

Objektive Methoden zur Qualitätsbestimmung an Erbsen

Von Th. GRÜNEWALD ¹⁾

Institut für Strahlentechnologie der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Nach der von *Kramer* (1) gewählten Definition bilden die qualitätsbestimmenden Eigenschaften eines Produktes und ihre Art der sensorischen Erfassung ein in sich geschlossenes Ganzes, so daß ihre Darstellung auf einem Kreis erfolgen kann (siehe Abb. 1). Dabei läßt sich eine Aufteilung bzw. Zusammenfassung in äußere Erscheinungsform sowie Geruch und Geschmack und die durch Muskelkraft erfassbaren Eigenschaften, in erster Linie Textur oder Festigkeit, vornehmen.

Die Wahrnehmung der Eigenschaften setzt sich im Gehirn des Menschen zu einem Qualitätsempfinden zusammen. Da nicht nur das Gehirn, sondern auch die Mittelsorgane wie Nase, Mund, Kauorgane bei den Menschen unterschiedlich sind, führen sensorische Beurteilungen des gleichen Produktes auch zu unterschiedlichen Qualitätsaussagen.

Seit es den Begriff Qualität gibt, sind daher Bestrebungen im Gange, neutrale, objektive Aussagen über die Qualität zu machen, die in erster Linie auf objektiven Meßmethoden beruhen sollten.

Im folgenden werden einige Bemerkungen zur objektiven Messung von Farbe und Festigkeit gemacht. In dieser Beziehung gibt es gutwillige und widerspenstige Produkte. Sieht man davon ab, daß einem das Produkt, das man gerade bearbeitet, immer als besonders widerspenstig erscheint, so gehörten Erbsen tatsächlich zu den Produkten, bei denen alle nur möglichen Schwierigkeiten und Probleme auftraten.

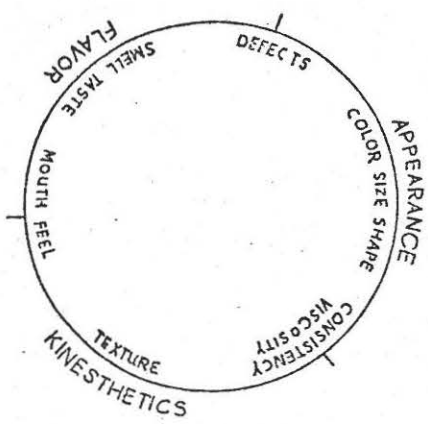


Abb. 1: Qualitätsbestimmende Eigenschaften eines Produktes (1).

Wenn auch die mit *J. Gutschmidt* zusammen durchgeführten Arbeiten zum Teil mehr als 15 Jahre zurückliegen, so hat sich an den prinzipiellen Schwierigkeiten in der Zwischenzeit nichts geändert.

Textur oder Festigkeit

Die Textur der Lebensmittel reicht von flüssig (Wasser) bis hart (Kandiszucker). Um diesen Bereich

meßtechnisch erfassen zu können, wurden die unterschiedlichsten Festigkeitsmeßgeräte entwickelt. *Kramer* und *Szczesniak* (2) beschrieben allein etwa 60 verschiedene derartige Instrumente, die auf dem Markt erhältlich sind, sowie weitere 75, die nur aus der Literatur bekannt sind.

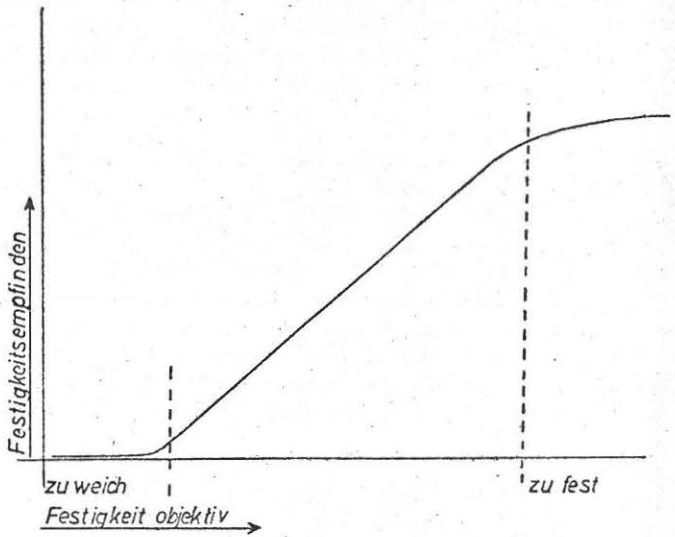


Abb. 2: Festigkeitsempfinden in Abhängigkeit von der objektiv gemessenen Festigkeit.

