

Structure-mechanical properties of the farce of fresh raw sausage and technologically caused changes

I. KIESZLING, H.-J. RAEUBER

Technical University of Dresden, German Democratic Republic

Model farce (free of fat tissue - I, with fat tissue - III, only fat tissue - V) of fresh (i.e. non-ripening) raw sausage is a complex rheological body, which has plastic, elastic and viscous deformation components. These components are changed by storage time, by temperature and by composition.

Storage always is elevating the yield point (plastic component), the effective viscosity, the elasticity and is diminishing the adhesiveness. In the case of model farce I this is caused by solidification of coagulation bonds and by creation of condensation bonds. What concerns model farces III and V, probably the fat recrystallisation plays the dominating role.

Decreasing temperatures are hardening the model farces III and V, because of their continuous fat phase, which is increasing consistency by a higher ordinal state in the temperature range between 273 K and fat melting point. Model farce I does not appear significant influence of temperature, for the continuous phase is an aqueous solution.

The fat content in the farce above 295 K acts softening, below 278 K it acts hardening.

The rheograms taken by a selfconstructed frame shear testing device answer approximately the special CASSON-law:

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_0}}{\sqrt{\eta_0}}, \text{ wherein:}$$

D - shear gradient (s^{-1}), τ_0 - CASSON yield point (Nm^{-2}),

τ - shear stress (Nm^{-2}), η_0 - CASSON viscosity (Nsm^{-2}).

Consistency of fresh raw sausage is obviously characterized by a mixed structure type, in which crystallisation structure is dominating. This knowledge may be used for consistency control.

Strukturmechanische Eigenschaften von Brät frischer Rohwurst und ihre technologisch bedingten Änderungen

I. KIESZLING, H.-J. RAEUBER

Technische Universität Dresden, Deutsche Demokratische Republik

Das Modellbrät (fettgewebefrei - I, fettgewebehaltig - III, nur aus Fettgewebe - V) einer frischen (d.h. nicht reifenden) Rohwurst stellt einen komplizierten rheologischen Körper dar, bei dem sowohl plastische, elastische wie viskose Deformationsanteile vorhanden sind. Diese Anteile ändern sich durch Lagerdauer, Temperatur und Rezeptur. Lagerung führt immer zu einer Erhöhung der Fließgrenze (plastischer Anteil), der effektiven Viskosität, der Elastizität und zur Senkung der Adhäsivität. Bei Brät I sind diese Effekte auf die Verfestigung vorhandener Koagulationsbindungen und die Entstehung von Kondensationsbindungen zurückzuführen. Bei Brät III und V spielt wahrscheinlich die Rekristallisation des Fettes die dominierende Rolle.

Sinkende Temperaturen wirken auf die Bräte III und V verfestigend, da die kontinuierliche Phase Fett ist, das im untersuchten Bereich unterhalb der Schmelztemperatur und oberhalb 273K durch einen höheren Ordnungszustand an Konsistenz zunimmt. Brät I zeigt keine signifikante Temperaturabhängigkeit, da die kontinuierliche Phase eine wässrige Lösung darstellt.

Der Fettanteil im Brät wirkt bei Temperaturen über 295K immer erweichend, bei Temperaturen unter 278K immer verfestigend.

Die mit einem selbst entwickelten Rahmenschergerät aufgenommenen Rheogramme entsprechen in erster Näherung dem speziellen Casson-Gesetz:

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_0}}{\sqrt{\eta_0}}, \text{ wobei bedeutend:}$$

D = Schergefälle in s^{-1} , τ_0 - Casson-Fließgrenze in Nm^{-2} ,

τ - Scherspannung in Nm^{-2} , η_0 - Casson-Viskosität in Nsm^{-2} .

Die Konsistenz frischer Rohwurst wird offensichtlich durch einen Mischstrukturtyp bestimmt, wobei die Kristallisationsstruktur der Fettphase den größten Einfluß hat. Für die Regulierung der Konsistenz werden damit Anhaltspunkte gegeben.

