

Vom Fleisch zum Produkt
Reifen - Erhitzen - Zerkleinern - Salzen
From meat to meat products
Ageing – heating – comminuting – salting

K. O. HONIKEL

Zusammenfassung

Reifen oder Abhängen dient primär zur Erhöhung der Zartheit von Fleisch. Tierart, Tieralter, Geschwindigkeit der Kühlung nach dem Schlachten, Kühllagertemperatur, End-pH-Wert und die Zeitdauer der Reifung bestimmen die resultierende Zartheit, die durch muskelinterne Enzyme (Calpaine, Kathepsine) bewirkt wird. Die Zartheit des Fleisches nach dem Erhitzen hängt darüber hinaus von den Zubereitungsbedingungen ab. Mit zunehmender Erhitzungs-temperatur und Dauer geht mehr Wasser oder bei fettem Fleisch auch Fett verloren. Dadurch wird Fleisch trockener. 55-65 °C sind optimal.

Zerkleinern zerstört die hochgeordnete Struktur und Membranen von Stückfleisch. Dies bewirkt eine Verringerung der Zähigkeit, erlaubt ein leichteres Eindringen von Zutaten (z.B. Salz), erhöht aber die mikrobielle Kontamination und erlaubt den leichteren Zutritt von Sauerstoff, der die Oxidation von Fetten bewirkt.

Während bei Frischfleisch die Zugabe von Salz bei der Zubereitung primär dem Geschmack dient, hat Kochsalz bei Fleischerzeugnissen weitere wesentliche wichtige Funktionen. Salz senkt durch die Ausbildung von Wasserhüllen um die Na^+Cl^- Ionen die Menge der frei verfügbaren Wassermoleküle (freies Wasser) und erniedrigt dadurch den a_w -Wert. Viele Mikroorganismen werden am Wachsen im gesalzenen Produkt gehindert. Salzionen führen als „Gegenionen“ zwischen Proteinseitenketten mit $-\text{NH}_3^+$ und $-\text{COO}^-$ Ionen in Fleisch zur Quellung der Strukturen und begrenzt auch zur Lösung von fibrillären Proteinen. Dadurch werden Wassermoleküle gebunden (immobilisiertes Wasser). Durch Salzionen werden darüber hinaus dreidimensionale Proteinstrukturen so verändert, dass hydrophobe (lipophile) Bereiche der Proteinketten an die Oberfläche gelangen. In einer hydrophilen (wässrigen) Umgebung binden diese lipophilen Strukturen an die Oberfläche von Fettteilchen und/oder mit anderen hydrophoben Proteinstrukturen. Es entsteht ein hitzestabiles dreidimensionales Netzwerk.

Schlüsselwörter Fleisch – Fleischerzeugnisse – Reifen – Erhitzen – Zerkleinern – Salzen

Key Words meat – meat products – ageing – heating – comminution – salting

Summary

Ageing serves primarily the purpose of an enhancement of tenderness of meat. Species and age of the animal, velocity of chilling and temperature of storage post mortem, ultimate pH and time of ageing influence the tenderness caused by the action of muscular proteolytic enzymes (calpains, cathepsins). Also on preparation the tenderness depends on velocity of heating, length of heating, time and final temperature of heating. Increase of temperature enhances cook loss and in fat meat the fat depletion. 55-65 °C are optimum heating temperatures.

Comminuting/grinding destroys the well ordered structure of meat. This causes an enhancement of tenderness, also the penetration of additions, but also microorganisms and oxygen (rancidity) are found inside the meat in higher concentrations.

Salt to fresh meat cuts is added for flavour enhancement. In meat products salt has additional functions. Salt ions bind water molecules (lower water activity). Salt ions cause swelling of myofibrillar structures. In this way water molecules are immobilized. Salt also enhances the hydrophobicity of proteins which then interact with hydrophobic regions of other proteins or surfaces of finely distributed (colloidal) fat particles causing a heat stable network of proteins and colloidally distributed fat particles in batters.

Einleitung

Unserem Geschmacksempfinden entspricht es nicht, rohes Fleisch zu verzehren. Auch fanden unsere Vorfahren heraus, dass bei einigen Tierarten wie z.B. beim Rind das Fleisch vor der Zubereitung einige Zeit abhängen (reifen) sollte. Weiterhin entdeckten unsere Vorväter, dass Salzzugabe zu Fleisch, ob im Stück oder zerkleinert, konservierende und bindende Wirkung hat.

