



ЕВРОПЕЙСКИЙ КОНГРЕСС РАБОТНИКОВ
И И И МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

th EUROPEAN CONGRESS
OF MEAT RESEARCH INSTITUTES

ter EUROPÄISCHER KONGREß
DER FLEISCHFORSCHUNGSINSTITUTE

ème CONGRES EUROPEEN
DES INSTITUTS DE RECHERCHES
SUR LES VIANDES

W. M. Gorbатов, N. E. Fedorow
A. W. Gorbатов, I. A. Rogow

225

STRUKTURAL-MECHANISCHE
EIGENSCHAFTEN EINIGER FLEISCHWAREN

.N

58

МОСКВА 1962г.

STRUKTURAL-MECHANISCHE

EIGENSCHAFTEN EINIGER FLEISCHWAREN

Doz. W.M.Gorbatow- das Allunions-Forschungs-
institut der Fleischwirtschaft; Prof. N.E.Fedorow,
Kand. techn. Wis. A.W.Gorbatow, I.A.Rogow-
das Moskauer technologische Institut der Fleisch-
und Milchwirtschaft, UdSSR

Die struktural-mechanischen Eigenschaften verschiedenartiger Stoffe sind in den letzten zwei Jahrzehnten zum Gegenstand vieler Forschungen geworden (1). Die genannten Eigenschaften ermöglichen auch die Beurteilung von Fleischrohmaterialien sowie Halbfabrikaten auf verschiedenen Bearbeitungsstufen und auf solche Weise bestimmen den Charakter von einer Reihe wichtiger Vorgänge in der Fleischtechnologie; darunter auch mechanischer, hydro-mechanischer, thermischer und Diffusionsvorgänge. So beeinflussen, beispielsweise, die Wasser- und Salzmenge im Fleischbrät, und dessen Alterndauer die struktural-mechanischen Eigenschaften; die Berechnung von Vorgängen, die zur mechanischen Bearbeitung gehören, sowie der Bewegung der Produkte in den Arbeitsorganen der Maschinen und Geräte, von Koeffizienten des Wärmeübergangs bei der Erwärmung, von Deformation bei Trocknen sind ohne Kenntnis von struktural-mechanischer Beschaffenheit der zu verarbeitenden Materiale unmöglich.

Und doch sind sie trotz grosser Bedeutung dieser Eigenschaften beim Studium der Fleischtechnologie und bei der Berechnung der Vorrichtungen noch nicht genau genug untersucht. Dabei sind die Eigenschaften bei der Verschiebung für viele Produkte schon bestimmt, mit der Untersuchung der Volumigenschaften erst aber begonnen.

Struktural-mechanische (Verschiebungs-)

Eigenschaften

je nach der Bindungsart zwischen den Strukturelementen können in drei Hauptgruppen geteilt werden (2).

Die Koagulationsstruktur wird durch schwache von der Waalsche Kohäsionskräfte durch dünne Restschichten des Dispersionsmediums charakterisiert. Diese Schichten bestimmen in den Berührungsstellen die Systemeigenschaften: Hixotropie, Relaxation, Plastizität und Kriechen unter beliebig kleinen Verschiebungsbeanspruchungen. Die Festigkeit der Koagulationsstruktur wächst mit der Zeit an (3,4).

Die Kristallisations- sowie Kondensationsstrukturen, die durch die chemischen Kräfte der Hauptvalenzen oder infolge der direkten Verwachsung von den Kristallen der neuentstehenden Phase gebildet werden, zeichnen sich durch hohe Festigkeit und keine Thixotropie aus, d.h. dass sie nach der Zerstörung nicht wiederhergestellt werden. Die Kristallisationsstruktur ist wegen der Gleichgewichtslosigkeit der Verwachsungsstellen thermodynamisch unbeständig; das Streben nach dem Gleichgewicht äußert sich in der Lösung der Verwachsungskontakte unter der Herabsetzung der mechanischen Festigkeit in der Zeit nach der Erreichung der maximalen Festigkeit. Daraus folgt, dass die Kristallisationsstruktur vom Anfang der Entstehung an in sich die Vorbedingungen zur Selbsterstörung birgt. Die Kondensationsstruktur zeichnet sich durch die höchste thermodynamische Beständigkeit aus. Die Festigkeit wächst bis zur maximalen an und bleibt danach in der Zeit konstant. Diese Struktur wird aus der Koagulationsstruktur gebildet, falls aus der letzten die Restschichten zwischen den Teilchen entfernt werden (Trocknen, Brennen), und kann wiederum in Koagulationssystem verwandelt werden, falls zwischen den Teilchen die Schichten der flüssigen Phase erscheinen würden, die chemische Zusammensetzung des Materials aber unverändert bleiben würde. In den letzten zwei Strukturen ereignen sich die Relaxationsvorgänge praktisch nicht, was auf die Zerstörung dieser Strukturen bei deren Bildung beispielsweise bei der Trocknung, zurückzuführen ist, wenn die Umwandlungskinetik von einem Strukturtyp zum anderen die die Verhältnisse des Prozesses bestimmt. Die prinzipielle graphische Abhängigkeit unterschiedlicher Strukturen von der Zeit ist der

Abb. I zu entnehmen.