Die grundsätzliche Schwierigkeit bei der Festigkeitsmessung besteht nicht nur darin, reproduzierbare Meßwerte zu erhalten, sondern auch Werte zu erzielen, die in irgendeiner Korrelation zu der Qualität stehen. Um eine Korrelation zum Qualitätsempfinden zu erhalten, versuchte man beim Testen des genußfertigen Produktes daher oft, den Kauvorgang nachzuahmen (3, 4), der allerdings ein Gemisch aus Zermahlen und Zerdrücken ist, so daß weder Scherfestigkeit noch Druckfestigkeit, noch der Meßwert aus der von *Wolodkewitsch* entwickelten Spaltmethode (5) eine exakte Korrelation zum Kauempfinden liefern.

Wolodkewitsch kommt das Verdienst zu, als erster sein Gerät mit einem Einsatz versehen zu haben, der mit Nachahmungen von menschlichen Zähnen ausgestattet war. Später zeigte es sich, daß es genügte, einen Meßeinsatz aus zwei gegeneinander beweglichen zylinderförmigen Teilen zu verwenden, wobei die Rundung der Zylinder derjenigen der Backenzahnkronen entspricht (6).

Um den Kauvorgang besser beobachten zu können, hat man in jüngster Zeit bei Versuchspersonen Deh-

¹⁾ Vortrag am 4. April 1974 im Kolloquium anlässlich des Ausscheidens von *J. Gutschmidt* aus der Bundesforschungsanstalt für Ernährung.

nungsmessstreifen als Bestandteil von Plomben in die Zähne eingebaut und den Druckverlauf oszillographisch aufgenommen.

Abgesehen von der Komplexheit des Kauvorganges ist das Empfinden des Menschen für die Festigkeit nicht in einem so großen Bereich linear, wie das meist bei einem Meßinstrument der Fall ist. In den Bereichen „zu weich“ und „zu hart“ gibt es praktisch keine Auflösung des Empfindens mehr (siehe Abb. 2).

Die Schwierigkeit der Korrelation zwischen Festigkeit und Kauvorgang bestand bei den Erbsen primär nicht, denn es wurde nicht die Textur des fertig zubereiteten Produktes mit dem Qualitätsempfinden verglichen, sondern es wurde durch eine Festigkeitsmessung der optimale Reifezeitpunkt gesucht. Dies ist wirtschaftlich von großer Bedeutung, denn bei grünen Erbsen wird der optimale Reifegrad schnell durchlaufen und sie müssen auf den Tag genau geerntet werden, damit der Geschmack voll entwickelt, die Konsistenz aber noch sehr zart und die Farbe noch einheitlich grün ist.

Nun ist die Messung der Konsistenz oder Textur der Erbsen eine nicht ganz einfache Sache (7). Das liegt nicht daran, daß die üblichen Festigkeitsmeßgeräte nicht genau genug wären. Die Festigkeitsprüfmaschine nach Wolodkewitsch (8) in ihrer ursprünglichen Form sowie in der im elektronischen Teil wesentlich verbesserten Form (9) ermöglichen die Messung der Scherfestigkeit der Erbsenschale oder der Druckfestigkeit der ganzen Erbse. In mühsamen Einzelmessungen wurde diese Messung durchgeführt und die Streuung bestimmt. Präparative Fehler beeinflussten dabei vor allem bei der Schalenfestigkeit den Streubereich. Es erhob sich dabei die Frage, ob es sinnvoll ist, auf die Dauer ein Gerät zu verwenden, das eine Reproduzierbarkeit von besser als 1% hat, wenn die biologische Streuung 30% beträgt. Für die praktische Anwendung ergaben sich dann auch Schwierigkeiten, da das Festigkeitsprüfgerät nach Wolodkewitsch wegen seiner Empfindlichkeit nicht für den Feldeinsatz geeignet war.