1. Reifen

Die Reifung oder das Abhängen von Fleisch ist ein muskellinterer Vorgang, der bereits kurze Zeit nach dem Schlachten einsetzt. Sie beginnt bereits während des Kühlens nach dem Schlachten und wird durch die Temperatur des Abkühlens mit beeinflusst. Mit Erreichen der Endtemperatur des Kühlens unter +7 °C bis 0 °C beginnt die eigentliche Reifezeit. Da jedoch wie bei allen chemischen Vorgängen auch beim Reifen die Geschwindigkeit von der Temperatur abhängt, finden diese unter den üblichen Kühlbedingungen von 0 °C bis +7 °C nur langsam statt. Die Reifezeiten sind jedoch ganz unterschiedlich für die unterschiedlichen Tierarten. So dauert die Fleischreifung bei Geflügel in der Regel nur 1-2 Tage, beim Schwein jedoch sollte die Reifezeit über 2 Tagen liegen. Bei Kalbfleisch werden 7 Tage als Minimum angesehen, beim Rind muss die Reifezeit mindestens 2 Wochen betragen, um ein zartes Fleisch zu erhalten. Denn hohe Zartheit zu erreichen ist der primäre Grund des Reifungsvorgangs. Die unterschiedlichen Reifezeiten sind sowohl durch das Tialter (Quervernetzung des Binde-

gewebes) als auch durch die tierart-spezifischen Aktivitäten der für die Fleischreifung verantwortlichen muskell-eigenen Enzyme bestimmt. Die Fleischreifung wird also nicht durch Mikroorganismen bewerkstelligt.

Die eigentliche Reifungsphase, „Ageing“ im Englischen, führt vom Zustand der höchsten Zähigkeit zu einer langsamen, aber stetigen Zunahme der Zartheit. Da die Reifung ein intrazellulärer Vorgang ist, werden zuerst die Strukturen innerhalb einer Muskelzelle durch die proteolytischen Enzyme abgebaut. Da der Abbau der gelösten Proteine für die Festigkeit und Zähigkeit des Fleisches keine Rolle spielt, liegt das Augenmerk der Betrachtung vor allem auf den myofibrillären Proteinen. Das außerhalb der Muskelzelle vorkommende Bindegewebe wird in diesem ersten Stadium der eigentlichen Reifung nicht angegriffen und bleibt nahezu unverändert (PEARSON and YOUNG, 1989). Erst bei langer Reifung über die übliche Zeit hinaus werden die Bindegewebsstrukturen in einem messbaren Maß abgebaut.

Wirkung von Proteasen

An der Fleischreifung sind eine Vielzahl von Proteinase beteiligt, die sogenannten Calpaine und die Kathepsine. Beide sind sogenannte Cysteinproteasen. Die Calpaine haben ein pH Optimum, das im neutralen Bereich um pH 7,0 liegt. Calciumionen dienen zur Kontrolle der Aktivität der Calpaine.

Die Kathepsine sind lysosomale Proteasen, die vor allem in Säugetierzellen vorkommen. Sie stellen eine Reihe von Proteasen dar, die mit den Buchstaben A,

B, C, D, H und L benannt werden. Diese verschiedenen Kathepsine kommen in den unterschiedlichen Muskeln in unterschiedlicher Konzentration vor. Sie sind vor allem in den Tierarten und Muskeln besonders hoch, in denen eine Reifung schnell vonstatten geht, wie z. B. im Geflügel. Die pH-Optima der Kathepsin-Aktivitäten liegen in der Größenordnung, die dem End-pH-Wert des Fleisches von 5,5 entsprechen. Diese lysosomalen Enzyme sind in den Zellen eines lebenden Organismus in den Lysosomen (Zellunterstrukturen) eingeschlossen und entfalten daher in dem lebenden Organismus ihre Wirkung nicht. Mit abfallendem pH-Wert werden jedoch die Lysosomenmembranen durchlässig und setzen die Kathepsine frei.

Welchen Anteil Calpaine und welchen Anteil Kathepsine an der Fleischreifung haben, ist bis heute nicht endgültig geklärt. Alle diese Komponenten scheinen bei den unterschiedlichen Temperaturen und pH-Werten, wie sie im gekühlten Fleisch herrschen, ganz unterschiedliche Proteine anzugreifen. So wurde in der Literatur beschrieben, dass Rindfleisch mit einem End-pH-Wert von 6,0 die höchste Reifungsgeschwindigkeit aufweist (PURCHAS and AUNGSUPAKORN, 1993).