In den technologischen Vorgängen der Fleischindustrie kommen alle drei Strukturtypen vor. Man kann selbstverständlich bei realen Körpern über eine sozusagen "reine" Struktur nicht sprechen, man soll die vorherrschende Struktur nennen. Flüssigkeitsartige Systeme (aufgeschmolzenes Tierfett, Brühe, Blut usw.) können bei hohen Temperaturen oder kleinen Konzentrationen strukturlos sein oder eine Koagulationsstruktur haben (3). Die Fettstruktur wandelt bei der Temperaturherabsetzung aus der Koagulations- in die Kristallisationsstruktur um. Doch wurde bei der Untersuchung von festem Schweinefett im Rotationsviskosimeter seine Kristallisationsstruktur bei hohen Verschiebungsbeanspruchungen zerstört. Die neu entstandene Struktur war eine vom Koagulationstyp. Verschiedene Fleischbrätarten haben auch die Struktur von solchem Typ (4,5). Das Fett verteilt sich im Brät als einzelne Teilchen, die offenbar bei längerer Lagerung und niedrigen Temperaturen die Kristallisationsstruktur bilden vermögen. Deswegen kann das Brät mit höherem Fettgehalt unter genannten Bedingungen eine Koagulations-Kristallisationsstruktur bilden.

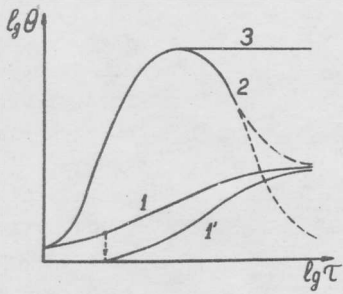


Abb. I. Abhängigkeit der Strukturfestigkeit von der Dauer deren "Alterns" 1 - Koagulationsstruktur, 1- dasselbe nach völliger Zerstörung, 2- Kristallisations und 3- Kondensationsstrukturen.

Die wichtigsten Verschiebungseigenschaften der strukturierten festartigen Systeme sind (4,6,7): Viskosität η_f und Relaxationsperiode τ als Funktion der Verschiebungsbeanspruchung (θ); die höchste Viskosität der unzerstörten Struktur beim "Gleiten" der Berührungstellen (η_0) sowie die Viskosität der maximal

zerstörten Struktur (η_m^*); die plastische Viskosität (η); Verschiebungselastizitätsmodule (G); Fluiditätsgrenzen - bedingt statische (σ_{st}) und dynamische (Verschiebungsgrenzbeanspruchung - σ_0) und Kriechensgrenze; Strukturfestigkeit bei elastisch-spröder und elastischer Zerreissung (σ_m) sowie bei plastisch-zäher Zerstörung (σ_r).

Die Werte der Eigenschaften und deren Veränderungen sind aus der Abb. 2 zu ersehen. Die flüssigkeitsartigen Systeme weisen ähnliche Eigenschaften auf mit dem Unterschied, dass $\sigma_{st} = 0$ und $\eta_0 = \eta_0'$. Die Newtonschen Flüssigkeiten in den Koordinatenachsen $\dot{\epsilon}(\theta)$ werden durch eine dem Koordinatenbeginn entspringende Gerade charakterisiert. Für die Berechnung aller dieser Eigenschaften werden die Ausgangsabhängigkeiten $\dot{\epsilon}'(\sigma, \tau)$ und $\dot{\epsilon}(\tau, \theta)$ angenommen, worin $\dot{\epsilon}'$ - Geschwindigkeitsgradient, E - relative Deformation, τ - Dauer der Verschiebungsbeanspruchung

