6.30 MESSTECHNISCHE VERFOLGUNG DES KUTTERPROZESSES

Prof.Dr.sc.techn. H.-J. RAEUBER, Dipl.-Ing. P. Grabein,
Dipl.-Chem. A.Geißler
Technische Universität Dresden, DDR

1. Einleitende Zielstellung

Der Kutterprozeß ist von wesentlicher Bedeutung für die Herstellung von Wurst aus feinzerkleinertem Fleisch, vor allem für Brühwurst.
Qualität, Ausbeute, Energiebedarf und Produktivität werden durch diesen Prozeß nachhaltig beeinflußt. Eine Automatisierung dieses Prozesses, die von den sich verändernden Bräteigenschaften ausgeht und im Sinne einer echten Regelung die optimale Schüttwassermenge und den Abbruch bei der Erreichung der günstigsten Brätqualität sichert, wäre ein erheblicher Fortschritt.
Es muß versucht werden, Wege zu finden, daß über wesentliche, d. h. bestimmende, Zusammenhänge zwischen schnell und sicher meßbaren Bräteigenschaften und der Produktqualität eine technisch realisierbare Regelung erfolgen kann.

2. Analyse des Standes

Viele wissenschaftliche Untersuchungen haben die inneren Gesetzmäßigkeiten des Kutterprozesses zum Objekt. Der Stand kann etwa folgendermaßen zusammengefaßt werden.
Ziel des Kutterprozesses ist es, rohes Muskel- und Fettgewebe unter Zusatz von Fremdwasser, Salz und Gewürzen zu einer feinen, mehr oder weniger homogenen, Brätmasse zu zerkleinern, wobei Misch- und Quellprozesse eingeschlossen sind.

Aufgabe des Schneidvorganges ist die Fortführung der (meist im Fleischwolf begonnenen) Trennung der Muskelfaserbündel und der Zerstörung der Zellmembranen. Ziel ist es, möglichst viele Muskelzellen zu öffnen, um die darin enthaltenen Filamente (Actin und Myosin) freizulegen, damit sie strukturbildend wirken können. Das Salz lagert sich bevorzugt an den Grenzflächen an, durch den Konzentrationsunterschied kommt es zum Austritt von Actin und Myosin, die bei ausreichendem Fremdwasserangebot in starkem Maße quellen können (1,2,3,4,6). Polyphosphate aktivieren das fibrilläre Muskeleiweiß, d. h. sie erhöhen seine Löslichkeit und die Bindung nach dem Erhitzen ist verbessert (5).
Da das Fett weitgehend die Textur einer Brühwurst bestimmt, ist seine feine und stabile Verteilung im Brät qualitätsbestimmend. Die Zerkleinerung, die dabei herrschende Temperatur und die Einbettung des Fettes in die Eiweißmatrix sind dafür entscheidend (7).
Die Derzeitige Automatisierung des technischen Kutterprozesses ist gekennzeichnet durch die programmgesteuerte Beschickung, Schüttwasserzugabe, Überwachung der Temperatur und der Umdrehungsanzahl und Entleerung. Dabei werden der Zustand der Rohstoffe (Vorgeschichte) gar nicht und der Prozeßfortschritt nur überschlägig durch Abbruch nach einer bestimmten Kutterzeit, Schüsseldrehungszahl oder Brätendtemperatur berücksichtigt.
Auch die Berechnung einer optimalen Kutterzeit, wie sie GORBATOW, A.W. u. Mitarb. (8) vorschlagen, gilt zwar grundsätzlich, ist aber für die Regelung eines konkreten einzelnen Kutterprozesses mit seinen Abweichungen nicht geeignet.

3. Mikroskopische Verfolgung des Kutterprozesses

Optische Strukturuntersuchungen wurden angestellt, um aus dem Verhalten der einzelnen Bestandteile Rückschlüsse auf den Erfolg und die Gestaltung des Kutterprozesses ziehen zu können. Geht man davon aus, daß es sich bei Brühwurstbrät um eine emulsionsartige Masse handelt, in der Fettpartikel von Eiweißmembranen wenigstens teilweise umgeben sind, bieten sich Präparationsmethoden an, die diese Struktur deutlich machen und ihren Verfolg über den Kutterprozeß ermöglichen. Eindrucksvoll hat bereits SCHÖNBERG (9) fünf Phasen des Kutterprozesses in mikrostrukturellen Bildern deutlich gemacht.
Bei dem Versuch, die Aussagefähigkeit und Handhabbarkeit verschiedener mikroskopischer Methoden zu überprüfen, wurden Quetschpräparate, Gefrierschnitte, Paraffinschnitte und Semidünnschnitte angefertigt.