Auf Initiative von Gutschmidt wurden die für die Praxis geeigneten Geräte getestet, verglichen und verbessert. Das sind im wesentlichen Texturemeter, Maturometer und Tenderometer (10). Die drei Geräte liefern Mittelwerte für die Konsistenz einer größeren Anzahl von Erbsen. Beim Texturemeter sind es 50 bis 55 g, beim Maturometer 143 Erbsen und beim Tenderometer 250 g. Aus den Mittelwerten kann aber nicht auf die Verteilung der Festigkeit über die einzelnen Erbsen geschlossen werden. Was man bei zwei oder mehreren Messungen als Standardabweichung erhält, ist der Fehler der Mittelwerte, in erster Linie bedingt durch den Fehler des Gerätes.

Betrachten wir in dieser Beziehung zunächst das Texturemeter (11). Die Messung erfolgt in einem völlig undefinierten Vorgang. Es ist im ersten Teil weder ein Abscheren noch ein Zerdrücken, eher ein Durchquetschen der 25 Stempel durch die Erbsen. Anschließend erfolgt eine Art Abscheren unter Verwendung von Löchern, die wesentlich größer sind als die Stempel. Trotzdem kann man hieraus Meßwerte gewinnen, die zu dem Reifegrad in Relation stehen.

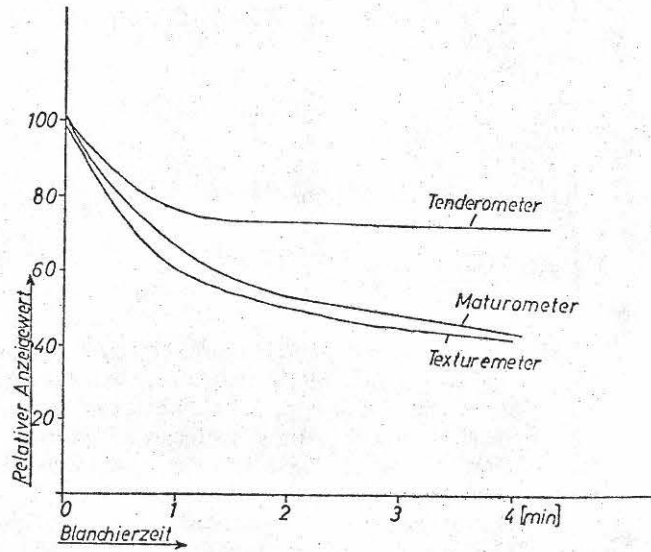


Abb. 3: Meßwerte des Tenderometers, Maturometers und Texturemeters in Abhängigkeit von der Blanchierzeit der Erbsen (23).

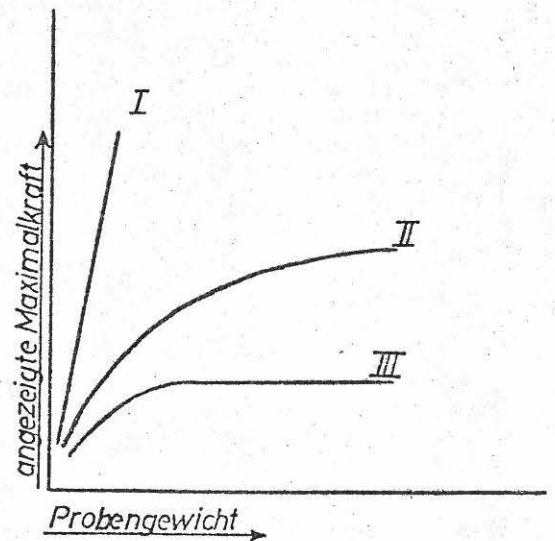


Abb. 4: Abhängigkeit der Maximalkraft des Meßwertes vom Probengewicht (Kurve II Texturemeter, Kurve III Tenderometer) (2).

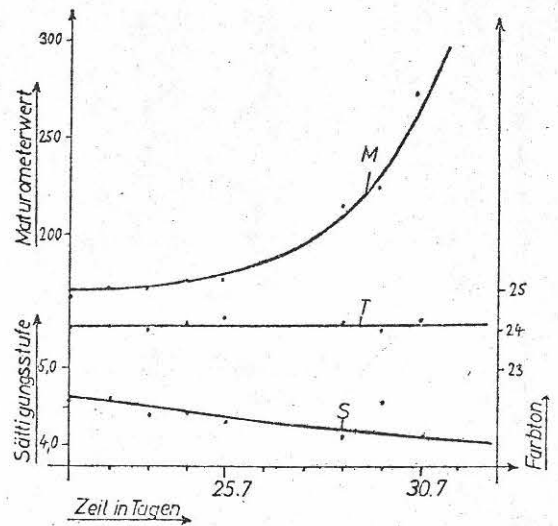


Abb. 5. Farbton T und Sättigung S sowie Maturometerwert M während des Reifevorganges.