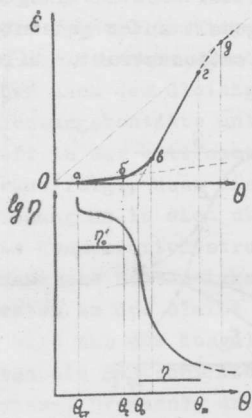


Abb. 2. Rheologische Kurven für festartige Systeme. σ_2 - Zone der elastischen Deformationen, maximale Viskosität der unzerstörten Struktur, $\eta_0' = \frac{\sigma - \sigma_{st}}{\dot{\epsilon}}$ maximale Viskosität nach Schwedow, σ_1 - Zone der Laminar-Strukturzerstörung, σ_0 - Zone des viskos-plastischen Strömens, $\eta = \frac{\sigma - \sigma_0}{\dot{\epsilon}}$ minimale plastische Viskosität nach Bingham, g und höher - Zone des Newtonschen Strömens mit konstanter Viskosität der höchst zerstörten Struktur.

Die aufgezählten Eigenschaften wurden der Klassifizierung von flüssigkeits- sowie festartigen Systemen zu Grunde gelegt. Das ist aber nicht die einzige Methode; die strukturierten Systeme können auch in grössere Gruppennzahl aufgeteilt werden (8, 9, 10). Die Eigenschaften der Fleischwaren werden üblicherweise nach der Klassifizierung von P.A. Rebinder und N. A. Michailow studiert (6).

In unseren Arbeiten (4, II, 15) wurden die Bräteeigenschaften

228

am häufigsten bei bedeutenden ϵ -Werten bestimmt, aber der η_m Wert wurde nie erreicht. W.P. Wolowinskaja und Mitarb. (I4) sowie A.A. Sokolow und J.F. Sajas (I2, I3) haben die Bräteeigenschaften sowohl im Zusammenhang mit den technologischen Fragen, als auch zur Charakterisierung des nach der neuen Technologie hergestellten Rohmaterials festgestellt. Aus diesen Forschungen geht hervor, dass die zahlmässigen Werte der Eigenschaften im Bereich der kleinen ϵ ganz befriedigende Übereinstimmung aufweisen, obwohl in den ersten nur der Rotationsviskosimeter, in den übrigen aber - die Viskosimeter mit flach-parallelem Spielraum angewendet wurden. Im Bereich der grossen ϵ -Werten wurden wenig Angaben erhalten. In einigen Arbeiten (I3, I4) wurde die plastische Viskosität nicht bestimmt und die niedrigsten berechneten η_{ef} Werte wurden irrtümlicherweise als Viskosität der maximal zerstörten Struktur bezeichnet (η_m). Aus der zusammenfassenden Tabelle I sind die zahlmässigen Werte der Eigenschaften verschiedenartiger Brätarten, die nach der üblichen Rezeptur hergestellt worden sind, ersichtlich.

Fett ist ein Plastifikator, es setzt die Brätviskosität herab. Nach W.P. Wolowinskaja kann die Gleichung erhalten werden, die den Fettanteil im Brät mit dessen Viskosität verbindet:

$$\eta_0 = \eta_0^x \cdot (1 - 2c), \quad \text{warin } \eta_0^x - \text{maximale}$$

Viskosität des fettfreien Bräts mit unzerstörter (intakter) Struktur. Das Gemisch von Rind- und halbfettem Schweinefleisch ergibt minimale η_0 -Werte, falls der Anteil einer der Komponenten von 40 bis 60 Prozent ausmacht. Der Zusatz von fett-wässriger Emulsion (I2, I3) zum Brät bewirkt die Steigerung von η_0 um I,2-I,4, die fett-wässrige Emulsion verbindet sich besser mit den Fleischteilchen, und das erübrigt dessen Pökellung.

Der Wasserzusatz setzt die zahlmässigen Werte aller Bräteeigenschaften herab, falls das Wasser locker ist.

Das Altern des Fleisches steigert nach den theoretischen Vorstellungen dessen Festigkeit und Viskosität (Abb. I). Die Pökellung bewirkt den gleichen Effekt.

Die Anwendung von Phosphaten in der Wurstproduktion wirkt ebenso wie die fett-wässrige Emulsion, fördert die Wasserbindung.

Eine sehr wichtige Eigenschaft der strukturierten Dispersionsysteme bei beliebigen Verschiebungsbeanspruchungen ist das

Vorhandensein von Hystereseschleifen beim Belasten und Entlasten. Wenn man die Kurven 1,2,3,4 des Versuchs $\sqrt{2}$ (Abb.3), wo die ungeraden Kurvenzahlen der Belastung entsprechen, aufeinanderlegt, so werden die Hystereseschleifen deutlich sichtbar. Ihr Vorhandensein ist auf die Strukturzerstörung unter Einwirkung der Beanspruchungen in der Zeit, d.h. $\epsilon(\theta, \tau)$ oder $\eta_{ef}(\theta, \tau)$ zurückzuführen. Diese Abhängigkeiten werden im dreidimensionalen Koordinatensystem als krummlinige Flächen ausgedrückt.