Bindegewebe

Bindegewebe ist das Stützgewebe tierischer Lebewesen, das extrazellulär vorkommt. Das elastische Bindegewebe eines jungen Tieres besitzt eine geringe Quervernetzung, d.h. es hat eine chemisch geringere Stabilität als das von älteren Tieren, bei denen durch hitzestabile Quervernetzungen eine hohe Festigkeit aber auch Unelastizität erreicht wird. Die Festigkeit und Löslichkeit des Bindegewebes trägt ebenfalls zur Zähigkeit resp. Zartheit des Fleisches bei. Fleisch junger Tiere ist deshalb nach Erhitzung immer zarter als das erwachsener oder gar das Fleisch von alten Ochsen oder Milchkühen. Bei letzteren ist ein zartes Fleisch auch nach einer längeren Reifung nicht zu erwarten, da die proteolytischen Enzyme erst nach 10-14 Tagen extrazellulär zu wirken beginnen. Deshalb wird auch

Fleisch älterer Tiere primär nicht in der Frischfleischproduktion eingesetzt, sondern bei der Verarbeitung zu Fleisch-erzeugnissen nach Zerkleinerung oder als Suppen- bzw. Kochfleisch verwendet, bei denen durch eine Zubereitung bei höheren Temperaturen für eine längere Zeit in einem wässrigen Medium ein Teil des Bindegewebes aufgelöst wird (Gelatine). Dies führt zu einer akzeptablen Zartheit.

Fazit

Die Zartheit des Fleisches wird durch eine Vielzahl von Vorgängen bestimmt, bei denen Tieralter, Tierart, die Geschwindigkeit der Kühlung nach dem Schlachten, End-pH-Wert und die Dauer der Reifung eine entscheidende Rolle spielen. Die Reifung, die intrazellulär durch proteolytische Enzyme stattfindet, ist jedoch unter den Gegebenheiten der Fleischbehandlung, d. h. bei niedrigen Temperaturen ein relativ langsamer Prozess, der vor allem bei der Tierart Rind in den meisten Fällen viel zu kurz gehalten wird. Zartes Rindfleisch ist deshalb nicht immer am Markt zu erhalten. Hinzu kommt noch, dass nicht nur der Reifevorgang eine Garantie für ein zartes Fleisch ist, sondern auch die Zubereitung.

2. Erhitzen

Fleisch, das wir als Frischfleisch zubereiten, wird zum allergrößten Teil erhitzt. Einer der wichtigen Gründe der Erhitzung neben Geschmack und Zartheit liegt in Abtötung von eventuell vorhandenen krankmachenden Mikroorganismen. Deren vegetative Formen werden ab 55 °C inaktiviert. Daher wird Fleisch auf mindestens diese Temperatur erhitzt wie z.B. bei Rindfleisch blutig (*rare*). Meist werden jedoch Temperaturen von ca. 65 °C (*medium*) oder über 70 °C (durchgebraten, *well done*) gewählt.

Fleisch, das erhitzt wird, verliert mit zunehmender Erhitzung immer mehr Wasser. Bei 100 °C und längerer Erhitzung (z.B. Suppenfleisch) können bis zu 45 % Wasser verloren gehen. Bei kurzen Erhitzungszeiten (Abb. 1) sind die Erhitzungsverluste geringer und pH Wert abhängig.

Vorgänge beim Erhitzen von Fleisch

Beim Erhitzen schrumpfen zuerst die myofibrillären Proteine. Ab ca. 60-75 °C denaturiert (schrumpft) das Bindegewebe. Da Schrumpfung ein Herausdrücken von Wasser aus den fibrillären Strukturen bedeutet, die ca. 85 % des Wassers des Muskels immobilisieren und zudem die Lipidmembranen durch die Hitze desintegriert sind, tritt bei diesen Temperaturen zunehmend mehr Wasser aus dem Fleisch aus. Über 80 °C verringert sich die Zunahme des Kochverlusts wieder (Abb. 1). Dabei löst sich ein Teil des Bindegewebes in Gelatine auf.

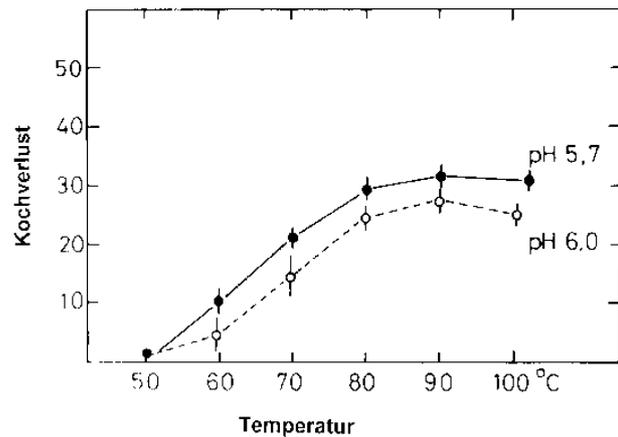


Abb. 1: Kochverlust von 2 Fleischstücken (ca. 100 g) nach Erhitzen mit ca. 3 °C/min auf die jeweilige Endtemperatur

