

Aspekte der Strukturbildung und -wandlung in Prozessen der Fleischverarbeitung

HANS-JÖRG RAEUBER

Technische Universität Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik, Deutsche Demokratische Republik

Die mechanische Struktur wird durch die Summe aller Wechselbeziehungen zwischen Strukturelementen und Kräften gekennzeichnet.

Im Fall von Lebensmitteln bestimmt die mechanische Struktur die empfundene Textur, beeinflusst den Sinneseindruck beim Verzehr und berührt den Geschmack in sehr komplexer Weise.

Die Quelle der mechanischen Struktur ist das gewachsene Gewebe der Tiere, dessen Eigenschaften mit ihren Lebensfunktionen korrespondieren.

Strukturveränderungen werden beispielsweise durch enzymatische (autolytische) Prozesse wie Reifung, Alterung verursacht. Hauptsächlich während des Verarbeitungsprozesses beeinflussen technologische Wirkungen wie chemische, mechanische und thermische die strukturellen Eigenschaften der natürlichen Gewebe.

Die Schaffung von künstlichen Strukturen wird durch sogenannte Strukturierprozesse realisiert, die physikochemische Bindekräfte der molekularen Wechselwirkung ausnutzen.

Hauptproblem der Herstellung von vollkommen industriell hergestellten Lebensmitteln mit vorgegebenen Eigenschaften ist es einerseits, die strukturellen und anderen Eigenschaften zu quantifizieren, die bestimmte sensorische Eindrücke hervorrufen und andererseits, diese "künstlich" zu realisieren.

Das Beispiel der Rekonstituierung von Fleisch, das in spezieller Weise zerkleinert wird, zeigt den Einfluß von Faserlänge und -orientierung auf die sensorische Anerkennung.

Die Simulierung von Fettgewebestücken als grobe Bestandteile in der Wurstherstellung zeigt den Einfluß der Wasserbindefähigkeit auf die Saftigkeit und andere Charakteristika.

Die Verwendung eines sogenannten "Konsistenzprofils" analog zu anderen sensorischen Profilen ist empfehlenswert. Es wird eine Methode zur Charakterisierung originärer Materialien durch ein Konsistenzprofil beschrieben, die es gestattet, neue Produkte (s.o.) zu vergleichen und bei Abweichung schrittweise durch Änderungen in Rezeptur und technologischen Regime in Übereinstimmung zu bringen.

Aspects of formation and changing of structures in meat processing

HANS-JÖRG RAEUBER

Technical University of Dresden, Department of Processing and Engineering, German Democratic Republic

Mechanical structure is to be characterized as the sum of interactions between material elements and forces.

In the case of food materials and products mechanical structure is determining texture, is influencing mouth-feeling and touching taste in a very complex way. The origin of mechanical structure is grown tissue from animals, its properties are corresponding with the life functions of the tissues.

Changes of structure are caused for instance by enzymatic (autolytic) processes like ripening, aging. Mainly in food processing technological actions like chemical, mechanical thermal ones are influencing on structural properties of natural tissues.

Creating of artificial structures is realized by "structuring processes" which use physico-chemical binding forces of molecule interaction.

Main problem for the production of fully man-made food with aimed properties is to determine structural and other properties, which cause certain sensoric impressions, and to realize them artificially.

The example of reconstitution of meat, minced in a special manner, shows influence of fibre length and fibre orientation on sensoric acceptability.

The simulation of fat tissue pieces from proteins as coarse components in sausage making shows the influence of water binding capacity on juiciness and other characteristics.

It is proposed to use a "consistency profile" analogously to other sensoric profiles. A method is described to characterize original materials by a consistency profile, to compare artificially made products and to influence them stepwise into direction of aimed correspondence.

F 15:2

Formation et changement de la structure dans les procédés de la viande

HANS-JÜRGEN RAEBER

Universität technische de Dresde, Section technologique, République Démocratique Allemande

La structure mécanique est caractérisée par les interactions entre les éléments et les forces.

Dans les produits alimentaires la structure mécanique destine la texture sentie, influence l'impression en mangement, et touche le goût complexement.

La source de la structure mécanique est le tissu naturel des animaux, leurs propriétés sont liées aux fonctions de la vie.

Les changements de la structure sont causés par procédés enzymatiques.

Dans les procédés technologiques les actions chimiques, mécaniques et thermiques influencent les propriétés des tissus naturels.