Die aufgezählten Eigenschaften charakterisieren das Verhalten der Materiale unter Einwirkung von Beanspruchungen. Allerdings sind nicht alle Eigenschaften bei verschiedenen Vorgängen gleich bedeutend.

Bei der mechanischen Bearbeitung oder beim Transport der Materiale (hohe Geschwindigkeitsgradienten) sind die effektive Viskosität oder plastische Viskosität sowie die Grenzbeanspruchung der Verschiebung von grösster Bedeutung. Bei normaler Bewegung befindet sich das System in relativem Gleichgewicht, d.h. dass die Zahl der zerstörten Bindungen der Zahl der thixotrop wiederhergestellten gleich ist. Das Dispersionsmedium kann sich von den Teilchen "ablageren" und die Rolle der Schmiere spielen, indem sie die Bewegung erleichtert. Während der Bewegung des Materials in der Rohrleitung kann die effektive Viskosität die Rohrleitung entlang abnehmen.

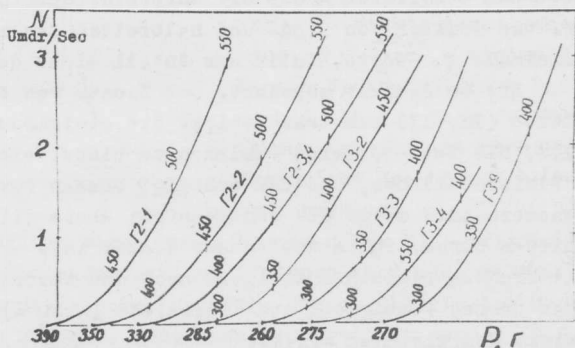


Abb. 3 Rheogramme der Tonsuspension mit der Konzentration 35 Prozent nach den Versuchen $\sqrt{2}$ und $\sqrt{3}$. Für alle Kurven, ausser der ersten, schwankt die plastische Viskosität von 16 bis 23, die Grenzbeanspruchung der Verschiebung 5600 - 4800 dyn/cm².

229

Bei der Wärmebehandlung und Trocknung sind die den kleinen Geschwindigkeitsgradienten entsprechenden Eigenschaften von grösster Bedeutung. Hierher gehören: Festigkeit und Elastizitätsmodul des Materials bei gegebenem Feuchtigkeitsgehalt, Relaxationsperiode, kinetische Kurven $\epsilon(\theta, \tau, t)$, worin t - die Temperatur des Materials ist. Die kinetischen Kurven können bei der Berechnung des Brühens von Wurstwaren in der kontinuierlichen Fließlinie erforderlich erscheinen, falls die Fließlinie durch den Kanal mit harten Wandungen geht.

Die Untersuchungsmethodik und Rheogramme von Fleischbräten wurden in den früheren Mitteilungen eingehend beschrieben (4, II).

Die Klebrigkeit als Eigenschaft des Materials, mit der festen Oberfläche Bindungen zu bilden, kann sowohl selbständige als auch sekundäre Bedeutung haben. Die Klebrigkeit wird durch normale Kraft in dyn/cm^2 bestimmt, die erforderlich ist, um die Platte von geprüftem Material abzureissen. Mit der Steigerung der Kraft, die das Material zur Platte presst, sowie der Steigerung der Berührungsdauer, wächst die Klebrigkeit an, möglicherweise besteht auch eine Korrelation zwischen der Viskosität, Elastizitätsmodul und Klebrigkeit. Die Klebrigkeitswerte (I_4) sind aus der Tab. 2 ersichtlich. Eine gewisse Unbestimmtheit dieser Werte rührt von der Tatsache her, dass die Klebrigkeit jeder Brätart wurde bei fixierter Kraft der Plattepressung zum Material sowie bei konstanter Berührungsdauer bestimmt. Für einige Brätarten wurde die Abhängigkeit der Klebrigkeit (P_0 in dyn/cm^2) vom Druck der Plattepressung zum Material festgestellt (P in dyn/cm^2): $P_0 = K P$ worin der empirische Koeffizient K für das Brät aus dem ungesalzene Schweinefleisch 0,32, für das gesalzene Schweinefleisch mit 40 Prozent Wasserzusatz - 0,38, für die Schweinewurstchen - 0,7 beträgt. Die erste Gleichung gilt bei $p < 4 \cdot 10^5 \text{ dyn/cm}^2$, die zwei letzten - bei $p < 1,3 \cdot 10^5 \text{ dyn/cm}^2$, da mit der Druckzunahme wandelt die Kurve in die Gerade um, die sich asymptotisch $P_0 = \text{const}$ nähert.