Kochverlust entsteht bei Fleisch also primär durch Schrumpfung fibrillärer Strukturen. Bei der Schrumpfung wird die Struktur fester (zäher) (Abb. 2). Daher ist blutiges bis rosa gegartes Rindfleisch auch zarter als durchgebratenes; ein in Flüssigkeit lange über 80-95 °C erhitztes Fleisch wird jedoch durch Gelatinierung des Bindegewebes wieder zarter als bei gerade 70 °C durchgegartes Fleisch.

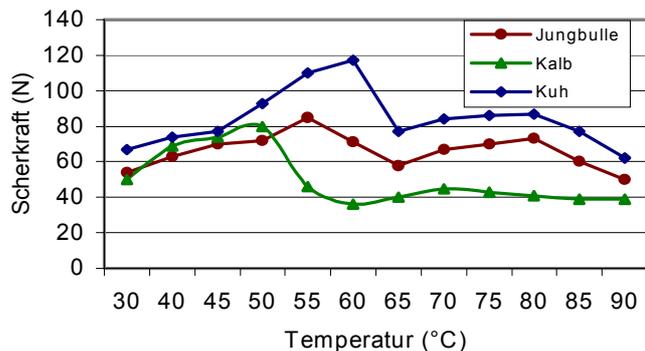


Abb. 2: Scherkraftveränderungen von Kalbfleisch (6 Monate), Jungbullenfleisch (22 Monate) und Kuhfleisch (60 Monate) beim Erhitzen. Es ist der höchste Scherkraftwert angegeben

Zudem ist blutiges bis *medium* gegartes Fleisch saftiger als durchgegartes Fleisch wegen seines höheren Wassergehaltes. Eine Übersicht über den Kochverlust vieler Lebensmittel bei haushaltsüblichen Verfahren beschreibt BOGNAR (2002).

Fleisch ist aber nicht nur mager. Fettgehalte von 2-30 % sind je nach Tierart und Teilstücken vorhanden. Wie viel Fett tritt nun beim Zubereiten aus? Dies ist in den Tabellen 1-3 detailliert für mageres und fettes Fleisch, aber auch für paniertes Fleisch beim Braten aufgezeigt.

Tab. 1: Veränderungen in Roastbeef kurzgebraten; 1,2 % Fett in Rohware

	Dicke 2,5 cm	Gewicht roh 232,5 g	Gewicht gebraten 166,5 g
Bratverlust 66,2 g (28,5 %)			
	gebraten	roh	Differenz
Wassergehalt	63,1 %	73,0 %	- 9,9 %
Fettgehalt	2,2 %	1,2 %	+ 1,0 %
Eiweißgehalt	34,9 %	23,9 %	+ 10,0 %

Fettmenge in 166,5 g gebraten mit 2,2 % Fett = 3,66 g Fett
 232,5 g roh mit 1,2 % Fett = 2,79 g Fett

Zunahme 0,87 g Fett

Mageres Roastbeef (*M. long. dorsi* von Jungbullen) mit 1,2 % Fett wird in Pflanzenfett gebraten (Tab. 1). Dabei gehen 66,2 g (28,5 %) des Gewichts verloren. Primär tritt Wasser aus (Wassergehalt - 9,9 %). Der Fettgehalt steigt von 1,2 auf 2,2 % an. Das heißt, Fett, wenn es aus dem mageren Fleisch überhaupt austritt, wird durch Bratfett ersetzt. Absolut sind dies 0,87 g, bei 166 g Endgewicht eine vernachlässigbare Zunahme.

Bei Schweinebauch, Tabelle 2, nimmt der Wassergehalt ebenfalls durch die Erhitzung als Verdampfungsverlust ab. Obwohl

der Fettgehalt im Endprodukt mit 35,9 % um 4,9 % höher ist als in der Rohware, treten aus dem Schweinebauch 7,9 g Fett in das Bratfett aus. Die absolute Fettmenge sinkt, bei magerem Rindfleisch stieg sie an.

Wird ein mageres Schweineschnitzel (2,6 % Fett) paniert (Panade mit 3,5 % Fett), dann nimmt die Panade Bratfett auf (Tab. 3). In 117 g gebratenem paniertem Schweineschnitzel sind 12,5 % Fett enthalten; dies entspricht einer Zunahme von 10,7 g Fett und einer Zunahme von 10 % Fett im Produkt.

