

Messen und Regeln in Garprozessen an Fleisch

H.-J. RAUBER, H. NIKOLAUS, H. HILGER, E. HÜBNER

Technische Universität Dresden, DDR

1. Problemstellung

Die Erhitzungsverfahren für Fleisch sind in vielfältiger Weise insbesondere hinsichtlich des Keimabtötungseffekts in Konserven, d.h. der Haltbarkeit, untersucht worden, sodaß Sterilisationsprozesse auf Grund der erkannten Gesetzmäßigkeiten seit einigen Jahren bereits über Rechner nach dem D -Wert gesteuert werden können.

Neuere Untersuchungen verfolgen das Ziel, neben der Haltbarkeit auch die produktabhängigen Eigenschaften zu quantifizieren /1, 2/ und bei der Optimierung der Garbedingungen als sogenannten C -Wert (cooking value) einzuführen /3/, wobei die Temperatur- und Zeitabhängigkeit die dominierende Rolle spielt. Jeweils charakteristische Veränderungen des Gutes (Thiamin-Abbau, Strukturzerfall, Farbveränderungen) werden dabei zugrundegelegt. Diese Art der Optimierung berücksichtigt die heute entscheidende Bedeutung gewinnenden Fragen der Material- und Energieökonomie, d.h. der Ausbeuten und des spezifischen Energieaufwandes noch nicht.

Weiterhin muß festgestellt werden, daß der heute erreichte Stand der Automatisierung industrieller Garprozesse eine Programmsteuerung nach im durchschnittlichen Fall günstigen Festwerten erfolgt, wobei eine Vielzahl produktabhängig zugeschnittener Programme abrufbar gespeichert zur Verfügung steht. Eine on line-Regelung, die auf sich charakteristisch verändernde Gutseigenschaften zurückgeht, existiert noch nicht. Dazu fehlt ein Modell des Prozesses, in dem solche on line meßbaren charakteristischen Größen, die eine Rückwirkung auf den Prozeß ermöglichen, enthalten sind.

Daraus abgeleitet muß die weitere wissenschaftliche Arbeit im Sinne eines praktischen Fortschritts folgendes ermitteln:

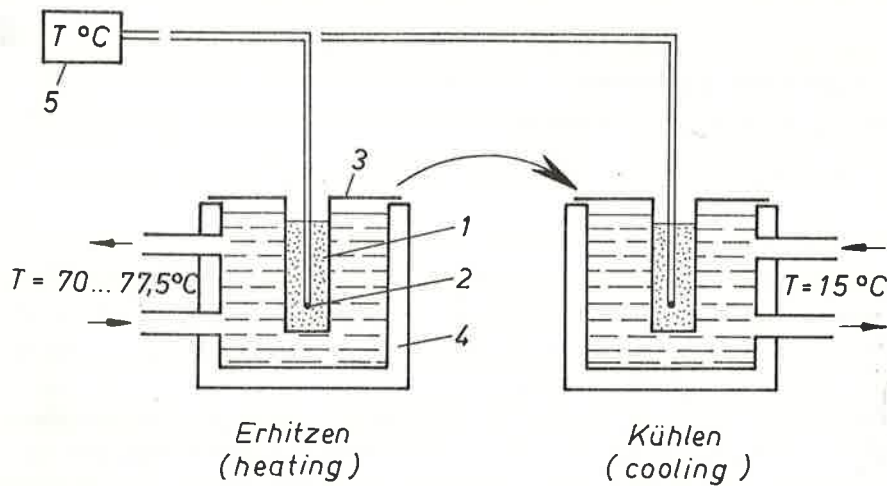
- objektive Garekriterien,
 - Prozeßmodelle, die alle charakteristischen Abhängigkeiten enthalten,
 - Optimierungsstrategien und daraus abgeleitete Steuerungsalgorithmen für die Garprozesse.
- Die Größe dieser Aufgabe erlaubt es nicht, sofort eine umfassende Lösung vorzulegen, deshalb sollen folgende Unterziele angesteuert werden:
- Nutzung eines Koagulationstests zur Feststellung des Einflusses von Fett-, Wasser- und Kochsalzgehalt auf den Eintritt der Gare,
 - Ermittlung einer mathematischen Beziehung für die Abhängigkeit des Garverlusts von den Prozeßparametern,
 - Diskussion der Aufstellung eines Gesamtmodells eines Garprozesses.