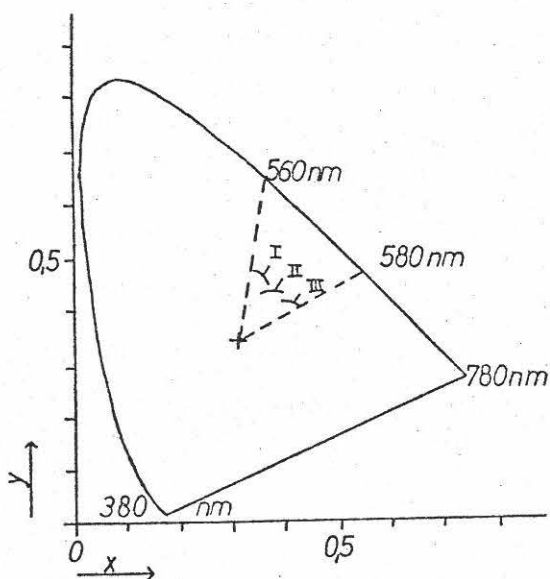


Abb. 6:
Farborte der blanchiert gefrorenen (I), frischen (II) und sterilisierten (III) Erbsen im Farbdreieck.

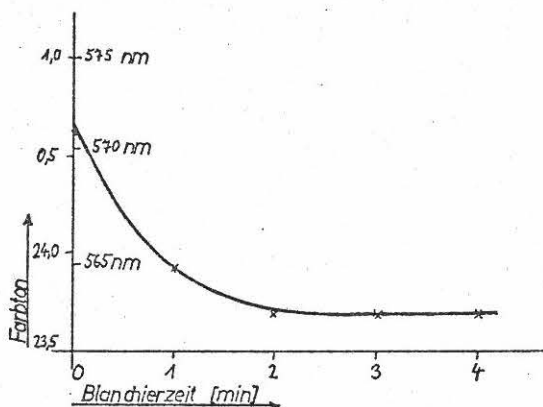


Abb. 7:
Farbtonänderung bei Erbsen in Abhängigkeit von der Blanchierzeit (23).

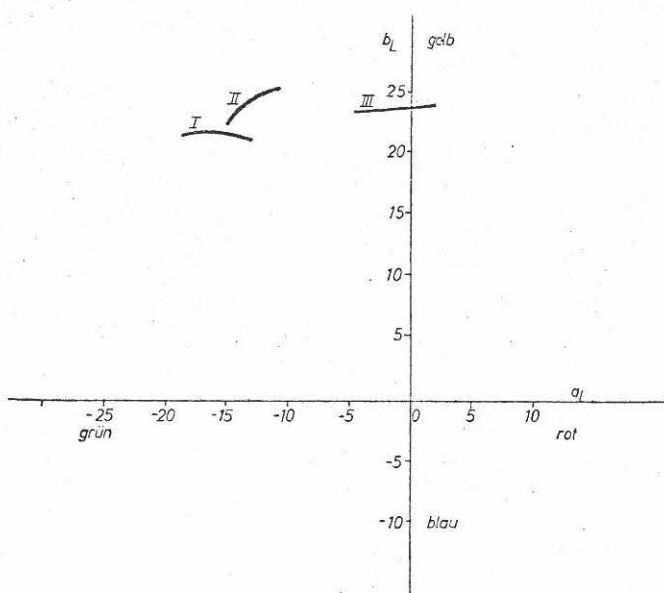


Abb. 8:
Farborte der blanchiert gefrorenen (I), frischen (II) und sterilisierten (III) Erbsen im Hunter-System.