Tab. 2: Veränderungen im Schweinebauch beim Braten; 31,3 % in Rohware

	Dicke 1 cm	Gewicht roh 85,6 g	Gewicht gebraten 52,7 g
Bratverlust 32,9 g (38,4 %)			
	gebraten	roh	Differenz
Wassergehalt	34,9 %	52,4 %	- 17,6 %
Fettgehalt	35,9 %	31,3 %	+ 4,9 %
Eiweißgehalt	25,8 %	15,8 %	+ 10,0 %

Fettmenge in 52,7 g gebraten mit 35,9 % Fett = 18,9 g Fett
 85,6 g roh mit 31,3 % Fett = 26,8 g Fett

Abnahme 7,9 g Fett

Tab. 3: Paniertes Schweineschnitzel; 2,6 % Fett in Rohware

Dicke	1 cm		Panade		
Gewicht ohne Panade	121 g				
Panade	29,5 g				
Gesamt Rohgewicht	150,5 g		roh	29,5 g	
Gesamt Gewicht gebraten	117 g		gebraten	49,8 g	
Bratverlust	33,5 g (22,2 %)				
	gebraten	roh	Differenz	roh	gebraten
Wassergehalt	46,9 %	64,7 %	-17,8 %	40,2 %	30,4 %
Fettgehalt	12,5 %	2,6 %	+9,9 %	3,5 %	23,1 %
Eiweißgehalt	26,9 %	20,4 %	+6,5 %	13,2 %	14,2 %

Fettmenge in 117 g gebraten mit 12,5 % Fett = 14,6 g Fett
 150,5 g roh mit 2,6 % Fett = 3,9 g Fett

Zunahme 10,7 g Fett

Fazit

Mageres Fleisch verliert primär beim Erhitzen Wasser. Auch Bratfett wird kaum aufgenommen. Fettiges Fleisch verliert neben Wasser auch Fett. Panierte Produkte nehmen in die Panade Fett auf. Der Fettgehalt steigt beträchtlich. Die Zartheit wird ebenfalls durch die Erhitzung verändert. Ein Maximum der Zartheit wird bei 55-65 °C (blutig bis *medium*) oder bei langem Erhitzen in Flüssigkeit erreicht.

3. Zerkleinern

Rohes Stückfleisch, auch gereiftes, enthält eine sehr geordnete Struktur. Drei Bindegewebsschichten umschließen zusätzlich Muskel, Muskelfaserbündel und Muskelfasern. Mit der dreidimensional geordneten Muskelstruktur hat rohes Fleisch eine hohe Elastizität und Festigkeit, so dass Fleisch beim Hineinbeißen schwer zu durchtrennen ist. Die hochgeordnete Struktur lässt auch Stoffe wie Salze etc. nur schwer eindringen. Zudem steht einem Eindringen die sich zwar langsam auflösende aber immer noch existierende Lipiddoppelschicht der Zellmembranen entgegen.

Zerkleinern durch Zerschneiden, Quetschen, Zerreißen und Wolfen zerstört die geordnete Struktur. Sowohl Membranen wie auch Bindegewebe und fibrilläre Muskelstrukturen werden aufgebrochen. Zutaten dringen leichter in die Strukturen ein, die Festigkeit nimmt ab. Die Hamburgerproduktion zeigt dies anschaulich.

Zerkleinern erhöht die Oberfläche des Materials. Während bei richtig gekühltem und normalem Fleisch gesunder Tiere nur die Oberfläche eines Fleischstücks mit Mikroorganismen kontaminiert ist, die beim Erhitzen rasch inaktiviert werden, sind im zerkleinerten Fleisch auch die großen neu geschaffenen Oberflächen kontaminationsgefährdet. Auch die innenliegenden Teile eines Hamburgers können im Gegensatz zum Stückfleisch pathogene Mikroorganismen enthalten. Daher ist zerkleinertes Fleisch nur kurzfristig haltbar und muss durchgegart werden.

Das Schaffen großer Oberflächen lässt auch Sauerstoff leichter eindringen. Während bei kurzzeitiger Kühlung von rohem Hackfleisch eine Fettoxidation kaum bemerkbar ist, kann dies bei lange gefrorenem Hackfleisch und Sauerstoffzutritt bemerkbar werden.

