

Untersuchungen zur Verminderung der Hitzeresistenz von
Mikroorganismen und zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit in Fleischwaren

Studies on the Reduction of Thermal Resistance of Micro-
organisms and on Improvement of Thermal Conductivity in
Meat Products

K. Kniewallner und O. Prändl

Institut für Fleischhygiene, Fleischtechnologie und Lebensmittelkunde der Tierärztlichen Hochschule Wien, Österreich

1. Einleitung

Die Entwicklung der Konservenerzeugung war bisher vor allem auf die Verbesserung der physikalisch-technischen Bedingungen gerichtet. Eine beachtliche Weiterentwicklung in dieser Richtung scheint kaum noch möglich zu sein, weshalb bei ordnungsgemäßer Sterilisation der Anteil an nicht haltbaren Dosen von 1 - 5 je 10.000 bereits als erreichbares Minimum betrachtet wird. Für die Jahresproduktion von Fleischkonserven in den USA, die ungefähr 2 Milliarden Dosen beträgt, berechnet sich ein Verlust, der zwischen 200.000 und 1 Mio. Dosen jährlich liegt.

Die Haltbarmachung durch Hitze hat aber auch bei der Produktion von Fleischwaren ganz allgemein große Bedeutung. Durch die Entwicklung neuer Verpackungsmaterialien, insbesondere durch wasserdampf- und gasundurchlässige, hitzebeständige Folien, können Fleischwaren, die bisher als leicht verderblich galten, mit verlängerter Haltbarkeit erzeugt werden. Die Haltbarkeit solcher Erzeugnisse wird aber in der Regel von den Konsumenten und nicht selten auch von den Erzeugern überschätzt, weshalb sie wegen zu langer oder unsachgemäßer Lagerung relativ oft verderben und darüber hinaus hygienische Probleme aufwerfen.

Um die Wirksamkeit der Hitzebehandlung von Lebensmitteln erhöhen zu können, wurden wiederholt Untersuchungen dahingehend durchgeführt, die Hitzeresistenz von Bakterien durch Zusatz von geeigneten Substanzen, insbesondere von Salzen, zu beeinflussen (Eisenberg (2), vor dem Esche (3), Precht et al. (6), Bergmann und Seidl (1), Wollmann (8), Kelch und Bühlmann (4), Kotter und Terplan (5), Wirz (7)). Ziel unserer Untersuchungen war es, weitere Substanzen ausfindig zu machen, die die Hitzeresistenz von Mikroorganismen in Fleischwaren erniedrigen. Ferner wurde der Einfluß der Emulgatorart auf die Wärmeleitfähigkeit in Emulsionen geprüft. Diese Untersuchungen

wurden überwiegend aus Mitteln finanziert, die vom United States Department of Agriculture unter P.L. 480 für diesen Zweck zur Verfügung gestellt wurden.

2. Substanzen zur Verminderung der Hitzeresistenz von Mikroorganismen

2.1 Material und Methodik

Insgesamt wurden 143 Substanzen auf Ihre Eignung geprüft, die Hitzeresistenz von Mikroorganismen zu beeinflussen. Als Testkeime wurden *Streptococcus faecium* sowie Sporen von *Bacillus subtilis* (Difco) und *Bacillus stearothermophilus* (Oxoid) verwendet. Als Testmedien dienten 1 %ige Traubenzuckerbouillon, Emulsionen und Fleisch-Fett-Gemenge, denen Testkeime und Testsubstanzen in bestimmter Anzahl bzw. Menge zugesetzt wurden. Die Beeinflussung der Hitzeresistenz durch die zugesetzten Substanzen wurde gegenüber *Streptococcus faecium* in Traubenzuckerbouillon bei 50 - 60°C, in den übrigen Medien bei 60 - 68°C, gegenüber Sporen bei 70 - 90°C studiert, wobei nach verschiedenen langen Erhitzungszeiten Keimzählungen durchgeführt wurden. Als Kontrollen dienten Ansätze ohne Testsubstanz. Aus den ermittelten Keimzahlen wurden jeweils die mittleren dezimalen Reduktionszeiten berechnet.