Q u e t s c h p r ä p a r a t e haben den Vorteil einer aufwandsarmen und sehr schnellen Herstellung, die Aussagefähigkeit ist jedoch gering, da der Zustand der Eiseiße ungenügend dargestellt wird und beim Quetschen Strukturveränderungen entstehen können.
G e f r i e r s c h n i t t e wurden durch Schocken bei -78°C hergestellt, um so wenig wie möglich Strukturveränderungen zuzulassen. Nach dem Schneiden auf einem Mikrotom (h = 10^{-2} mm) wurde mit Sudan-Schwarz und Kernechtrot angefärbt, so daß das Fett dunkelblau (bis schwarz) und Eiweiß rot erscheinen. Der Aufwand ist relativ hoch, die Aussagekraft hinsichtlich der Verteilung der Komponenten jedoch gut. Die Bilder 1 bis 4 zeigen in 350facher Vergrößerung Brätproben, die 3 min, 4 min, 5 min und 7 min nach Kutterbeginn entnommem worden waren. Die Aufnahmen von Proben aus dem thermisch behandelten Brät (Wurst) haben ein analoges Aussehen.
P a r a f f i n s c h n i t t e erlauben eine spezielle Untersuchung des Verhaltens der Eiweißkomponenten. Das Fett wird durch die Behandlung mit Alkohol und Xykol herausgelöst. Guterhaltene Muskelfaserstücke nach 3 und 4 min Kutterzeit und Bruchstücke nach 5 min, die sich bei 7 min Kutterzeit als körniger Muskelzellenbrei zeigen, sind das Ergebnis.
S e m i d ü n n s c h n i t t e lassen durch Nachfixierung mit Osmiumtetroxid das Fett schwarz erscheinen, damit wird eine analoge Aussagefähigkeit erreicht, wie beim Gefrierschnitt, wobei die Differenzierungen im Eiweißanteil feiner sind. Außer der wenig aussagefähigen Quetschpräparation haben die übrigen Methoden gemeinsam, daß sie für wissenschaftliche Zwecke nachträglich Erkenntnisse liefern können, aber für eine Steuerung des aktuellen Prozesses viel zu zeit- und materialaufwendig sind.

4. Rheologische Verfolgung des Kutterprozesses

Nach HAMM (10) ist zerkleinertes Fleisch eine strukturviskose Substanz, deren Viskosität also von der aufgebrachten Schubspannung abhängt. Sie zeigt eine Fließgrenze und Thixotropie, die am isoelektrischen Punkt ebenso wie das Wasserbindevermögen (WBV) ein Minimum aufweisen. Mit steigendem WBV und zunehmender Quellung erhöht sich die Viskosität, die allerdings bei zunehmendem Zerkleinerungsgrad wieder abnimmt. Sei Anwesenheit von Phosphat sind die micellaren Zusammenhänge lose und trotz erhöhtem WBV ist die Viskosität nicht erhöht.
Eigene Untersuchungen bestätigen diesen Zusammenhang (s. Bild 5), wobei deutlich wird, daß der Fett- und Geleeabsatz in dem thermisch behandelten Brät (Wurst)