4. Salzen

Spaltet sich festes Natriumchlorid in Wasser in Na^+ und Cl^- Ionen auf, geschieht dies durch Dazwischenschieben polarer Wassermoleküle (H_2O). Der Dipol Wasser hat um das Sauerstoffatom eine höhere Elektronendichte als um die beiden Wasserstoffatome und besitzt dadurch eine partielle negative Ladung am Sauerstoff, der sich auf Na^+ Ionen gerichtet, anlagert. Umgekehrt orientieren sich die H-Atome um die Cl^- Ionen. Diese Dipolbindung schränkt die freie Beweglichkeit der Wassermoleküle ein, sie wird mit abnehmendem Abstand vom Ion immer weniger ausgeprägt. Dieses immobilisierte Wasser steht den Mikroorganismen nicht für ihren Lebensraum zur Verfügung. Hohe Salzkonzentrationen außerhalb der Zellen der Mikroorganismen entziehen daher sogar den Mikroorganismen Wasser aus dem Zellinneren (osmotische Druckdifferenz) und hemmen dadurch lebenswichtige Funktionen.

Diese Wirkung zeigen alle Ionen. Da im Fleisch neben polaren nicht ionisierten Gruppen (wie OH, SH, NH_2 , COOH) an den Seitenketten von Aminosäuren in Proteinen ebenfalls Ionen vorkommen, die ebenfalls Wassermoleküle immobilisieren, steht auch im Fleisch selbst mit einer Ionenkonzentration von ca. 0,14 M nur ein Teil der maximalen 75 % Wasser zur Verfügung. Diese Bindung der Wassermoleküle findet ihren Ausdruck im Begriff Wasseraktivität (a_w), der von reinem Wasser mit $a_w = 1$ bis $a_w = 0$ bei vollkommen wasserfreien Substanzen reicht (WIRTH *et al.*, 1975).

Je niedriger der a_w -Wert, desto schlechter wachsen Mikroorganismen. Bei Fleisch-erzeugnissen wird diese Absenkung durch Salzzugabe, erhöhten Fettanteil oder Trocknung wie bei Rohwurst und Rohschinken erreicht. Bei nichterhitzten Erzeugnissen ist daher Salz bei unseren üblichen Fleischtechnologien zur mikrobiellen Stabilität erforderlich. Abtrocknung allein kann auch zu stabilen Produkten führen, jedoch muss erst einmal ein gewisser Abtrocknungsgrad zur Stabilität

erreicht sein. In dieser ersten Phase ist Salz unerlässlich.

Unsere Vorfahren fanden heraus, dass Salz aber nicht nur die mikrobielle Stabilität bei Fleischerzeugnissen erzeugt und schmeckt, sondern dass auch Farbe, Festigkeit und Bindung im gewünschten Sinne beeinflusst werden.

In magerem Fleisch, das zu 75 % aus Wasser und zu 22-25 % aus Proteinen besteht, sind etwa 2/3 der Proteine in der Muskelzelle unlöslich. Dies sind u. a. die kontraktile Einheiten des Muskels und Bindegewebes.

Erhöht man durch Salzzugabe zum Fleisch die Ionenkonzentration, dann lagern sich die Ionen des Kochsalzes an die Ionen der Proteinseitenketten an und schirmen deren Anziehung ab. Wird gleichzeitig Wasser zugesetzt, dann dringt dieses mit den Salzionen in die dichten Proteinstrukturen ein und bringt diese dazu, sich voneinander zu entfernen (Abb. 3).

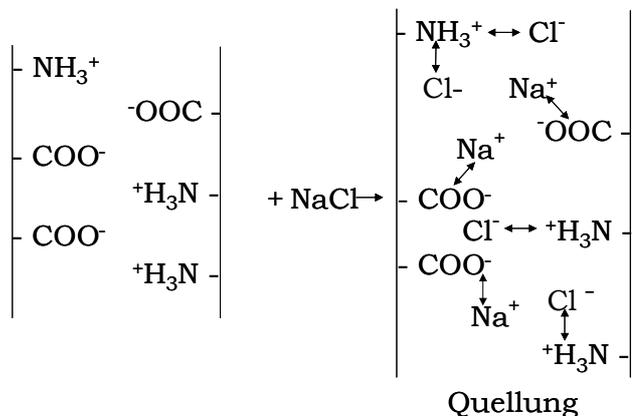


Abb. 3: Die Quellung von Proteinketten mit geladenen Seitenketten durch NaCl

Die Struktur quillt. Wird gleichzeitig zerkleinert und somit mechanisch die stark geordnete Struktur zerstört, kann die Quellung rasch und weitergehend erfolgen. Bei einer Quellung haben die Teile noch teilweise Assoziationen miteinander. Ist für einzelne Proteine diese Verknüpfung nicht mehr vorhanden, dann kann aus der Quellung ein In-Lösung-Gehen werden. Eine Lösung bedeutet, die einzelnen Teile beeinflussen sich nicht mehr.