Die Stempel haben einen Durchmesser von 3/8", die Löcher müssen wegen der schlechten Führung entsprechend größer sein, um ein Anecken zu verhindern. Ein wesentlicher Teil des angezeigten Meßwertes bestand aus der Reibung. Zu allem Überfluß wurde das Gerät noch von Hand gedreht, so daß die Stempelgeschwindigkeiten nicht gleich waren. Ungeachtet dessen wurden, wie aus den Veröffentlichungen von Gutschmidt (12, 13) hervorgeht, in bezug auf die Reifegradbestimmung so gute Ergebnisse erzielt, daß diese Arbeiten die Epoche der objektiven Reifegradbestimmung bei Erbsen einleitete.

Um die Meßmethode etwas zu verbessern, wurde Kraftübertragung und Eichung am Texturemeter verbessert (14) und schließlich ein Texturemetereinsatz für die Festigkeitsmaschine von Wolodkewitsch konstruiert, mit dem infolge der besseren Führung und der geringeren Toleranz zwischen Stempel und Löchern auch die Festigkeit von hitzesterilisierten Erbsen bestimmt werden konnte (15).

Etwas genauer definiert ist das Meßverfahren mit dem Maturometer (16), bei dem sich gleichzeitig 143 Stempel von 1/8" Durchmesser in 143 Erbsen drücken. Es treten dabei sowohl Zug- als auch Druckbeanspruchungen sowie Abscherkräfte auf, so daß die bei einem derartigen Vorgang aufzuwendende Kraft sich wie folgt zusammensetzt (2):

$$P = K_S \cdot U + (K_D + K_F) \cdot F + C$$

K_S — Scherkraft

K_D — Druckkraft

K_F — Fließkraft

U — Umfang des Stempels

F — Stempelfläche

Ein Vorläufer der Kramerschen "shear press" ist das von uns ebenfalls verwendete Tenderometer (17), bestehend aus einem beweglichen und einen feststehenden Satz von Gittern, an deren Kanten das gleichzeitige Abscheren einer Vielzahl von Erbsen erfolgt.

Durch die Überarbeitung der drei Geräte bzw. ihre Justierung und Eichung konnte auch der Einfluß der Vorgeschichte, zum Beispiel des Blanchierens der einzufrierenden Erbsen auf den Anzeigewert untersucht werden (siehe Abb. 3). Da bei diesen Blanchierzeiten bei den Erbsen noch keine Gelatinisierung der Stärke auftritt, drückt sich in der Änderung der Meßwerte offenbar vor allem die Änderung der Festigkeit der Schale aus, die unterschiedlich in die Meßwerte eingeht (23).

Es war auch interessant, den Einfluß des Probengewichtes auf den Meßwert zu untersuchen. Es gibt drei verschiedene Kurven, je nach dem Lebensmittel und dem Gerät (siehe Abb. 4) (18). Bei Erbsen und den beschriebenen Meßgeräten treten nur die Kurven II und III auf. Daß beim Texturemeter (Kurve II) der Meßwert vom Füllungsgrad abhängt, beruht auf dem Einfluß der Reibung an den Erbsen während der Messung. Der Maturometerwert dagegen zeigt im wesentlichen den idealen Verlauf der Kurve III, bei dem von einem bestimmten Füllungsgrad ab der Anzeigewert unabhängig vom Probengewicht ist.

Mit dem Auftauchen der Kramerschen "shear press" (19) schien die Zeit der undefinierten Meßvorgänge zu Ende zu sein. Die exakt geführten und mit Motorkraft angetriebenen Scherblätter liefern Werte, die der Scherkraft entsprechen. Ein solcher Einsatz wird

jetzt auch in dem Festigkeitsgerät nach *Wolodkewitsch* verwendet.

Aber es zeigte sich bald, daß auch hier die verschiedensten Kräfte auftreten, daß Schärfe der Blätter und Führung den Meßwert beeinflussen. Selbst *Kramer* schreibt: „So genau wissen wir nicht, was wir messen“.

Farbmessung

Wenn nun die Festigkeitsmessung immerhin solche Schwierigkeiten bereitet, erhebt sich die Frage, ob dann vielleicht die Farbe besser als Kennzeichen des optimalen Reifzustandes zu erfassen oder gar als Qualitätsmerkmal einer objektiven Messung zugänglich ist (20).

Trägt man die Farbmeßzahlen und die Maturometerwerte während des Reifevorganges auf, so zeigt sich zumindest eine Abhängigkeit der Farbsättigung von der Reife. Es wurde versucht, dies als Reife-kriterium auszunutzen (siehe Abb. 5) (23).