2. Material und Methoden

2.1. Garekriterium:

Als Untersuchungsmaterial wurden selbst hergestellte Modellbräte aus Schweinefleisch und Rindfleisch (*M. long. dorsi*), Rückenspeck vom Schwein, Wasser und Kochsalz verwendet. Die Komponenten wurden im Kutter zerkleinert. Um konstante Ausgangsbedingungen zu erreichen, wurde eine einheitliche Kutterdauer von 7 min und eine konstante Masse bei allen Rezepturvariationen gewählt. Das Untersuchungsmaterial wurde in einem quaderförmigen Gefäß (10 x 175 x 155 mm) aus Messing, das von bewegtem heißem Wasser in einem Thermostat umspült wurde, erhitzt. Ein Thermoelement in der geometrischen Mitte der Probe nahm die Proben- temperatur auf. Nach Beendigung des Garprozesses wurde das Gefäß mit der Probe in bewegtes kaltes Wasser in einem Thermostaten mit 15°C auf eine Proben-temperatur von 30°C gekühlt. Bild 1 zeigt die Meßanordnung.

Als Garekriterium diente ein Koagulationstest, bei dem das Untersuchungsmaterial mit einer 0,9%igen Kochsalzlösung extrahiert wird. 5 ml erhitztes Agar-Gel werden in eine Petrischale



- 1 Probe (sample)
 2 Thermoelement (thermocouple)
 3 austauschbares Probengefäß (exchangeable sample holder)
 4 Thermostat (thermostat)
 5 Temperaturschreiber (temperature recorder)

Bild 1: Meßanordnung
 Fig. 1: Measuring device

gegossen, nach dem Erstarren werden 5 mm große Löcher (mindestens 3) in die Gelschicht gestochen. In diese Löcher werden mittels Pipette einzeln der erhaltene Extrakt, der gefilterte Auszug eines rohen, ungegarten Bräts und präzipitierendes Serum von Schwein oder Rind (je nach Rohstoffherkunft) eingebracht. Nach 12stündiger Bebrütung bei 37°C beobachtet man, ob zwischen dem Extrakt und dem Serum ein weißer Streifen entstanden ist. Ist dies der Fall, lagen im Extrakt noch native Eiweiße vor, das Material war nicht gar. Bild 2 zeigt die Anordnung.

2.2. Garverlustabhängigkeit:

Als Untersuchungsmaterial dienen:

- fettarmes Muskelfleisch (M. long. dorsi) von Schwein und Rind
- fettreiches Fleisch
- Brät unterschiedlicher Zusammensetzung in Würsthüllen.

Gegart wurden Stücke unterschiedlicher Größe in Topfeinsätzen (3,5 l) von Thermostaten in Wasser bzw. Kochsalzlösung.

Zum Garen wurden die Fleischstücke bzw. in das auf die dem Versuchsplan entsprechende Temperatur angewärmte Wasser die Fleischstücke 2...3 min ab.

Die Massebestimmungen erfolgten mittels einer Oberschalenwaage (Ablesegenauigkeit 0,1 g).

3. Ergebnisse

3.1. Garekriterium:

Generell kann man feststellen, daß der Denaturierungseffekt bei sonst gleichen Bedingungen an Schweinefleisch bei 75°C und an Rindfleisch bei 72,5°C eintrat, in Mischbräten also der Schweinefleischanteil entscheidend ist.

Der Fettgehalt der Probe spielt folgende Rolle:

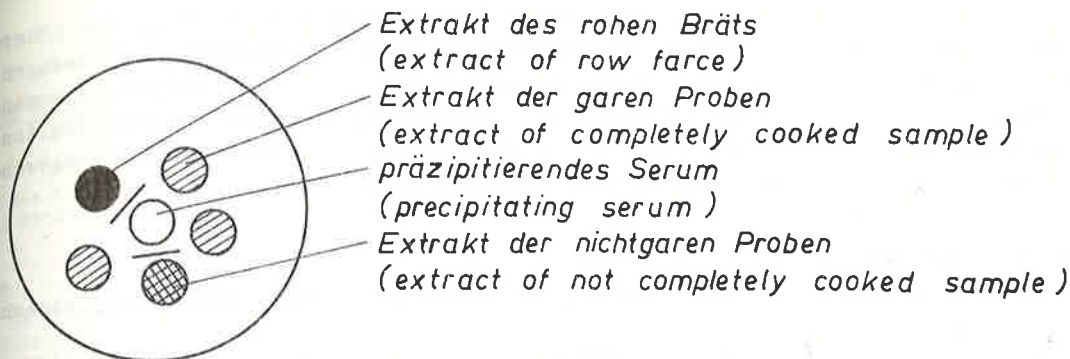


Bild 2 : Präzipitationstest
 Fig. 2 : Precipitation test

Brät aus reinem Magerfleisch brauchte bei 75°C etwa 3 min. Diese Erscheinung ist schwer erklärbar.