Tab. 2

Brätbezeichnung	Pressdruck $p \cdot 10^{-5}$ dyn/cm ²	Klebrigkeit $Po \cdot 10^{-5}$ dyn/cm ²		
		sofort	48st	nach 96 st
Rindfleisch, ohne Wasserzusatz	1,42	0,5	0,57	0,55
Rindfleisch mit 40 Prozent Was- ser	0,54	0,25	0,31	0,27
Schweinefleisch, halbfett, gekuttert	1,00	0,35	0,38	0,34
Schweinewurstchen	0,72	0,52	-	-
"Lubitelskaja" - wurst	0,72	0,45	-	-
Schweinefleisch ohne Wasserzusatz	1,42	0,4	0,45	0,44

Die Klebrigkeit wird zur Berechnung von Näten, Brätabfuhrin-
nen und periodischen Formeinrichtungen ausgenützt. Dabei, wenn
man die Klebrigkeit gegenüber dem nicht rostenden Stahl für I
annimmt, ergeben Plexiglas, Glas, Fluoroplast etwa 0,95 und Du-
raluminium, verzinktes Eisen, Siliconlack -etwa 0,7. Als techno-
logischer Faktor entspricht die maximale Klebrigkeit der optima-
len Kutterungsdauer.

Die rheologischen Eigenschaften von Fleischbrühen und Fetten
als flüssigkeitsartigen Systemen sind eingehend genug erforscht
worden (3,15).

Für die Brühe im Konzentrationsbereich $c = 0 + 0,2$ wurde die
Gleichung erhalten (15):

$$\eta = \frac{\exp(19,3c + 2,94)}{t(1,26c + 0,92)} \text{ c.p. (centepoise),}$$

worin t - Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ (im Bereich von 40 bis 95°).

Zur Berechnung der Viskosität ist die Kenntnis von spezifi-
schen Gewicht erforderlich, welches für die Brühe je nach der
Konzentration und Temperatur (im Bereich von 40 bis 95°C) nach
der Formel

$$\eta(t, c) = \frac{992 + 300c}{1 + 55 \cdot 10^{-5}(t-40)} \text{ kg/m}^3$$

230

berechnet wird.

Die Temperaturabhängigkeiten für die Viskosität der Tierfette (I7) werden mit Hilfe der exponentiellen Trenkel-Eyringschen Gleichung (I8) ganz befriedigend beschrieben. Doch weist die Gerade in den Koordinaten $\lg \eta = f\left(\frac{1}{T}\right)$ worin T- die absolute Temperatur in °K ist, im Temperaturbereich von 40 bis 100° eine Wendung auf, was auch aus der Abb. 4 zu ersehen ist. Eine Reihe von Untersuchungen, darunter auch dilatometrischen (I9), ergab, dass Glyceride und Fettsäuren, aus welchen das Fett besteht, bei verschiedenen Temperaturen schmelzen. Einzelne Fraktionen des Schweinefettes beginnen schon bei 3-5° C zu schmelzen, während die letzten Fraktionen des Schweinefettes bei etwa 70° C schmelzen. Folglich eine völlig Kristallisationsstruktur wird bis zum dem Beginn des Schmelzens beobachtet; mit dem Anstieg der Temperatur wird diese Struktur entartet. Bei der Temperatur über 35° C bleiben im System nur Splitter der Kristallisationsystems erhalten, die offenbar eine wenig beständige Koagulationsstruktur bilden. Die Gegenwart dieser Struktur zeugt von der Grenzbeanspruchung der Verschiebung, die Abhängigkeit $\rho_0(t)$ wird durch die Potenzgleichung befriedigend ausgedrückt. Der Wendungspunkt auf der Abb. 4 entspricht der Temperatur 67°, bei der genannten Temperatur zerfallen die Strukturreste, $\rho_0 \rightarrow 0$, das Fett wird praktisch zur Newtonschen Flüssigkeit. Es ist zu beachten, dass bei der Temperatur, die dem Wendungspunkt entspricht, verändern sich auch die dielektrischen Eigenschaften. Der Tangens des Winkels der dielektrischen Verluste verändert sich scharf beim Erreichen dieser Temperatur (beim Schweinefett), Der allgemeine Charakter der Veränderung von dielektrischen Eigenschaften des Fettes je nach dessen Struktur ist den Temperaturabhängigkeiten der Viskosität ähnlich.