Dies geschieht als erster Schritt bei der Herstellung einer Brühwurst. Fleisch wird in einem Kutter zerkleinert und ca. 2 % Salz (berechnet auf die Endmasse) neben ca. 25 % Wasser oder Eis (berechnet auf die Endmasse) zugesetzt. Die zerkleinerten Fleischproteine quellen und gehen zum Teil in Lösung.

Durch die Salzionen werden jedoch zusätzlich die Tertiär- und Quartärstrukturen der Proteine geändert. Die nach innen gerichteten lipophilen (hydrophoben) Seitenketten der Proteine werden an die Oberfläche gebracht. Die Lipophilität der fibrillären Proteine wird erhöht.

Im zweiten Schritt der Brühwurstherstellung wird Fettgewebe oder fettreiches Fleisch in den Kutter gegeben und mitzerkleinert in kleine Fettteilchen, die bei den üblichen Temperaturen von 6 °C bis maximal 15 °C nicht schmelzen. Fette (Lipide) sind wie der Name sagt lipophil. Sie neigen im wässrigen Medium dazu, sich miteinander zusammenzulagern (wie das Aufrahmen bei Sahne). Durch die mechanische Verteilung und die lipophilen Oberflächen der gequollenen und gelösten Proteine können die Fettteilchen aber auch mit Proteinen und deren lipophilen Oberflächen in Wechselwirkung treten. In einem guten Brühwurstbrät werden diese Fettteilchen von Proteinen umschlossen und assoziieren nicht mehr miteinander (Abb. 4).

Wird im 3. Schritt der Brühwurstherstellung die Brätmasse erhitzt, dann bleiben die nun flüssigen Fettteilchen von Proteinen umhüllt und voneinander getrennt. Sie dienen im Brät gar als Füllmasse, die das dreidimensionale Proteinnetz räumlich in dessen Zwischenräumen ausfüllt.

Während hydrophile Ionen- und Dipolbindungen zwischen den Ionen, Dipolen und Wasser mit steigender Temperatur durch die erhöhte Beweglichkeit der Wassermoleküle schwächer werden, werden hydrophobe (lipophile) Bindungen durch Temperaturerhöhung als Schutz gegen Wassermoleküle stärker.

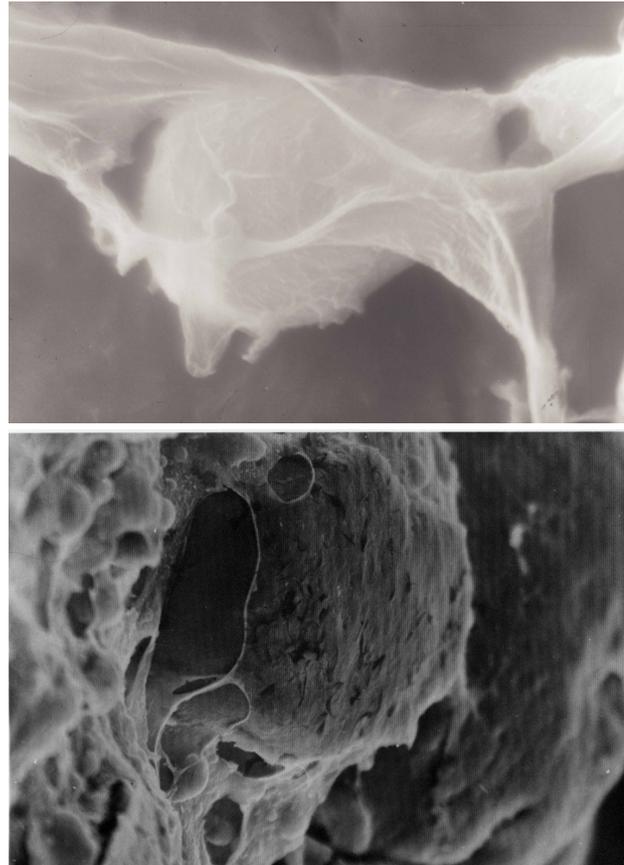


Abb. 4: Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Fettpartikeln in Brühwurst umschlossen von gequollenem ungelöstem Protein

Die hydrophoben Proteinseitenketten verbinden sich (verfilzen) in Brühwurstbräten miteinander und es entsteht ein schnittfestes Proteinnetz, das die Fettteilchen fest einschließt. Um dies zu erreichen, ist Salz die essentielle Voraussetzung.

Dieses kann jedoch durch andere Zutaten wie Erhöhung des Eiweißgehaltes oder Zugabe hochpolymerer Kohlenhydrate zum Teil ausgeglichen werden. Den guten Biss (Festigkeit) einer üblichen Brühwurst haben diese Produkte aber kaum.