Farbmessungen, seien sie subjektiver oder objektiver Art, durch Vergleich mit Farbmustern sind am einfachsten, wenn die Farbe der Probe homogen, die Oberfläche eben, nicht glänzend und ausreichend groß gegenüber der Meßfläche ist. So etwas trifft nur bei pulverförmigen Lebensmitteln oder vielleicht bei Eiscreme zu. Bei Erbsen dagegen fehlen drei dieser wichtigen Eigenschaften. Lediglich die Farbe ist sowohl bei rohen wie auch gekochten oder blanchierten Erbsen ziemlich homogen. Aber die Oberfläche ist glänzend, rund und der Durchmesser der Erbsen ist klein gegenüber der Meßfläche der Farbmeßgeräte.

Für die instrumentelle Farbmessung an solchen widerspenstigen Objekten gibt es auch von den Expertenkommissionen keine Empfehlungen, was zu machen ist, und auch bei dem Internationalen Confructa Symposium über instrumentelle Farbmessungen an Lebensmitteln in Budapest im April 1973 war niemand in der Lage, allgemein verbindliche Vorschläge zu machen.

Was nun hier in unserer damaligen Arbeitsgemeinschaft entwickelt wurde, war der Kompromiß, eine Farbkarte für frische und konservierte Erbsenkörner (21) unter Verwendung instrumenteller Farbmeßmethoden herzustellen, ein Verfahren, das in den letzten Jahren bei uns eine Fortsetzung gefunden hat in der Herstellung von Farbmustern für Kartoffelchips (22).

Es wurden die verschiedensten Methoden der Herstellung einer ebenen Oberfläche als Meßfläche für die Oberflächenfarbe der Erbsen verwendet. Leider mußte man dabei auf den Vorteil einer zerstörungsfreien Testmethode verzichten und die Erbsen anschneiden, was schon zu Farbänderungen führen konnte.

Mittels eines einfachen trichromatischen Farbmeßgerätes lassen sich die Bereiche der Farbwerte im Farbdreieck ermitteln, in denen die Farbmaßzahlen für blanchiert gefrorene, frische und sterilisierte Erbsenkörner liegen oder liegen sollten (siehe Abbildung 6). Sogar die Farbänderungen als Folge unterschiedlich langer Blanchierzeiten ließen sich messen (siehe Abb. 7) (23). Diese Darstellung der Bereiche im Farbdreieck ist nicht sehr anschaulich; man geht daher immer mehr zu der Darstellung von *Hunter* über mit der rot-grün- und blau-gelb-Achse, obwohl das für den vorliegenden Fall auch nicht sehr

viel bringt (siehe Abb. 8). Die Farbkarte wurde hergestellt, daß Farbmuster entworfen wurden, die unter definierten Lichtbedingungen mit ihren Farbwerten auf den Ausgleichskurven dieser Farbmaßzahlen lagen. Ganze Ordner mit selbst hergestellte Farbmustern füllten sich, bis sich schließlich Übereinstimmung mit den instrumentell ermittelten Meßwerten für die Erbsen ergab. Übriggeblieben sind Farbkarten mit zehn Farbmustern, die sowohl die blanchiert gefrorenen wie auch die frischen und sterilisierten Erbsen umfaßten.

Inzwischen sind neue Farbmeßgeräte auf den Markt gekommen. Als eines der neueren Geräte ist das ungarische Farbmeßgerät MOM-Color zu nennen, bei dem wir eine Abweichung in der Reproduzierbarkeit von weniger als 1/100 gefunden haben.

Aber die Schwierigkeit kommt ja nicht vom Gerät, sondern von der Probe. Das Problem, Farbinhomogenitäten, unebene Oberflächen, Glanz und teilweise Durchsichtigkeit der Proben instrumentell zu überwinden, steht nach wie vor im Raum. Für die Farbmessungen an Erbsen aber zumindest konnte durch die erwähnten Arbeiten eine Lösung vorgeschlagen werden, die sicher richtungsweisend auch für andere Lebensmittel war.