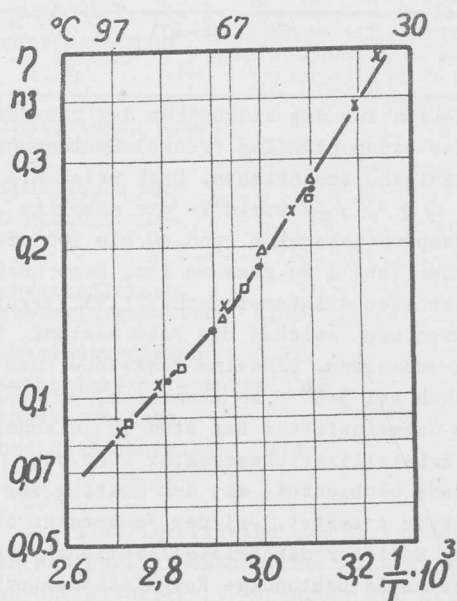


Abb. 4 Viskositäts-
temperaturabhängigkeit
des Schweinefettes

Die Frenkel-Eyringsche Gleichung

$$\eta = A e^{\frac{E}{T}} \rho$$

hat für Schweinefett bis zur Temperatur 67°C, d.h. im Gebiet der effektiven Viskosität folgende Zahlenwerte der Koeffizienten: $A = 3,25 \cdot 10^{-6}$; $E = 3660$; bei höherer Temperatur: $A = 10^{-4}$; $E = 2495$.

Die Viskositätsveränderungen in Temperaturbereich von 50° bis 100° C können durch eine weniger präzise doch einfachere Potenzgleichung $\eta = D \cdot t^{-k}$ poise ausgedrückt werden (15); die Zahlenwerte der empirischen Koeffizienten "D" und "k" für verschiedene Fettarten sind in der Tab. 3 zusammengefasst.

Gegenüber dem Tierfett sind die Viskositätseigenschaften der Pflanzenöle (20) viel eingehender untersucht. Dabei wurden die absoluten Geräte, - z.B. des Kapillarviskosimeter T. Ubbelohde, ausgenutzt.

Bezeichnung des Fettes	D	K
Schweinefett	215	1,71
Rindfett	334	1,80
Schaffett	236	1,70
Knochenfett	148,5	1,63

Diese Untersuchungen ergeben, dass die Tulcher-Tammansche Gleichung für die Charakteristik der Temperaturabhängigkeit der Viskosität von Pflanzenölen, als assoziierten Flüssigkeiten am meisten geeignet ist, und dass mit der Steigerung der Yodzahl die Viskosität nach linearem Gesetz abnimmt. Die letzte Aussage scheint auch für Tierfette gerecht zu sein.

Geräte zur Untersuchung der Verschiebungseigenschaften.

Zur Untersuchung der struktural-mechanischen Eigenschaften der Materiale werden verschiedenartige Geräte verwendet. Dabei sind solche vorzuziehen, die die Zahlenwerte in absoluten System-einheiten ergeben; dann können die erhaltenen Angaben unmittelbar für Berechnungen und andere Zwecke ausgenützt werden.

Für die Wahl des Geräts sind in erster Linie die Materialeigenschaften massgebend, deswegen ist die Entwicklung eines universelles Geräts, ebenso wie einer universellen Arbeitsmethodik, unmöglich.

Zur Untersuchung der Eigenschaften von flüssigkeitartigen Systemen und Newtonschen Flüssigkeiten werden am häufigsten Kapillarviskosimeter oder Viskosimeter mit fallender Kugel (2I), darunter auch Heplerviskosimeter, Mikroviskosimeter u.a. verwendet. Die Kapillarviskosimeter können die wichtigsten rheologischen Abhängigkeiten $\epsilon(\theta, t, \tau)$ ergeben, da sie den Strömungsdruck zu verändern erlauben.

Die Eigenschaften der festartigen Systeme sowie der hochviskosen Newtonschen Flüssigkeiten werden am häufigsten mit Hilfe von absoluten Geräten geprüft, hierher gehören Rotations-, Kegelplattengeräte u.a.

Grundsätzlich können für die Untersuchungen auch andere Geräte verwendet werden, deren Beschreibungen in der "Kolloidzeitschrift" und anderen Zeitschriften, wie z.B. in "Industr. Engin. Chem.", zu finden sind (10).