6.6

Propriétés structural-mécaniques des farces de frais saucisson cru et leurs changements technologiques

I. KIESZLING et H.-J. RAEUBER

Université Technique de Dresde, République Démocratique Allemande

Farce-modèle (sans tissu gras - I, avec tissu gras - III, seulement de tissu gras - V) de frais saucisson cru (c'est-à-dire non maturant) est un corps rhéologique très complexe. Il possède composantes de déformation plastique, élastique et visqueuse. Ces composantes changeant dépendant du temps de stockage, de la température et de la composition. Stockage toujours mène à l'élévation du limite de fluage (composante plastique), du viscosité effectif, d'élasticité et mène au abaissement de la adhésivité. Dans le farce-modèle I ces effets sont causés par la solidification des liaisons de coagulation et par la création des liaisons de condensation. Dans les farces-modèles III et V probablement la recristallisation du graisse joue un rôle dominant. Températures réduites solidifient les farces-modèles, parce que la phase continue consiste de graisse, qui augmente le consistance par un état d'ordre plus haut. Farce-modèle I n'est pas influencé par la température, parce que la phase continue et une solution aqueuse.

Le corps graisse au-dessus de 295K amollie et au-dessous de 278K solidifie le consistance. Les rheograms notés par un appareil construit soi-mêmes correspondent approximativement à loi spécial de Casson:

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_{ca}}}{\sqrt{\eta_{ca}}}$$

D = gradient de cisaillement (s^{-1})
 τ = tension de cisaillement (Nm^{-2})
 τ_{ca} = Casson-tension de c. (Nm^{-2})
 η_{ca} = Casson-viscosité (Nsm^{-2})

Le consistance du frais saucisson cru évidemment correspond à un type structurel composé, dans lequel la structure de la cristallisation graisse a l'influence le plus haut. Ce fait possible la régulation du consistance.

Структурно-механические свойства фарша свежей сырой колбасы и их изменения условленные технологией

КИСЛИНГ, И. и РАЙБЕР, Х.-Е.

Технический университет Дрездена, Германская Демократическая Республика

Модельный фарш (без жировой ткани - I, с жировой тканью - III, исключительно жировая ткань - V) свежий (т.е. не созревающей колбасы) представляет собой комплексное реологическое тело, с пластичными, эластичными и вязкими долями деформации. Эти доли изменяются посредством выдержки, температуры и рецептуры.

Выдержка всегда ведет к повышению предела текучести (пластичная доля), эффективной вязкости, эластичности и к снижению адгезии (липкости). В модельном фарше I эти эффекты обусловлены упрочнением действующих коагуляционных связей и возникновением конденсационных связей. В модельных фаршах III и V вероятно рекристаллизация жира играет важнейшую роль.

Пониженные температуры влияют на модельные фарша III и V упрочнением при температурах ниже точки плавления и выше 273K посредством высшего порядочного состояния. Модельный фарш I не показывает влияния температуры, потому что непрерывная среда является водяным раствором.

Содержание жира в фарше при температурах выше 295K действует размягчающим и при температурах ниже 278K действует упрочивающим.

Реограммы написанные прибором со сдвиговыми рамками отвечают приблизительно специфическому закону Кассона:

$$\sqrt{D} = \frac{\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau_{ca}}}{\sqrt{\eta_{ca}}}$$

где:

- D - сдвиговой градиент (s^{-1})
- τ - сдвиговое напряжение (Nm^{-2})
- τ_{ca} - Кассон-предел напряжения сдвига (Nm^{-2})
- η_{ca} - Кассон-вязкость (Nsm^{-2}).

Консистенция свежей сырой колбасы очевидно уславливается смешанным структурным типом, при этом кристаллизационная структура жирового фазы играет самую большую роль. Это открывает возможности регулирования консистенции.