La formation des structures artificielles est réalisée par "procédés structurants", qui utilisent force physicochimique des interactions moléculaire.

Le problème general de la production industrielle des aliments et premièrement la destination des propriétés structurals (et autres), qui cause les certaines impressions sensorique et est secondairement la formation de ces propriétés.

L'exemple de la reconstitution de la viande (tranchée) montre l'influence de la longueur et de l'orientation des fibres sur l'impression sensorique et reconnaissance.

La simulation des particules graisse pour la productions des saucissons montre l'influence de l'hydrophilité sur la juteuse et sur les autres propriétés.

L'utilisation d'un profil de consistance est recommandé. Une procédure de la caractérisation des matières alimentaires naturelles par un profil de consistance est decrivée. Elle permis de comparer avec produits nouveaux et de faire correspondance par changement de la composition ou de la procédure.

Образование и изменение структур в мясоперерабатывающих процессах

HANS-JÜRGEN RAEBER

Технический университет Дрездена, Секция техники переработки и процессов и аппаратов, Германская Демократическая Республика

Механическая структура характеризуется суммой всех связей между структурными элементами и силами.

В пищевых изделиях механическая структура определяет ощущенную текстуру, влияет органолептическое впечатление при протрeблении и трогает вкус комплексным способом. Источник механической структуры росшая ткань животных, свойства которых тесно связаны с жизненными функциями.

Изменения структуры примерно обусловлены ферментными процессами как зрелением, старением. Главным образом в течении технологического процесса химические, механические и термические воздействия влияют на структурные свойства натуральных тканей.

Формирование искусственных структур реализуется так называемыми структурирующими процессами, которые пользуются физикохимическими силами связи молекулярных отношений.

Главная проблема изготовленных в совершенно промышленных условиях пищевых изделиях с заранее заданными свойствами состоит во первых в определении структурных и других свойств, которые обуславливают значительные органолептические впечатления и во вторых в их реализации.

Пример реконституирования, заранее в определенных условиях измельченного (резанного) мяса показывает влияние длины и ориентации волокон на органолептическое признание.

Симуляция кусков жировой ткани как грубые компоненты в колбасно производстве показывает влияние водосвязывающей способности на сочность и другие характеристики.

Применение так называемого "профиля консистенции" параллельно к другим "органолептическим профилям" рекомендуется. Описан метод хакартеризирования натурального сырья профилем консистенции, который позволяет, сравнить новые изделия и в случае отклонений влиять изменениями рецептуры и технологического режима до совпадения.

Aspekte der Strukturbildung und -wandlung in Prozessen der Fleischverarbeitung

HANS-JÖRG RAEUBER

Technische Universität Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik, Deutsche Demokratische Republik

Einleitung

Die mechanische Struktur von Körpern wird generell durch die Summe aller Wechselbeziehungen zwischen Strukturelementen und Kräften bestimmt. Jede Beanspruchung von außen, aber auch jede innere Veränderung wird in einem bestimmten Verhalten nach außen reflektiert.

Im Fall von Lebensmitteln bestimmt die mechanische Struktur die empfundene Textur, beeinflusst den Sinneseindruck beim Verzehr und berührt den Geschmack in sehr komplexer Weise. In den letzten 10 Jahren sind diese Beziehungen verdientermaßen stärker in das Zentrum lebensmitteltechnischer und -technologischer Betrachtungen getreten. Die "Psychotheologie" wie sie in den USA und Westeuropa betrieben wird und die "Physikomechanik" sowjetischer Prägung sind verschiedene Aspekte dieses Bemühens.

Primäre Quelle der mechanischen Struktur ist bei Lebensmitteln das gewachsene Gewebe der Tiere (und Pflanzen), dessen Eigenschaften mit den jeweiligen Funktionen im lebenden Organismus eng korrespondieren. Veränderungen dieser Struktur werden beispielsweise durch enzymatische (meist autolytische) Prozesse wie Reifung und Alterung verursacht.

Während der vielfältigen Verarbeitungsprozesse beeinflussen technologische Wirkungen wie chemische, mechanische und thermische die strukturellen Eigenschaften der natürlichen Gewebe z.T. tiefgreifend. Neben der Gewebelockerung, die Kaugbarkeit und Verdaubarkeit ermöglicht, tritt mit fortschreitender Entwicklung immer stärker die Schaffung künstlicher, d.h. im betreffenden natürlichen Rohstoff nicht ausgebildeter Strukturen in den Vordergrund.