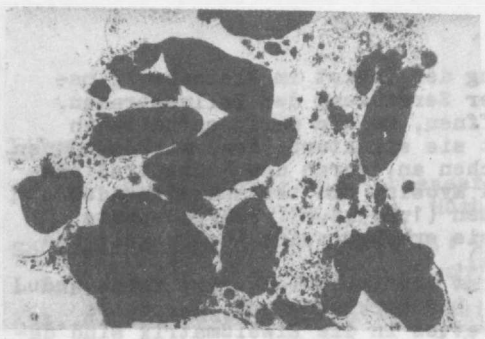

Bild 1: Kutterzeit 3 min

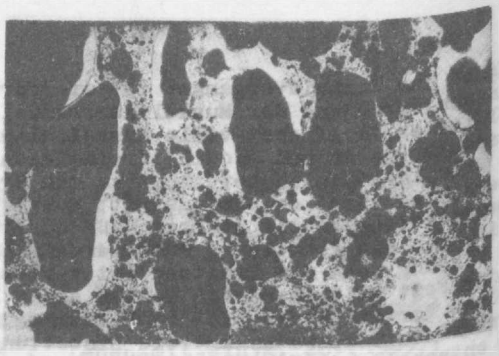

Bild 2: Kutterzeit 4 min

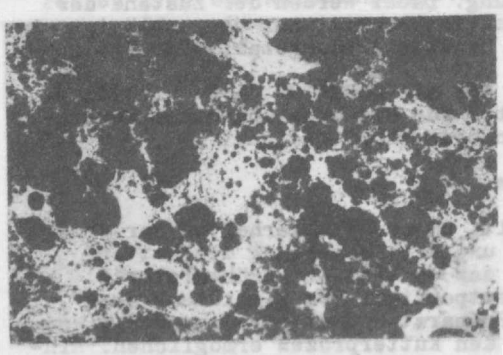

Bild 3: Kutterzeit 5 min

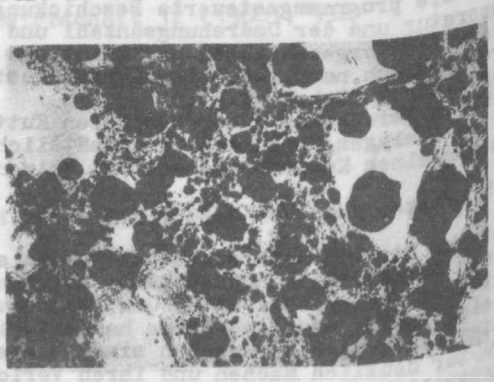

Bild 4: Kutterzeit 7 min

Bilder 1 bis 4: Gefrierschnitte von Brühwurstbrät (350fach)

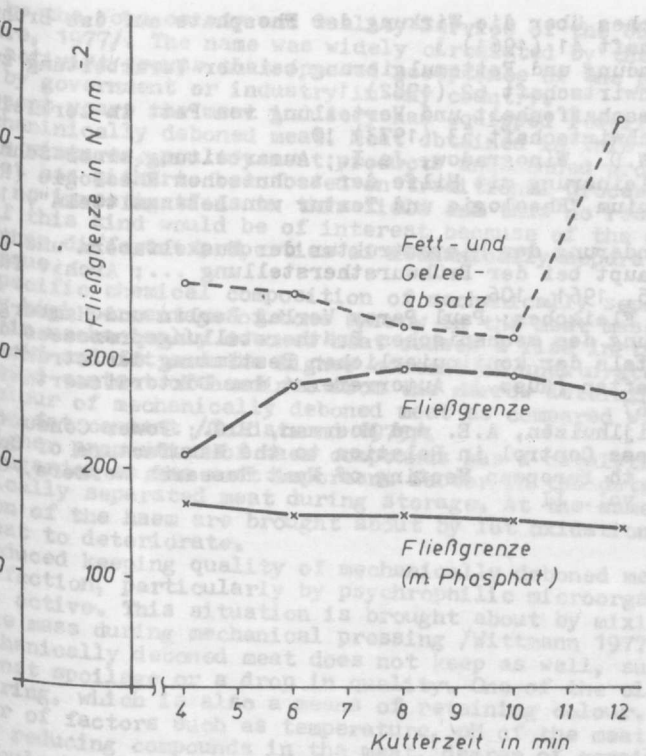

Bild 5: Fließgrenze (mit und ohne Phosphatzusatz) sowie Fett- und Geleeabsatz in Abhängigkeit von der Kutterdauer

erwartungsgemäß negativ zur Fließgrenze korreliert. Auffällig sind die beim "Überkuttern" absinkende Fließgrenze und stark steigender Fett- und Geleeabsatz. Daraus leitet sich grundsätzlich die Möglichkeit ab, die rheologischen Größen für die Prozeßregelung zu nutzen. Diese Schlußfolgerung war bereits von BAKUNZ (11) gezogen worden, der vorschlug, eine in das Brät einseitig eintauchende Kugel zur Messung zu benutzen, die mit einer Achse drehbar auf eine Drehmomentenfeder wirkt. Ein praktischer Einsatz dieser Anordnung ist nicht bekannt. Wahrscheinlich sind die Schwierigkeiten, mit einer vom Brät ständig umflossenen sensiblen mechanischen Meßeinrichtung nicht beherrschbar.