Strukturmechanische Eigenschaften von Brät frischer Rohwurst und ihre technologisch bedingten Änderungen

I. KIESZLING, H.-J. RAEUBER

Technische Universität Dresden, Deutsche Demokratische Republik

Vielfältige Untersuchungsergebnisse liegen über die strukturmechanischen Eigenschaften verschiedener Wursttypen vor. So wurde das Zustandekommen der Struktur von Brühwürsten durch die Hitzeaggregation nativen Eiweißes vielfach untersucht, die dominierende Konsistenzbeeinflussung der Fettphase in den meisten fettreichen Kochwurstsorten (und damit die Temperaturabhängigkeit ihrer Konsistenz) sind bekannt und schließlich ist zur Strukturausbildung in reifender Rohwurst von vielen Fleischforschern gearbeitet worden, wobei der komplizierte gegenläufige Autolyse- und Aggregierungsprozeß aufgeklärt wurde, der zu schnittfester und hart ausgereifter Rohwurst führt. Die meiststreichbare, frische, also nichtreifende Rohwurst ist hinsichtlich des Zustandekommens ihrer Konsistenz wenig untersucht. Sie gleicht in ihrem Konsistenzverhalten keiner der vorangehend beschriebenen Wursttypen.

Daraus resultiert die Zielstellung, den Prozeß des Zustandekommens der Struktur frischer Rohwurst messtechnisch zu verfolgen, dabei den Einfluß der Rezepturhauptanteile Eiweiß und Fett und den Einfluß technologischer Parameter zu erfassen, um den grundsätzlichen Strukturbildungsmechanismus aufzuklären und Ansatzpunkte für die Steuerung des technologischen Verfahrens der Herstellung frischer Rohwurst zu gewinnen.

Diese Untersuchungen verfolgen das Ziel zu klären, ob die Konsistenz der frischen Rohwurst hauptsächlich durch die Kristallisationsstruktur der Fettphase, die Koagulations- bzw. Kondensationsstruktur der eiweißhaltigen Phase oder durch eine Mischstruktur geprägt wird.

Dazu wurden Modellbräte, wie übliches Rohwurstbrät hergestellt und weiterbehandelt, aber in der Zusammensetzung variiert. Modellbrät I enthält nur Muskelgewebe, Modellbrät III Muskelgewebe und 40% Fettgewebe, Modellbrät V enthält nur Fettgewebe. Damit entspricht III etwa der realen Zusammensetzung, I und V sind Extremfälle, die das Verhalten der Komponenten deutlich machen sollen. II und IV sind Zwischenstufen, die hier nicht diskutiert werden, da sie keine neuen Aussagen bringen.

Fettgewebe und Fleisch wurden vorgewolft. Im Laborkutter wurden alle Einsatzstoffe feinerkleinert und gemischt. Das Brät wurde in Hüllen gefüllt. Die Hälfte der frisch gefüllten Würste wurde für die Untersuchungen an frischem Brät (Zustand a) verwendet, die übrigen Würste "reifen" zwei Tage in Klimaschrank (zum Zustand b) unter bestimmter Klimaführung, d.h. es wurde ein "Reifeprozess" vorgesehen, um die Reaktion der unterschiedlichen Modellwürste zu beobachten.

Zur Erfassung strukturmechanischer Eigenschaften und deren Änderung im Herstellungsprozeß sind rheologische Untersuchungen nötig. Um sich die strukturmechanischen Eigenschaften und deren Änderung erklären zu können, müssen gleichzeitig möglichst vielseitige andere Untersuchungen vorgenommen werden, da es nicht möglich ist, mit einem Meßverfahren, das immer nur bestimmte Aspekte dieser Eigenschaften erfassen kann, strukturmechanische Eigenschaften und deren Ursachenkomplex zu erfassen.

So wurden lichtmikroskopische Untersuchungen am Brät durchgeführt.

Das Muskelgewebe liegt stark zerstört vor. Die Teilchengrößen liegen zwischen 0,05 mm und 0,3 mm. Nur selten sind Faserbündelbruchstücke mit erhaltener Zellstruktur zu erkennen. In diesem Falle ist dann bei entsprechender Vergrößerung deutlich die Querstreifung der Muskelfaser zu erkennen. Der Durchmesser der Muskelfasern liegt etwa bei 50 μ m. Aus dem hohen Zerstörungsgrad und der zerklüfteten Form der Muskelgewebeteilchen kann geschlossen werden, daß Muskelfasern in hohem Maße quer und auch längs geteilt sind, wodurch Fibrillen und flüssiges Sarkoplasma freigelegt werden.

Das Fettgewebe ist stark zerstört.