In ihren Anfängen sind diese Prozesse keineswegs neu, die Bindigkeit von Wurstbrät, der Gelcharakter von Sülzen, die Porigkeit der Brotkrume usw. sind seit Jahrhunderten bekannt.

Neue Rohstoffbilanzprobleme und Rohstoffquellen, der Zwang zur technologischen Ver gleichmäßigung der Rohstoffe bei der industriellen Produktion, die geforderte höhere Konsumreife der Lebensmittel u.v.a.m. stimulieren den Eingang von Strukturierprozessen in die Nahrungsmittelindustrie.

Die Schaffung von künstlichen Strukturen wird durch sogenannte Strukturierprozesse realisiert, die physikochemische Bindekräfte der molekularen Wechselwirkung ausnutzen.

Hauptproblem der Herstellung von vollkommen industriell hergestellten Lebensmitteln mit vorgegebenen Eigenschaften ist es einerseits, diejenigen strukturellen und anderen Eigenschaften zu quantifizieren, die bestimmte sensorische Eindrücke hervorrufen und andererseits, diese technologisch, d.h. "künstlich" zu realisieren.

An zwei Strukturierprozessen, der Rekonstituierung von Fleisch und der Herstellung von (Nichtfleisch-) Eiweißmischstrukturaten soll diese Problematik beleuchtet werden.

Strukturierprozesse

Originärstrukturanaloge Rekonstituierung von Fleisch:

Die gegenwärtig vorzugsweise verwirklichten technologischen Prinziplösungen zur industriellen Herstellung von Fleisch-Soße-Speisen und deren Halbfabrikate sind empirisch aus der traditionellen küchentechnischen Speisenzubereitung hervorgegangen und tragen noch heute deren wichtigste charakteristische Merkmale.

Das Garen und die nachgeschalteten Prozeßstufen werden meist mit einem hohen Mechanisierungsgrad realisiert. Dagegen ist die Herstellung der Halbfabrikate vor dem Garen durch einen hohen manuellen Aufwand und damit verbundener niedriger Arbeitsproduktivität gekennzeichnet. Die Verarbeitung originären Fleisches (d.h. von Fleisch wie gewachsen) erfordert bei den angestrebten Eigenschaften der Erzeugnisse den Einsatz eines hohen Anteils von kostenintensiven und nur begrenzt verfügbaren Edelfleischteilen.

Auf Grund des biologischen Ursprungs des Rohstoffes schwanken die Eigenschaften in breiten Grenzen. Dadurch ist speziell bei der Herstellung von Fleischspeisen-Halbfabrikaten bei Anwendung gegenwärtig üblicher Herstellungsprinzipien nur eine geringe Steigerung des Mechanisierungsgrades und der Arbeitsproduktivität möglich. Eine Konzentration der Produktion und die Erhöhung der Effektivität des Herstellungsprozesses von Fleisch-Soße-Speisen mit Edelfleischcharakter ist wegen der wesentlichen Steigerung der Arbeitsproduktivität volkswirtschaftlich unbedingt erforderlich. Die Rohstoffreserven müssen effektiver erschlossen werden. Das bedeutet vor allem, den Einsatz von Produktionsfleisch 2 und 3 sowie solcher Fleischteile, deren geometrische Form einen Einsatz für derartige Erzeugnisse bisher nicht ermöglichte (Abschnitte), zu erschließen. Materialökonomie und effektive Verfahrensführung bilden somit eine untrennbare Einheit.

Sowohl im Interesse der Materialökonomie als auch der Intensivierung und eindeutigen Beherrschbarkeit des Herstellungsprozesses wäre eine Einschränkung der Schwankungsbreite der Rohstoffeigenschaften unerlässlich. Außerhalb der Phase der Verarbeitung ist das jedoch

nur unwesentlich zu erreichen, da die Fleischeigenschaften im lebenden Tier funktionsbedingt sind. Zusätzlich können sie durch Tierart, Rasse, Haltung u.a. sowie durch die Schlachtung entscheidend beeinflusst werden. Das Nivellieren des Fleischeigenschaftsbildes ist deshalb vorrangig durch eine Verringerung der Partikelgröße und nachfolgendes Mischen mit hoher Mischgüte zu erreichen. Damit ist eine wichtige prinzipielle Voraussetzung für den Einsatz bisher für diesen Zweck ungeeigneter, aber ausreichend verfügbarer und ernährungsphysiologisch hochwertiger Fleischteile sowie für die weitgehende Mechanisierung und Intensivierung des Herstellungsprozesses von Fleisch-Soße-Speisen gegeben. Dadurch wird erst eine industrielle Herstellung möglich.