Einen interessanten Zusammenhang fanden PAARDEKOOPER u. Mitarb. (12) zwischen der Nettoenergie- bzw. Leistungsaufnahme des Kutters und dem Verlauf des Prozesses. Für Fettgewebe, für mageres Fleisch und für Brätzusammensetzungen mit Fremdwasseranteil werden charakteristische Verläufe dargestellt, die auf Strukturänderungen während des Zerkleinerungs- und Mischprozesses zurückgeführt werden. Bei Überschreiten des Leistungsaufnahmemaximums wird eine Strukturzerstörung im Brät vermutet, die mit Störungen der Stabilität im späteren thermischen Prozeß korreliert.

5. Schlußfolgerungen

Neben den informativen Aussagen der Mikrostrukturbildanalyse, die für eine Regelung ausscheidet, weil Aufwand, Zeitverzögerung und Nichtautomatisierbarkeit dem entgegenstehen, bieter rheologische (strukturmechanische) Eigenschaften Ansatzpunkte für eine Prozeßregelung, da offensichtlich feste Korrelationen zwischen ihnen und den Quell- und Bindevorgängen im Brät herrschen.

Literatur

(1) Hamm, R.; Die Mikrostruktur des Muskels und ihre Beziehung zum Wasserbindevermögen des Fleisches; Die Fleischwirtschaft 43 (1963) 4, 298 ... 301
(2) Heidtmann, R.; Probleme der Zerkleinerung bei der Herstellung von Brühwurst; Die Fleischwirtschaft 41 (1961) 2
(3) Hermannson, A.-M.; Die Einwirkung des Vorsalzens von Fleisch auf die Eigenschaften feinzerkleinerter Fleischprodukte; 28. Europ. Fleischforscherkongreß 1982 Madrid (Spanien)
(4) Puolanne, E.; Über das Wasserbindungsvermögen der Brühwurst - Rohstoffe; Die Fleischwirtschaft 60 (1980) 1041 ... 1043

(5) Kotter, Z.; Grundsätzliches über die Wirkung der Phosphate auf das Brühwurstbrät; Die Fleischwirtschaft 41 (1961) 3
(6) Honikel, K.O.; Wasserbindung und Fettemulgierung bei der Verarbeitung zu Brühwurstbräten; Die Fleischwirtschaft 62 (1982) 1
(7) van den Dord, A.M.A.; Beschaffenheit und Verteilung von Fett in zerkleinerten Fleischwaren; Die Fleischwirtschaft 53 (1973) 10
(8) Gorbatow, A.W., Kosij, W.D., Winogradow, Ja.I.; Ausarbeitung einer Schneidtheorie der Fleischzerkleinerung mit Hilfe der technischen Rheologie (Russ.); Vortrag zum III. Kolloquium "Rheologie und Textur von Lebensmitteln", 1984 Dresden (DDR)
(9) Schönberg, F.; Zur Veränderung der Histostruktur der Muskelfasern und der Skelettmuskulatur überhaupt bei der Brühwurstherstellung ...; Archiv für Lebensmittelhygiene Nr 5, 1961, 106
(10) Hamm, R.; Biochemie des Fleisches; Paul Parey Verlag Berlin und Hamburg 1972
(11) Bakunz, G.W.; Untersuchung des mechanischen Brätherstellungsprozesses durch Kuttern und Mischen mittels der kontinuierlichen Bestimmung der strukturmechanischen Bräteigenschaften (Russ.); Autorreferat der Doktordissertation, MTIMMP Moskau, UdSSR 1967
(12) Paardekooper, E.J.C., Wijlhuizen, A.E. and Moerman, P.C.; Power Consumtion as a Parameter for Process Control in Relation to the Manufacture of Comminuted Meat Products; 26 th European Meeting of Meat Research Workers, Colorado Sprongs, USA 1980, vol. II