Es konnten einzelne Fettgewebebruchstücke bis zu 1 mm Größe gefunden werden. Diese Gewebebruchstücke weisen typische Fettzellenstruktur auf. Der weit überwiegende Teil des Fettes im Modellbrät liegt außerhalb von Zellverbänden als gestaltlose Masse vor.

Die teilkristalline Struktur der Fettphase ist im Lichtmikroskop nicht erkennbar.

Beim Vergleich der Proben I bis V ist festzustellen, daß sich die Fleischgewebebruchstücke im Brät verteilen, d.h. das gestaltlose Fett trennt die Fleischstückchen voneinander. Mit zunehmendem Fettgehalt wird die Fetttrennschicht zwischen den Fleischteilchen dicker.

Es sind keine Unterschiede zwischen den Präparaten der Zustände a und b festzustellen.

Polarisationsmikroskopische Untersuchungen zeigten einen mit steigender Temperatur

(294 K bis 330 K) sinkenden Kristallinitätsgrad.

Bei einer 24 Stunden bei 277 K vortemperierten Probe zerkleinerten Fettgewebes schrumpft die anfangs straff gedehnte Zellmembran mit sinkendem Kristallinitätsgrad, sie "kräuselt" sich. Offensichtlich ist die Membran beim Ausdehnen des intrazellulären Fettes, durch Aufschmelzen, geplatzt und läßt das Fett teilweise bis zum Druckausgleich nach außen fließen. Das "Platzen" müßte zwischen 301 K und 308 K geschehen sein. Die lebenden Fettzellen halten sogar dem Innendruck bei 310 K stand. Das vorzeitige Platzen kann auf Versprödung der Zellmembran oder auf den fehlenden Gegendruck der im Gewebeverband vorhandenen Nachbarzellen zurückgeführt werden.

Durch Röntgenbeugung wurden drei Fettproben bei 293 K untersucht:

1. Zerkleinertes Fettgewebe ohne gezielte Vortemperierung,
2. Schweineschmalz ohne gezielte Vortemperierung,
3. Schweineschmalz - 20 Stunden bei 273 K vortemperiert.

Alle Proben erzeugen nur wenige, d.h. zwei deutliche Reflexe. Sie besitzen also einen niedrigen Kristallinitätsgrad. Aus dem Verhältnis der Flächen unter den Reflexen und der Fläche unter der Gesamtkurve wurde der kristalline Anteil der Proben errechnet:

Den höchsten kristallinen Anteil hat Probe 3 mit 33,15%. Probe 2 folgt mit 31,7% und Probe 1 mit 23,65%.

Die Vortemperierung erhöht also den Kristallinitätsgrad.

Die Penetrationstiefe zeigte keine nennenswerten Zusammenhänge zu den variierten Größen. Gleichzeitig mit der Eindringtiefe wurde jedoch durch Entlastung des Eindringkörpers nach erfolgter Messung der elastische Anteil der Verformung ermittelt. Erwartungsgemäß liegt dieser Anteil bei Probe I am höchsten.

Bild 1

Die unbedeutenden Unterschiede zwischen den Proben II bis V lassen erkennen, wie stark schon geringe Fettanteile die rheologischen Eigenschaften beeinflussen.

Die Fließgrenzen der Bräte wurden mit einem Konusplastometer bestimmt. Die so ermittelten Fließgrenzenwerte von Modellwurst liegen im Temperaturbereich 288 K ... 293 K zwischen 0,7 und 3,0 N/mm². Vergleichbare Fließgrenzenwerte von Schmalz liegen zwischen 7,3 und 9,9 N/mm². Dieser bedeutende Unterschied ist auf die mechanisch teilzerstörte Kristallisationsstruktur, die störenden Bindegewebe- und Wassereinlagerungen im zerkleinerten Fettgewebe und die nach thermischer Zerstörung wiedergebildete zusammenhängende, wesentlich dichter gepackte Kristallisationsstruktur im Schmalz zurückzuführen.