Das entscheidende Problem besteht jedoch darin, die originärfleischtypischen Eigenschaften bis zu einem erforderlichen Grad zu erhalten bzw. wieder herzustellen.

In der Fleischverarbeitung gehen z.B. alle Verfahren der Wurstherstellung auf dieses Prinzip zurück, wobei allerdings die Erzeugniseigenschaften z.T. weit von der ursprünglichen Fleischcharakteristik abweichen.

Während der Begriff Rekonstituierung allgemein die Wiederherstellung einer definierten Struktur nach vorausgegangener teilweiser oder vollständiger Destrukturierung eines Stoffes beinhaltet, ist die originärstrukturanaloge Rekonstituierung als eine spezielle Form der Rekonstituierung zu verstehen. Dabei geht es darum, den strukturellen Ausgangszustand möglichst weitgehend wiederherzustellen und damit Biß- und Kaugindruck beim Verzehr analog zu gestalten. Bis auf wenige Ausnahmen ist dabei eine absolute Strukturgleichheit von Ausgangs- und Endprodukt des Prozesses nicht ökonomisch sinnvoll und notwendig.

Die Hauptprobleme des Verfahrens liegen in den Stufen Zerkleinerung, Mischen und Formgeben.

Hauptaufgabe des Zerkleinerns ist die Verringerung der Abmessungen der in diese Prozeßstufe eingeführten Rohstoffteile. Dabei werden tiefgreifende Veränderungen in der Struktur des Rohstoffes hervorgerufen. Es werden sowohl Muskelfasern zerstört, womit ein Austritt von in Lösung vorliegenden Eiweißen verbunden ist, als auch aus dem originären Verband herausgelöst. Damit werden die stabilen Primärbindungen teilweise aufgehoben. Im Verlauf des Prozesses sind durch die ausgetretenen Eiweiße oder auch durch Hilfsstoffe neue Bindungen zwischen den Partikeln aufzubauen. Diese müssen zu einer ausreichenden Gefügestabilität im Halbfabrikat und Fertigerzeugnis entwickelt werden. Da die Sekundärbindungen schwächer als die originären sind, führt das zwar zu einer in Grenzen erwünschten Erhöhung der Zartheit, fixiert aber gleichzeitig Bedingungen für die Partikelgeometrie. Die Partikelgröße selbst wird einerseits begrenzt durch die aufrechtzuerhaltende Faserstruktur als ein Merkmal des originären Fleisches, wobei als Minimum eine mittlere Faserlänge von 10 mm angesehen werden muß. Andererseits wird es durch minimal zulässige Gefügestabilität sowie das Profil des auszubildenden Fleischstranges begrenzt. Während für Bratenerzeugnisse noch mittlere Faserlängen von 30 mm gut geeignet sind, ist eine Reduzierung für als Flachstrang ausgeformte Steaks sowie für Rouladenhüllen erforderlich. Dadurch sollen Retardationserscheinungen (elastische Nachwirkung) nach der Entwicklung beim Formgeben mittels Druck in den Grenzen gehalten werden, die die erforderliche Gefügestabilität noch gewährleisten.

Im Bild 1 sind die aus bisheriger Sicht möglichen Bereiche für drei Anwendungsfälle - Rouladenhüllen, Steaks, Braten - aufgeführt /1/.

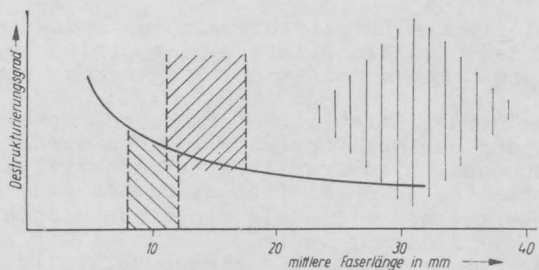


Bild 1: Mögliche Faserlängenbereiche für Rouladen, Steaks und Bratenerzeugnisse (v.l.n.r.) abhängig vom Destrukturierungsgrad

(Fig. 1 Possible fibre length areas for rolled meat, steaks and roast meat, from left to right hand, depending on the degree of destruction)