232

Modellieren und Regelung der Eigenschaften

Unter dem Modellieren der Eigenschaften versteht man die Untersuchung von einfachsten (der Struktur nach) Materialien mit den im voraus gegebenen plastisch-viskosen Eigenschaften. Dabei sind die zahlenmässigen Werte der Eigenschaften von Natur und Modellobjekte sehr ähnlich. Die Modellierungsmethode kann in vorläufigen und eigentlichen Experimenten zur Bestimmung der struktural-mechanischen Eigenschaften äusserst nützlich sein. Sie ermöglicht die Wahl des Geräts und dessen Grössen und hilft, die Untersuchungsmethodik endgültig durchzuarbeiten. Ferner können mit dem Modellobjekt beliebige Experimente angestellt werden. Auf solche Weise wird die Untersuchungsmethodik festgelegt und die wichtigsten Berechnungsabhängigkeiten erhalten. Dieselben Untersuchungen mit Naturobjekten dienen zur Korrektierung der vorläufigen Ergebnisse und Gewinnung der endgültigen Berechnungsabhängigkeiten. Den Modellobjekt kann man vielfach ausnutzen, er ist billiger als der Naturobjekt. In unseren Versuchen wurde als Modellobjekt Bentonitton ausgenutzt, dessen Eigenschaften den des Bräts ähnlich sind; ebenso wie das Brät ist es thixotrop, kann quellen usw. Ton-wässrige Suspension mit der Konzentration 0,35 kann "flüssige" Bräte (für Würstchen, Bockwurst), die Suspension mit der Konzentration 0,14 - "dichte" Bräte (Rindfleisch, "Lubitelskaja"-Wurst) modellieren usw. Die Rheogramme der Tonsuspension N(P) sind aus der Abb. 3 zu ersehen. Auf dieser Abbildung ist auf der Ordinatenachse die Zahl der Umdrehungen/sek des Viskosimeterrotors markiert, auf der Abszissenachse - die den Rotor rotierenden Gewichte. Die Abb. 6

stellt die gemäss den Angaben der Abb. 2 festgelegt Abhängigkeit $\eta_{eff}(W)$ dar. Die angeführten Kurven sind den entsprechenden des Fleischbräts ähnlich (4,II), allerdings weisen sie eine bessere Reproduzierbarkeit gegenüber den Naturobjekten auf. Doch kann die Modellierungsmethode die Untersuchungen mit Naturobjekten völlig nicht ersetzen und ihre Bedeutung darf man nicht überschätzen.

Oben wurden die rheologischen Eigenschaften der Fleischwaren betrachtet. Rheologie als die Wissenschaft über die Deformation und Strömung ist bestrebt, verschiedenartige Eigenschaften der Materiale objektiv zu erforschen. Öfters entsprechen die Eigenschaften des Produkts den Anforderungen des optimalen technologischen Regimes nicht. Im Zusammenhang damit entsteht die Aufgabe, die Eigenschaften des Materials zu verändern. Diese Aufgabe kann mit Hilfe der physikal-chemischen Mechanik gelöst werden. Tiefe Kenntnisse auf dem Gebiet des physischen Aufbaus des Produktes sowie dessen chemischen Zusammensetzung ermöglichen den Strukturtyp des Erzeugnisses zu verändern, es dichter oder, umgekehrt, flüssiger zu machen.

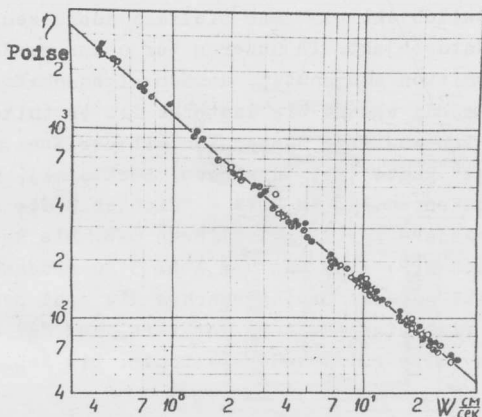


Abb. 6. Abhängigkeit der effektiven Viskosität von der Geschwindigkeit für die Tonsuspension mit der Konzentration der festen Phase 35 Prozent.