Das Adhäsionsverhalten (Klebrigkeit) des Bräts zu Polyvinylchlorid (PVC) wurde mit einer speziell dafür gefertigten Zusatzeinrichtung am Instron-Festigkeitsmeßgerät durch Messung der Abreißkraft im Temperaturbereich 290 ... 295 K ermittelt. Alle Proben rissen adhäsiv, d.h., die Kohäsion des Bräts ist stärker als die Adhäsion des Bräts zu PVC. Die Kohäsion des Bräts ist genauer betrachtet die Adhäsion zwischen Muskelgewebestücken sowie vereinzelt Fettgewebestücken und der zwischengelagerten teilkristallinen Fettphase, sowie dem ausgetretenen Sarkoplasma. Bei den Extrembräten I und V ist jeweils die fett- bzw. eiweißreiche Phase bedeutungslos.

Die Adhäsivität der Fettkomponente übertrifft im untersuchten Temperaturbereich die der Fleischkomponente.

Die Adhäsionskräfte aller Brätmuster verringern sich beim "Reifen" etwa im gleichen Maße. Sowohl im Fleisch als auch im Fett gehen also beim "Reifen" Veränderungen vor, die sich negativ auf die Adhäsivität gegenüber Plast auswirken.

Die Veränderungen in der Fleischkomponente lassen sich durch die pH-Wert-Senkung und die Bildung von Koagulations- und Kondensationsbindungen erklären, die der Fettkomponente durch Rekristallisation der kristallinen Phase oder Zunahme des Kristallinitätsgrades und daraus resultierender "Versprödung".

Bilder 2 und 3

Rheologische Eigenschaften lassen sich am besten durch Anlegen einer Scherspannung beobachten und berechnen, da sich nur unter Scherspannung die Gestalt, nicht aber das Volumen des Materials ändert.

Um den Gleiteffekt beim Scheren zu vermeiden, wurden parallele Flächen durch parallele Rahmen ersetzt. So wird eine Scherung erzwungen.

Bild 4

Das nicht vortemperierte Brät zeigt dabei charakteristische Erscheinungen in Abhängigkeit von seiner Zusammensetzung und dem versuchten "Reifeprozess".

Bild 5

In den folgenden Untersuchungen am Rahmenschergerät wurden nur noch vortemperierte Proben verwendet und nur die Maximalscherspannung (Bruchspannung) in Abhängigkeit von der Schergeschwindigkeit ausgewertet.

Mit diesen Meßergebnissen können Rheogramme gezeichnet werden. Aus den Rheogrammen kann man durch Verlängerung der Kurve bis zur Abszisse die Fließgrenze bestimmen.

Alle Modellwurstproben weisen eine Fließgrenze auf. Die Proben verhalten sich also plastisch. Nach Überschreiten der Fließgrenze ist die Scherspannung abhängig von der Schergeschwindigkeit, was viskoses Verhalten anzeigt. Da die Scherspannung nicht linear, sondern mit wachsender Schergeschwindigkeit schneller wächst, ist die Substanz vermutlich strukturviskos.

Für dieses nichtlineare plastische Fließen gilt das allgemeine Casson-Gesetz:

$$\tau_D^n = \frac{\tau^n - \tau_{Ca}^n}{\eta_{Ca}^n}$$

Ein spezieller Fall ergibt sich bei $n = 2$:

$$\tau_D = \frac{\sqrt{\tau^2 - \tau_{Ca}^2}}{\sqrt{\eta_{Ca}}}$$

Dieses spezielle Casson-Gesetz als für Brät gültig voraussetzend, ergaben sich in erster Näherung Geraden im $\tau_D - \sqrt{\tau}$ -Diagramm.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß Lagerung immer zu einer Erhöhung der Fließgrenze führt, ebenso der effektiven Viskosität, der Elastizität und zur Senkung der Adhäsivität. Bei Brät I sind diese Effekte auf die Verfestigung vorhandener Koagulationsbindungen und die Entstehung von Kondensationsbindungen zurückzuführen. Bei den Bräten III und V spielt offensichtlich die Rekristallisation des Fettes die dominierende Rolle. Sinkende Temperaturen wirken auf die Bräte III und V verfestigend, da die kontinuierliche

Phase Fett ist, das im untersuchten Bereich unterhalb 273 K durch einen höheren Ordnungszustand an Konsistenz zunimmt.

Brät I zeigt keine signifikante Temperaturabhängigkeit, da die kontinuierliche Phase eine wäßrige Lösung darstellt.