Destrukturierungsgrad = degree of destruction
mittlere Faserlänge = medium fibre length)

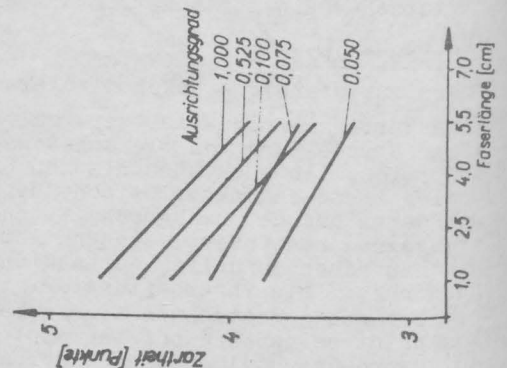


Bild 2: Zusammenhang zwischen festgestellter Zartheit und Fleischfaserlänge bei variiertem Ausrichtungsgrad (Fig. 2 Correlation between determined tenderness and muscle fiber length at varied degree of orientation)

Zartheit (Punkte) = tenderness (balls)
Faserlänge = fiber length
Ausrichtungsgrad = degree of orientation)

Der Einfluß der Faserlänge kommt in Bild 2 zum Ausdruck.

Hohe Zartheitswerte werden bei Proben mit kurzen Fasern erreicht. Mit zunehmender Faserlänge nehmen für jeden Wert der Faserausrichtung die Zartheitswerte ab. Proben mit einer Faserlänge bis 2,5 cm werden von den Prüfern als hackfleischartig bezeichnet.

Im Bereich von 1,0 bis 5,5 cm Faserlänge korrelieren die Werte gut mit den Werten für die Zartheit. Die Korrelationskoeffizienten bewegen sich zwischen $r = 0,69$ bis $0,99$ /2/. Hinsichtlich der Partikelgeometrie ist zu erreichen, daß eine große Oberfläche zur Ausbildung der Sekundärbindungen angeboten werden kann. Als praktisch vertretbar erweisen sich hierbei solche Partikel, die bei relativ großer Flächenausdehnung nur eine geringe Dicke aufweisen. Durch eine ausgeprägte Formscluß begünstigt, der den beim Mischinterpartikulärer Sekundärbindungen infolge Formscluß wirksam ergänzt.

Der Mischprozeß hat die Aufgabe, eine gleichmäßige Verteilung aller Bestandteile, einschließlich der zugesetzten Hilfsstoffe, zu der Gesamtmasse zu verwirklichen. Außerdem hat er den Quellungs Zustand dahingehend zu verändern, daß eine hochviskose, kontinuierlich polydisperse Phase entsteht, die leicht formbar ist und eine weitgehende konstante Eigenschaftscharakteristik aufweist.

Quellung der Fleisch- bzw. Muskelfasern und Emulgierung der Fettpartikel und des freien Fettes, d.h. Ausbildung von Eiweiß-Fett-Eiweiß-Brücken als wesentliche Form der Sekundärbindungen, werden durch Fremdwasser, Kochsalz sowie Quellungs- und Emulgierhilfsmittel, z.B. Milcheiweiß und Polyphosphate, beeinflusst. Der Fremdwasserzusatz hat somit für die Konsistenz technologische Bedeutung und wirkt andererseits in der Prozeßstufe Garen Verlusten entgegen. Als vertretbar kann ein Wasserzusatz in den Grenzen von 8 bis 15 Prozent angesehen werden. Durch Zusatz von Gewürzen und Geschmackshilfsstoffen (z.B. Natriumglutamat) können die geschmacklichen Eigenschaften positiv beeinflusst werden. Auf Grund der entstehenden inneren Reibung erfolgt durch die beim Mischen zugeführte Energie eine weitere Verkürzung der Faserlänge. Die Mischzeit ist deshalb so zu optimieren und mit dem Zerkleinerungsprozeß abzustimmen, daß eine hohe Mischgüte bei minimaler Verkürzung der Faserlänge infolge weiterer Destrukturierung erreicht wird. Die absolute Mischdauer ist abhängig vom gewählten Mischer. Bei kontinuierlichen Schneckenmischern ist der Destrukturierungseffekt am ausgeprägtesten. Bild 3 veranschaulicht einige qualitative Zusammenhänge.