2.2 Ergebnisse

Von den getesteten Substanzen haben in Traubenzuckerbouillon folgende Substanzen die Hitzeresistenz von *Streptococcus faecium* erniedrigt:

Graham'sches Salz (0,5 %), Na-Pyrophosphat (0,5 %) und die Phosphatpräparate Brätfibrisol (0,5 %) und Tari (0,5 %), ferner Kaliumjodid (0,5 %), Gluconsäure-delta-lacton (GdL) (0,1 %), Laurylgallat (0,01 %), Propylgallat (0,01 %), Laurylsulfat (0,005 %), Cocarboxylase (0,08 %), Lysozym (0,05 %), Na-Diazetat (0,05 %), Laurylsulfat (0,001 %) plus Laurylgallat (0,005 %), Laurylsulfat (0,003 %) plus Na-Nitrit (0,01 %), Laurylsulfat (0,003 %) plus Nitritpökelsalz (2 %), Citraconsäure (0,1 %), D-Glutaminsäure (0,1 %), N-Acetylglutaminsäure (0,05 %), DL-Asparaginsäure (0,1 %), N-Acetyl-L-Asparaginsäure (0,1 %), Milchsäure DAB 6, 90 % (0,2 ml/100 ml Bouillon), Hexansäure, D 0,925 (0,5 ml/100 ml Bouillon), N-Acetylglycin (0,1 %), N-Acetyl-DL-Methionin (0,1 %), 5-oxo-DL-Prolin (0,1 %), N-Acetyl-L-Cystein (0,1 %), N-Acetyl-DL-tryptophan (0,1 %), 4-Hexylresorcin (0,001 %), 1-1'Decamethylen-bis-(4-amino-chinaldinium)chlorid (0,005 %), 4-Amino-2-methyl-1-naphtol-hydrochlorid (0,1 %), 1-Hexadecyl-pyridinium-bromid (0,003 %),

5-Diazo-uracil (0,01 %), Vitamin K₃ (0,01 %, Vitamin K₅ (0,01 %), Nordihydroguaiarätsäure (0,01 %).

Vorläufige Versuche mit Sporen von *Bac. subtilis* und *Bac. stearothermophilus* haben gezeigt, daß durch Nitritpökelsalz in Konzentrationen von 2 bis 5 % in Traubenzuckerbouillon bei 90°C die Hitzeresistenz der Sporen nicht beeinflußt wird, während durch 2 % Nitritpökelsalz plus 0,005 % Laurylsulfat schon in kurzer Zeit eine totale Inaktivierung der Sporen eintritt. Auch durch 0,5 % Fibrisol, durch 0,5 % Na-Pyrophosphat und durch 0,01 % Laurylgallat wurde in Traubenzuckerbouillon die Hitzeresistenz der Sporen von *Bac. subtilis* und *Bac. stearothermophilus* erniedrigt. Als besonderes Phänomen zeigte sich bei Anwendung von Oligophosphaten, daß unmittelbar nach der Erhitzung die Sporenzahlen nur um 1-2 Zehnerpotenzen niedriger lagen als in den Kontrollen, nach mehrtägiger Bebrütung der erhitzten Ansätze aber die Sporen abgestorben waren. Neben einer direkten Bakterizidie des Na-Pyrophosphats wäre es auch denkbar, daß die Sporen unter dem Einfluß des Pyrophosphates quellen und dadurch empfindlicher gegen Nitrit werden. Zur Prüfung dieser Hypothese sind Untersuchungen eingeleitet.

In Wasser:Fettemulsionen (Wasser:Fett:Emulgator = 5:5:1) haben von den bisher geprüften Substanzen gegenüber *Streptococcus faecium* lediglich Lysozym (0,1 %), Propylgallat (0,05 %) und Laurylsulfat (0,003 %) eine Wirkung erkennen lassen, während Na-Pyrophosphat eine unsichere Wirkung ergeben hat. Propylgallat verursachte in der Emulsion bläuliche Verfärbungen, weshalb es für weitere Versuche ausgeklammert wurde.