Die Konsistenz frischer Rohwurst wird also durch einen Mischstrukturtyp bestimmt, wobei die Kristallisationsstruktur der Fettphase den größten Einfluß hat.

Für die Regulierung der Konsistenz werden damit Anhaltspunkte gegeben; aus dem Anteil an Fettgewebe und dessen Temperaturvorgeschichte lassen sich die strukturmechanischen Eigenschaften des Fertigerzeugnisses vorbestimmen.

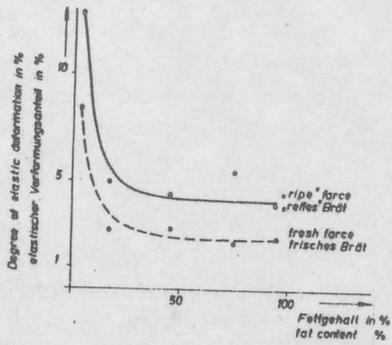


Bild 1 Elastischer Verformungsanteil von frischem und „reifem“ Modellbrät in Abhängigkeit vom Fettgehalt.
Degree of elastic deformation of fresh and „ripe“ model farce depending from fat content

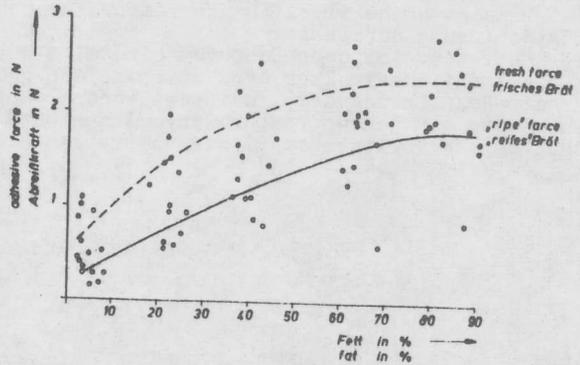


Bild 2 Abreißkraft von frischem und „reifem“ Modellbrät in Abhängigkeit vom Fettgehalt
Adhesive force of fresh and „ripe“ farce depending of the fat content

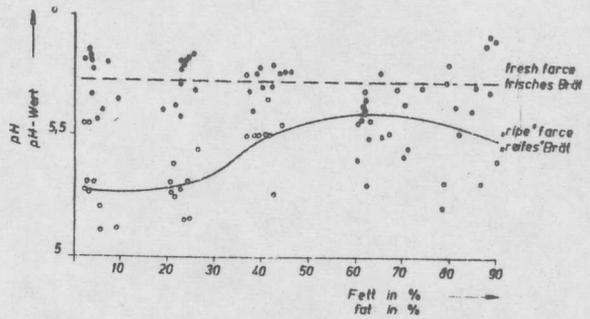


Bild 3 pH-Wert von frischem und „reifem“ Modellbrät in Abhängigkeit vom Fettgehalt
pH of fresh and „ripe“ farce depending from the fat content

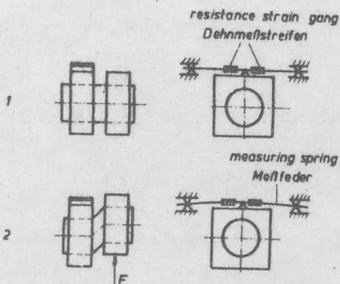


Bild 4 Prinzipskizze des Rahmenschergerätes
1 in Ruhe 2 während des Scherens
Principle of the frame shear testing device
1 in rest 2 in shearing

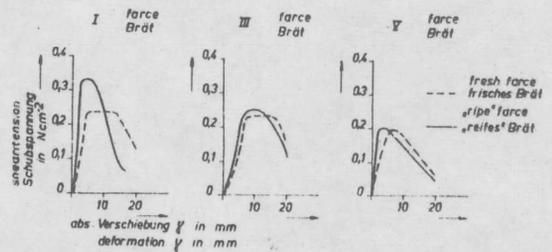


Bild 5 Spannungs - Verschiebungs - Diagramme von Modellbrät
Schergeschwindigkeit: 1,1 m/s
Probentemperatur: 292 K
Tension - deformation - diagram of model farce
deformation velocity: 1,1 m/s
farce temperature: 292 K