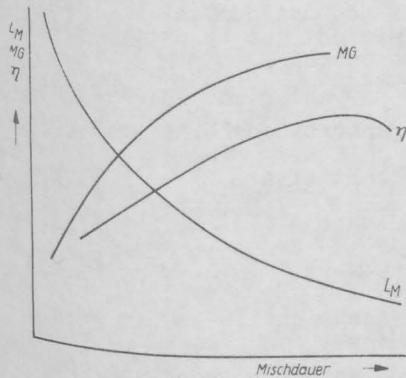


Bild 3: Einfluß der Mischdauer auf Muskel-faserlänge (LM), Mischgüte (MG) und Viskosität (η)

(Fig. 3 Influence of mixing period on muscle fibre length (LM), mixing quality (MG) and viscosity (η))

In der Prozeßstufe Formen wird das bereits während des Mischens eingeleitete Vereinen der Partikel unter Druck abgeschlossen und dabei das angestrebte Profil verwirklicht. Das zu formende Gut wird in der ersten Phase kontinuierlich mittels Matrize zu einem endlosen Strang ausgebildet (extrudiert), der in der zweiten Phase entsprechend der beabsichtigten Portionsgröße in Einzelportionen getrennt wird.

Der aufgebrachte Druck beim Formgeben führt zu einer Verdichtung des Materials und entscheidet so über die Stabilität der Formlinge mit. Während des Extrudierens richten sich die Fleischpartikel partiell parallel zur Beanspruchungsrichtung aus.

Andererseits zeigen die Untersuchungen, daß mit steigendem Ausrichtungsgrad, unabhängig von der Faserlänge, die Zartheit zunimmt (Bild 4). Zunächst erscheint das widersprüchlich. Das läßt sich aber dadurch erklären, daß sich bei niedrigem Ausrichtungsgrad zwischen den einzelnen Fasern eine größere Zahl Reibungsstellen, d.h. kraftschlüssige Querverbindungen, ausbilden, die konsistenz-erhöhend wirken /2/.

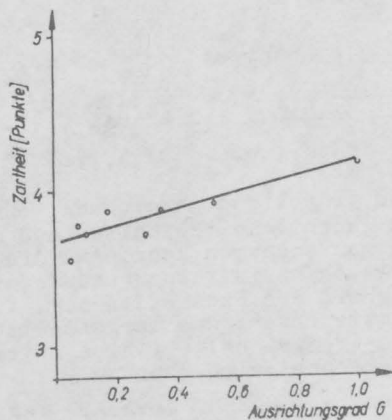


Bild 4: Zusammenhang zwischen festgestellter Zartheit und Ausrichtungsgrad (Fig. 4 Correlation between determined tenderness and degree of orientation Zartheit (Punkte) = tenderness (balls) Ausrichtungsgrad = degree of orientation)

Diese Halbfabrikate können sowohl über einen Gefrier- und Gefrierlagerprozeß als auch unmittelbar nach dem Formen thermisch stabilisiert werden. Dies kann zeitlich und räumlich mit dem Garen zusammenfallen /1/.

Die oben erwähnten Verfahren bedürfen des Verfolgs der erreichten Übereinstimmung ihrer Eigenschaften mit denen eines bestimmten Musters, Vorbilds oder Standards. Das Maß der Identität oder der Identitätsgrad sei μ_I ; er läßt sich als Quotient aus der Summe der erreichten Eigenschaften (K_E) und der Summe der angestrebten Eigenschaften (K_0) darstellen:

$$\mu_I = \frac{K_E}{K_0}; \text{ bei } 0 < \mu_I \leq 1.$$

Bei der Erprobung des Einsatzes von Eiweißmischstrukturat wurde eine Optimierung mit Hilfe des o.a. partiellen Identitätsgrades der Konsistenz vorgenommen. Proben der ersten Variante des Strukturats waren anstelle von Speckwürfeln in Fleischblutwurst und Jagdwurst eingearbeitet worden. Sie hatten also die Konsistenz (und sonstigen sensorischen Eigenschaften) von Speck zu imitieren, der Wurst dabei natürlich eine den ernährungsphysiologischen Parametern nach wesentlich günstigere Zusammensetzung zu verleihen. Die summarischen Konsistenzabweichungen der Versuchsprodukte nahmen mit steigendem prozentualen Anteil des Strukturats in Richtung sinkender Konsistenz zu.