Die Salzzugabe verkürzte bei 1 bis 2% die notwendige Garzeit, verlängerte sie aber bei 10% Kochsalz erheblich. Offensichtlich bewirkt die hohe Ionenkonzentration eine verringerte Eiweißlöslichkeit, während geringe Salzzugaben wegen Anziehung der polaren Gruppen zu einer Vergrößerung der Hydrathülle der Eiweißmoleküle führen. Steigender Wassergehalt verlängert die notwendigen Garzeiten, das kann durch die hohe Wärmekapazität des Wassers bedingt sein /4/.

Bisher lassen die Versuchsergebnisse wegen ihrer relativ großen Streuung eine Anwendung reaktionskinetischer Zeitgesetz bzw. der ARRHENIUS-Gleichung nicht zu, sodaß die Berechnung eines Garwerts GW nur durch eine Summenformel

$$GW = \sum_{i=1}^n 10^{(T_i - 75)/z} \cdot (t_i - t_{i-1})$$

möglich ist mit

GW Garwert (cooking value)

T Temperatur (temperature)

t Zeit (time)

z Temperaturabhängigkeit der Veränderungen am Fleisch (dependance from temperature of changes in meat)

3.2. Garverlustabhängigkeit:

Aus allen Versuchswerten wurde mit Hilfe einer Regressionsrechnung nach HAMANN der Garverlust GV folgendermaßen bestimmt

$$\frac{GV}{\%} = -39,839 + 0,877 \frac{T}{^{\circ}C} + 0,140 \frac{t}{\text{min}} - 2,476 \frac{l}{\text{cm}}$$

mit ($R^2 = 0,852$)

GV Garverlust (cooking losses)

l Stückgröße

Der Kochsalzgehalt zeigt eine Abhängigkeit, die bei diesem Berechnungsverfahren nicht nachgewiesen werden konnte, da der Variationsspielraum sehr eng ist.

Einzelversuche zeigten, daß 1% Kochsalzgehalt den Garverlust je nach Stückgröße um 1,5...5% reduziert, bei 2% Kochsalzgehalt steigt der Verlust jedoch wieder an, ohne die ursprünglichen Werte (d.h. bei 0% NaCl) zu erreichen.

Interessant ist dabei, daß die offensichtlich optimale Kochsalzkonzentration bei der der physiologischen Kochsalzlösung (0,9%) liegt.

Der Einfluß des Fettgehalts äußert sich in den Versuchsergebnissen darin, daß höherer Fettanteil die statistische Sicherheit der Ergebnisse so stark herabsetzt, daß Aussagen nicht möglich sind. Es sind weitere Untersuchungen notwendig. Da der Bau und die Zusammensetzung des Fettgewebes bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen, muß auch das Garverhalten aufklärbar sein. Das mehrfach beobachtete, scheinbar regellose Verhalten des Fettgewebes läßt darauf schließen, daß wichtige Einflüsse noch nicht erfaßt sind.

4. Schlußfolgerungen

Ein eindeutig bestimmbares Garekriterium, das sicher und schnell meßbar bzw. berechenbar ist, fehlt nach wie vor.

Für die Modellierung des Garprozesses können neben der Keimabtötung, ausgewählten sensorischen Veränderungen nun auch die Verluste quantitativ in Form einer Regressionsgleichung für die wichtigsten Einflüsse dargestellt werden.

Ein Gesamtmodell des Garprozesses wird sich aus einer Reihe von Teilmodellen zusammensetzen müssen, die die unterschiedlichen Aspekte berücksichtigen. Der Aufbau analytischer Modelle, d.h. naturwissenschaftlich begründeter, setzt weitere intensive Forschungsarbeiten voraus.

Für die ersten Ansätze zur Prozeßregelung eignen sich Regressionsmodelle, wie exemplarisch hier für den Garverlust angegeben.

Die Verknüpfung mit F-Wert, C-Wert und noch zu bestimmenden Gleichungen für die Abhängigkeit der spezifischen Energieaufwendungen beim Garprozeß stehen noch aus.

Literatur

- 1 Herrmann, J.; Optimierung von Sterilisationsprozessen unter Berücksichtigung der Keimabtötung und chemischer Veränderungen; Die Nahrung; 13, 639...661 (1969)
- 2 Cheftel, H. und Thomas, G.; Grundlagen und Methoden für die Aufstellung von Sterilisationsmaßstäben bei Lebensmittelkonserven; Verlag Günter Hempel, Braunschweig (1967)
- 3 Reichert, J.E.; Optimierung der Kochbedingungen für Brüh- und Kochwürste; Die Fleischerei 31, 12 1173...1176 (1980)
- 4 Rapoport, M.; Medizinische Biochemie; VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin (1972)