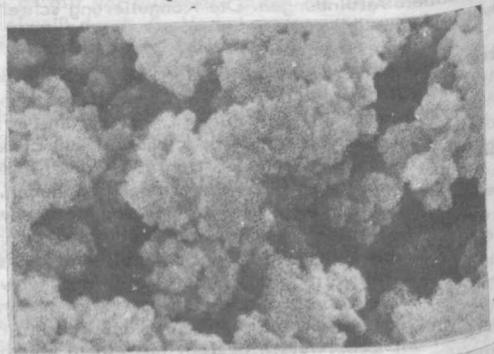


Abb. 5

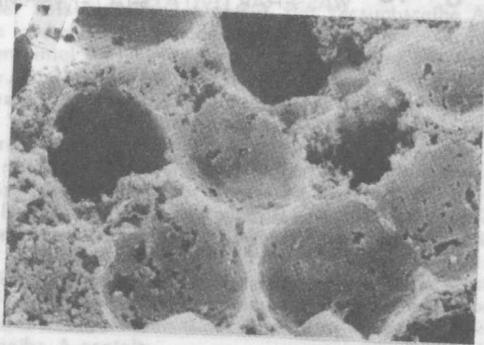
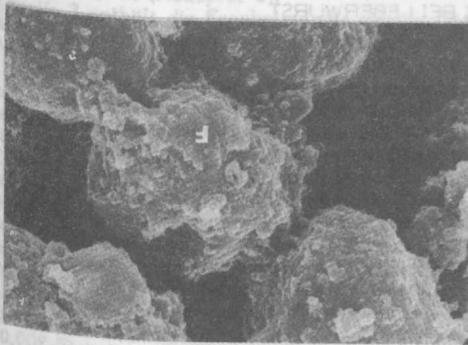


Abb. 6

Abb. 7

- Abb. 2: Gekuttertes, salzbehandeltes Lebergewebe bildet ein fein verwobenes granulär-fädiges Maschenwerk (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 5.400 : 1).
- Abb. 3: Mechanisch zerstörte, salzbehandelte Myofibrillen zeigen ebenfalls ein granulär-fädiges Netzwerk (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 13.000 : 1).
- Abb. 4: Hitzebehandelter (40°C) Leberbrei bildet eine lockere globulär-körnige Struktur (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 30.000 : 1).
- Abb. 5: Hitzebehandelter (80°C) Leberbrei zeigt ein kompaktes Maschenwerk (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 6.600 : 1).
- Abb. 6: Leberwurstbrät zeigt Fettpartikelchen, die durch unvollständige Eiweißhüllen brückenartig miteinander verbunden sind. Mitunter ist die Eiweißumhüllung außen von einer "Fettglasur" (F) überzogen (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 10.400 : 1).
- Abb. 7: Leberwürste weisen mitunter ein vollständiges Lebereiweiß-Gerüst auf (REM-Aufnahme, Abbildungsmaßstab 14.900 : 1).

Literatur

- FISCHER, A. und KILLEIT, U.: Untersuchungen über das Emulgierverhalten von Leber. Zeitsch. Lebensmittel-Technologie und Verfahrenstechnik 31, 1 (1980).
- GRAU, R.: Über die Stabilität von Emulsionen in hochehitzen Lebensmitteln. Gordien 69, 491 (1969).
- HAMM, R.: Heating of muscle systems. In "The Physiology and Biochemistry of Muscle as a Food" (F. J. Briskey, R. G. Cassens, and J. C. Trautmann, eds.) 1st ed., p. 363 Univ. of Wisconsin Press, Madison (1966).
- HAMM, R.: Die Bedeutung des Wasserbindungsvermögens des Fleisches bei der Brühwurstherstellung. Fleischwirtschaft 53, 73 (1973).
- HAMMER, G. F.: Zur Leberwursttechnologie: Verarbeitung von Schweinefettgewebe und Leber, Temperaturführung. Fleischwirtschaft 60, 190 (1980).
- KATSARAS, K. und STENZEL, R.: Beobachtungen der Brühwurst-Mikrostruktur mit dem Raster- und Transmissions-Elektronenmikroskop. Fleischwirtschaft 64, 955 (1984).
- RAY, F. K., MILLER, B. G., VAN SICKLE D. C., ABERLE, E. D., FORREST Y. C. and JUDGE, M. D.: Microstructure of liver sausage. J. Food Sci. 46, 694 (1981).
- REUTER, H. und HEINZ, G.: Neue Wege der Fleischverarbeitung. Fleischforschung und Praxis. Schriftenreihe Heft 2, Alzey: Verlag der Rhein Hessischen Druckwerkstätte (1968).
- SCHUT, J.: Meat emulsions. In: "Food Emulsions", ed. S. Friberg, p. 447 Marcel Dekker, Inc., New York (1976).
- TERPLAN, G. und SCHLATTERER, B.: Zur Bedeutung von Monoglyzeriden für die Fleischverarbeitung. 8. Europ. Kongreß der Fleischforschungsinstitute, Moskau (1962).
- WIRTH, F.: Die technologische Funktion der Fette in feinzerkleinerten Fleischwaren. Fleischwirtschaft 52, 605 (1972).