Bild 5 zeigt den Vergleich der Konsistenzprofile von Speck und der 1. Variante des Strukturats. (Zwischen pH-Wert und Feuchtigkeitsgehalt gilt für diesen Fall die strichpunktierte Linie als Fortsetzung der gestrichelten Linie. Die Abweichungen sind offensichtlich erheblich).

Berechnet man den partiellen Identitätsgrad der Konsistenz und benutzt dabei als vergleichbare Größen

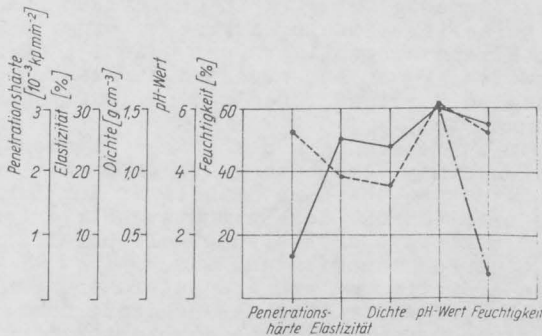


Bild 5: Vergleich der Konsistenzprofile (— bzw. - - Strukturat, - - - - Speck)

(Fig 5 Comparison of consistency profiles (— or - - structureate, - - - - fat tissue))

ergibt sich nach Gleichung 2:

$$\mu_{J,K} = 1 - \frac{1}{i} \left(\left| 1 - \frac{k_{I,K,1}}{k_{O,K,1}} \right| + \left| 1 - \frac{k_{O,K,2}}{k_{I,K,2}} \right| + \left| 1 - \frac{k_{O,K,3}}{k_{I,K,3}} \right| + \left| 1 - \frac{k_{O,K,4}}{k_{I,K,4}} \right| + \left| 1 - \frac{k_{O,K,5}}{k_{I,K,5}} \right| \right)$$

Es wird also eine erhebliche Abweichung ($\mathcal{C} = 0,42$) auch im Identitätsgrad manifestiert. Hinsichtlich des Feuchtigkeitsgehaltes muß die Realität allerdings hier in Zweifel gezogen werden, da man annehmen kann, daß die bei Verzehrstemperatur flüssigen Fette nahezu die gleiche Konsistenzbeeinflussung ausüben wie die Feuchtigkeit. Schlägt man zur bestimmten Feuchtigkeit des Specks den o.g. Fettanteil hinzu (44,4%), so resultieren 52,2% "scheinbare Gesamtfeuchte"; das dargestellte Bild des Konsistenzprofils ändert sich in der angegebenen Weise (gestrichelte Linien zwischen pH-Wert und Feuchtigkeitsgehalt), und der Identitätsgrad berechnet sich dann zu $\mu_{I,K} = 0,74$. Trotzdem verbleibt also eine erhebliche Differenz ($\mathcal{C} = 0,26$), deren Betrag unter Beachtung der Unsicherheit der vorangegangenen Erörterung durchaus größer sein kann. Daraufhin wurden Veränderungen an der Strukturatherstellung vorgenommen, die zu wesentlich besseren Ergebnissen führen.

Führt man Wichtungsfaktoren W_x ein, so ergibt sich

$$\mu_I = 1 - \frac{1}{i \sum_{x=1}^i W_x} \left(W_1 \left| 1 - \frac{k_{E,1}}{k_{O,1}} \right| + W_2 \left| 1 - \frac{k_{E,2}}{k_{O,2}} \right| + \dots + W_i \left| 1 - \frac{k_{E,i}}{k_{O,i}} \right| \right)$$

- | | | |
|-------------|-----------------------|-------------|
| $k_{O,K,1}$ | - Penetrationshärte | $k_{I,K,1}$ |
| $k_{O,K,2}$ | - Elastizität | $k_{I,K,2}$ |
| $k_{O,K,3}$ | - Dichte | $k_{I,K,3}$ |
| $k_{O,K,4}$ | - pH-Wert | $k_{I,K,4}$ |
| $k_{O,K,5}$ | - Feuchtigkeitsgehalt | $k_{I,K,5}$ |

und setzt man, da unter Beachtung von

$$0 \leq \mu_{I,K} \leq 1 \text{ auch gilt } \frac{k_{I,K,j}}{k_{O,K,j}} \leq 2, \text{ für } j=1, \dots, 5$$

von $\frac{k_{I,K,j}}{k_{O,K,j}} > 2$ vorteilhafter $k_{O,K,j}$ ein, ohne

die Aussage unzulässig zu verfälschen, so