Aber auch Wasserzusatz als Quellmedium ist unabdingbar. Eine Brühwurst ohne Wasser hat nicht ausreichend Bindung, setzt Fett ab und zerfließt zum Teil beim Erhitzen. Dies ist bei Rohwurst der Fall, bei der die Quellung ohne Wasser und nachfolgende Abtrocknung zwar zur Schnitffestigkeit (Viskositätserhöhung) bei

Raumtemperatur führt, aber bei Erhitzung sind die Fettpartikel nicht gebunden und die Wurst fällt auseinander.

Salz in Kochwurst

Kochwürste werden so hergestellt, dass Fleisch und Fettgewebe in mehr oder weniger großen Stücken in Flüssigkeit ohne oder mit wenig Salzzusatz erhitzt werden. Nach dem Erhitzen wird abgekühlt und eventuell zerkleinert und bei Temperaturen um 40 °C Leber, Blut und/oder Gelatine zugesetzt und gemischt. Salz wird aus Geschmacks- oder auch mikrobiellen Stabilitätsgründen zugegeben. Nach einer zweiten Erhitzung wird die Wurst abgekühlt und bei 20 °C und tiefer schnittfest. Aus technologischen Gründen ist Salz nicht erforderlich, da Leber und Blut sowie Gelatine mit Salz beim Erhitzen keine hitzestabilen Proteinnetzwerke ausbilden können. Das Fleisch(muskel)-eiweiß wurde bereits beim 1. Schritt ohne Salz denaturiert.

Fazit

Salz hat konservierende und in einigen Produktgruppen wasserbindende Wirkungen. Brühwürste und Kochschinken traditioneller Art erfordern die Salzzugabe. Ebenso ist Salz bei Rohschinken und Rohwurst notwendig, welche durch a_w -Wert Absenkung mikrobiell stabilisiert werden. Bei Kochwürsten hat Salz keine bindende, sondern primär geschmackliche Wirkung.

Weiterführende Literatur

- BOGNAR, A. (2002): Tables on weight yield of food and retention factors of food constituents for the calculation of nutrient composition of cooked food dishes; Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe (Bericht BFE R-02-03).
- HAMM, R., (1986): Functional properties of the myofibrillar system and their measurement, in: "Muscle as Food" (ed. P. J. Bechtel, Academic Press, New York, USA, S. 135

HECHT, H. (1986): Reifung und Zartheit von Fleisch, in: *Chemisch-physikalische Merkmale der Fleischqualität*, Kulmbacher Reihe, Band 6, S. 39

HERMANNSSON, A. M. (1988): The Structure and Functional Properties of Meat Raw Materials in Comminated Meat Products, in "Trends in Modern Meat Technology 2", (ed. B. Krol, P. S. van Roon and J. B. Houben), Pudoc Wageningen S. 60 - 64

HONIKEL, K. O. (1981): Wasserbindung und Fettemulgierung bei der Fleischverarbeitung in „Beiträge zur Chemie und Physik des Fleisches“. Herausgeber: Institut für Chemie und Physik, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, S. 89 - 105

HUGAS, M., M. GARRIGA and J. M. MONTFORT (2002): New Mild Technologies in Meat Processing: High Pressure as a Model Technology. Proc. 48th ICoMST, Rome, Vol. I, S. 85

PEARSON, A. M. and R. B. YOUNG (1989): *Muscle and Meat Biochemistry*, Academic Press, New York, USA

PURCHAS, R. W. and R. AUNGSUPAKORN (1993): Further investigations into the relationship between ultimate pH and tenderness in beef samples from bulls and steers, *Meat Science* 64, 163

TATSUMI, R. and K. TAKAHASHI (2003): Structural Changes in Titin and Nebulin Filaments Specific to Calcium Ions at 0.1 mM: Factors of Meat Tenderization During Postmortem Ageing. *J. Food Sci.* 68, Nr. 3, S. 756

TROEGER, K. (1998): Kapitel 20, Fleischwaren, in „Qualität von Fleisch und Fleischwaren“. Herausgeber: W. Branscheid, K. O. Honikel, G. von Lengerken und K. Troeger, Deutscher Fachverlag, Frankfurt/Main, S. 773 – 894

WIRTH, F., LEISTNER, L. und W. RÖDEL (1975): Richtwerte der Fleischtechnologie, Verlagshaus Sponholz, Frankfurt/Main

WIRTH, F. (1984): Wasserbindung, Fettbindung, Strukturbiologie in „Technologie der Brühwurst“, Herausgeber: Institut für Technologie, Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, S. 60 – 79