Literaturverzeichnis

- (1) *Kramer, A.*: The Judging of Food Quality — A Consideration of Uniform Scoring; Proc. Techn. Mtg. Food and Dairy Ind. Expo. (1968), 79.
- (2) *Kramer, A., und Szczesniak, A. S.*: Texture Measurements of Foods; D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1973).
- (3) *Szczesniak, A. S.*: Instrumental Methods of Texture Measurements in Texture Measurements of Foods; D. Reidel Publishing Company, Dordrecht (1973), 71—103.
- (4) *Molnar, S.*: Mechanical Simulation of Human Chewing Motions; J. Dent. Res. 47 (1968), 559.
- (5) *Wolodkewitsch, N.*: Zur Methodik der Festigkeitsmessungen an Lebensmitteln; Ztschr. f. Lebensm.-Untersuch. u. -Forsch. 103 (1956), 261—272.
- (6) *Wolodkewitsch, N.*: Apparatus for measurements of chewing resistance or tenderness of foodstuffs; Food Res. 3 (1938) 221—225.
- (7) *Voisey, P. W., und Nonnecke, I. L.*: Measurement of pea tenderness; Journal of Texture Studies 2 (1971), 348—364; (1972), 329—358; 4 (1973), 171—195.
- (8) *Grünwald, Th.*: Ein Festigkeitsprüfgerät für Lebensmittel nach *Wolodkewitsch*; Ztschr. f. Lebensm.-Unters. u. -Forsch. 100 (1957), 1—12.
- (9) *Frank, A.*: Unveröffentlichte Ergebnisse.
- (10) *Gutschmidt, J.*: Ein Beitrag zur Bestimmung des Reifegrades grüner Erbsen mit Hilfe des Texturimeters; Ind. Obst- u. Gemüseverwert. 38 (1953), 389—393; 38 (1953), 405—407; 39 (1954) 242—245; 41 (1956), 157—161.
- (11) *Christel, W. F.*: Texturimeter, a New Device for Measuring the Texture of Peas; Canning Trade 60 (1938), 10.
- (12) *Gutschmidt, J.*: Untersuchung des Reifeverlaufs grüner Erbsenkörner; Ind. Obst- u. Gemüseverwert. 40 (1955), 219—224; 41 (1957), 240—246.
- (13) *Gutschmidt, J.*: Über den Einfluß des Dreschens und Löchtens auf die Texturimeterwerte grüner Erbsenkörner; Ind. Obst- u. Gemüseverwert. 42 (1957), 449—454.
- (14) *Grünwald, Th., und Klotz, W.*: Eichvorrichtung für Texturimeter; Ind. Obst- u. Gemüseverwert. 44 (1959), 317—319.
- (15) *Grünwald, Th.*: Erbsenmeßeinsatz zum Festigkeitsprüfgerät nach *N. Wolodkewitsch*; Ztschr. f. Lebensm.-Unters. u. -Forsch. 110 (1959), 93—94.
- (16) *Mitchell, R. S., Casmir, D. J., und Lynch, L. J.*: The Maturometer-Instrumental Test and Redesign; Food Technol. 14 (1961), 415.
- (17) *Martin, W. Mck.*: The Tenderometer, an Apparatus for Evaluating Tenderness in Peas; Canning Trade 59 (1937), 29.
- (18) *Szczesniak, A. S.*: Behaviour of Different Foods in the Standard Shear Compression Cell of the Shear Press and the Effect of Sample Weight on Peak Area and Maximum Force; J. Texture Studies 1 (1970), 356.
- (19) *Kramer, A.*: The Shear Press, a Basic Tool for the Food Technologist; The Food Scientist 5 (1961), 7.
- (20) *Grünwald, Th.*: Über die Auswertung von Farbmessungen insbesondere an Lebensmitteln; Fette, Seife, Anstrichmittel Ernährungswiss. 61 (1959), 440—450.
- (21) *Grünwald, Th., und Gutschmidt, J.*: Farbbestimmungen an frischen und konservierten Erbsenkörnern; Ztschr. f. Lebensm.-Unters. u. -Forsch. 110 (1959), 1—8.
- (22) *Grünwald, Th.*: Instrumentelle Farbmessung von Kartoffeln und Verarbeitungsprodukten; Confructa 19 (1974), 109—119.
- (23) *Grünwald, Th.*: Farbänderungen blanchierter, gefrorener und sterilisierter Erbsen; Ind. Obst- u. Gemüseverwert. 47 (1962) 247—250.