Таблица 1

Bezeichnung von Brät und anderen Erzeugnissen	Relative Feuchtigkeit Prozent	Poise	10^{-3} dyn/cm ²
Rindfleisch	-	-	16
	-	10	-
	-	5,8; 11,6	16,6
Schweinefleisch, halbfett, gekuttert	-	-	6,5
	-	5,3	8,9
Würstchen, "russische"	-	-	3,5
	64	0,67	-
	-	1,2	-
Schweinewürstchen	-	4,5-5,0	3,0-3,5
	-	0,84	-
Schweinewurst	-	-	4,8
	-	0,22	-
"Lubitelskaja"- Wurst	-	-	7,0
	-	0,92	-
Teig aus dem Mehl vom festem Roggen	27,7	38	10,5

Anmerkung: Die Koeffiz. B und m dienen zur Berechnung der effektiven Viskosität nach der Formel $\eta_{ef} = BW^{-m}$ worin η_{ef} in poisen, W- Geschwindigkeit der Stromkernbewegung in M/sek (entspricht dem Durchschnittsgradient der Geschwindigkeit). Die Formel ist bei Beanspruchungen $\varrho_0 < \varrho < \varrho_m$ gültig.

dyn/cm ²	poise	Koeffizienten		Literatur- quelle
		B	m	
-	320	98	0,82	/4, I5/
-	-	-	-	/I3/
0,7	-	-	-	/I4/
-	I90-220	59	0,72	/4, I5/
-	-	-	-	/I4/
-	-	I7,7	0,86	/4, I5/
0,087	-	-	-	/I3/
-	-	-	-	/I4/
I,2	I00	29	0,765	/4, I5/
-	200	40	0,72	/4, I5/
-	-	-	-	/I4/
-	I80-280	49	0,79	/4, I5/
-	-	-	-	/I4/
7	-	-	-	/I6/

ЛИТЕРАТУРА

231

1. Волярович М.П. "Коллоид. ж.", 16,3,1954,227,16,6,1954,474.
 2. Ребиндер П.А. "Коллоид. ж.", 20,5,1958,527; Всес. съезд по теор. и прикл. механике (аннотации докладов), Изд.-во АН СССР, 1960,214.
 3. Горбатов А.В., Горбатова В.А. "Мясная индустрия СССР", I, 1958,53.
 4. Горбатов А.В., Казаков С.П. Чизд. вузов СССР, Пищевая технология", 5,1959,117.
 5. Тиняков Г.Г. "Тр.МТИМПа", 2,39,Пищепромиздат, 1954.
 6. Михайлов Н.В., Ребиндер П.А. "Коллоид.ж.",17,2,107, 1955.
 7. Волярович М.П., Лиштван И.И., Наумович В.М. "Инж.физ. ж.", 5,2,1962,122.
 8. Dodge D.W. "Industr. engng chem.", 51,7,1959,39.
 9. Richards J.W. "Brit. chem Engng", 6,7,454, 1961.
 10. Gaskins F.H., Philippff W. "Industr. engng chem.", 51,7,1959,87I.
- II.
1. Горбатов В.М., Федоров Н.Е., Горбатов А.В., Казаков С.П., Рогов И.А. Исследование физико-механ. свойств мясных фаршей и их движения в трубопроводах. У Европейский конгресс научных работников мясной промышленности. Париж, 1959 (На английском языке).
 12. Соколов А.А., Заяц Ю.Ф. "Мясная индустрия СССР", I, 1962,46.
 13. Заяц Ю.Ф. Получение с помощью ультразвука эмульсий животных жиров и их применение для пищевых и технических целей. Дисс., МТИМПа, 1962.
 14. Лаврова Л.П., Воловинская В.П. и др. Тр ВНИИМПа, 9,1959, 13; Воловинская В.П. и др. Тр. ВНИИМПа, 9, 1959, 40; Лаврова Л.П., Воловинская В.П. и др. Тр. ВНИИМПа, 8,1958,13; Воловинская В.П. и др. Тр. ВНИИМПа, 8, 1958, 78.
 15. Горбатов А.В. Исследование реологических свойств некоторых пищевых продуктов для расчёта трубопроводного межоперационного транспорта. Дисс., МТИМПа, 1961.
 16. Николаев Б.А., Беганская Л.С. "Коллоид. ж.", 18,1,1956,67.
 17. Соколов А.А. и др. Технология мяса и мясопродуктов. Пищепромиздат, 1961.
 18. Панченков Г.М. Теория вязкости жидкостей. Гостоптехиздат, 1947.
 19. Воронова Е.Г. "Тр. МТИМПа", 4,77, Пищепромиздат, 1955.
 20. Равич Г.Б. "Сб. науч.-исслед. работ Всес. акад. пищев.пром-ти.", 1,1937,185 и 2,1939,158.

21. Гатчек Ё. Вязкость жидкостей , ОНТИ, 1935; Барр . Вискозиметрия, ГОНТИ, 1938.
22. Федоров Н.Е., Рогов И.А., Горбатов А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. Методические указания к лабораторным работам, МТИММП, 1962.