In Fleisch-Fett-Wassergemenge, bestehend aus 60 Teilen Fleisch, 20 Teilen Fett und 20 Teilen Wasser sowie einem Zusatz von 2 % Nitritpökelsalz, waren die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Substanzen gegenüber *Streptococcus faecium* effektiv:

Tabelle:

Substanzen, welche die dezimale Reduktionszeit (D-Werte) von *Streptococcus faecium* bei Erhitzung in einem Fleisch-Fett-Wassergemenge in spezifischer Weise (d.h. nicht durch pH-Senkung) verringern und keine Farb- oder Geschmacksabweichungen hervorrufen. (ΔD = D-Wert des Versuchsansatzes minus D-Wert der Kontrolle).

[Substances, which diminish the decimal reduction-time (D-value) of *Streptococcus faecium* by heat-treatment in a meat-fat-water mixture in a specific way (not by lowering the pH) and which do not cause difference in colour or taste (ΔD = D-value of the experiment minus D-value of the control)].

Substanz	Konz. %	Anfangskeimzahl $\times 10^5$	Temp. °C	ΔD
Nordihydroguaiaretsäure	0,05	5	65	- 26
Lysozym	0,1	4	60	- 142
1-Hexadecylpyridiniumbromid	0,01	6	60	- 154
	0,005	5	65	- 20
5-Diazo-uracil	0,005	5	60	- 424
	0,001	4	60	- 268
	0,001	3	65	- 95
	0,005	2,5	68	- 26
GdL ⁺)	0,2	3,5	68	- 10
	0,1	3	68	- 2
Fibrisol (Phosphatpräparat)	0,4	5	68	- 2

+) Keimzahlbestimmungen 48 Std. nach der Erhitzung

2.3. Besprechung der Ergebnisse

In Traubenzuckerbouillon hat eine relativ große Anzahl von Substanzen die Hitzeresistenz der Testkeime herabgesetzt. Ein großer Teil entfällt allerdings auf Säuren, die lediglich durch pH-Senkung die Hitzeresistenz der Keime erniedrigen. Eine gewisse Sonderstellung nimmt GdL ein, das zwar auch eine saure Substanz ist, bei dem aber während der Erhitzung die Wasserstoffionenkonzentration noch beachtlich zunimmt, was auf Bildung stark saurer Spaltprodukte zurückzuführen sein dürfte.

Nordihydroguaiaretsäure wies eine pH-unabhängige und somit eine substanzspezifische Wirkung auf.

In Fleisch-Fett-Gemengen wurde die Hitzeresistenz der Testkeime von folgenden Substanzen erniedrigt: 5-Diazo-uracil, 1-Hexadecyl-pyridiniumbromid, Nordihydroguaiaretsäure, Lysozym, GdL und Fibrisol (Phosphatpräparat). Andere Substanzen wie Valeriansäureäthylester, Butandion, Dichlorbernsteinsäure, Milchsäure und eine Reihe anderer Säuren erwiesen sich zwar ebenfalls als wirksam, sie bewirken aber entweder Verfärbungen bzw. Geruchs- und Geschmacksabweichungen oder eine so starke pH-Senkung, daß die Wasserbindung stark erniedrigt ist und somit Fehlfabrikate die Folge sind. Bezüglich der Wirkung von Natriumpyrophosphat haben sich die Beobachtungen von Wirz (7) und Wollmann (8) bestätigt, wonach dieses Phosphat sowohl die Hitzeresistenz von Mikroorganismen geringgradig erniedrigt als auch in gewissem Umfang bakterizid wirkt. Dieselben Eigenschaften hat auch Graham'sches Salz gezeigt.

Lysozym war bei 60°C optimal wirksam, bei höheren Temperaturen nimmt der Einfluß wegen der Denaturierung des Enzyms rasch ab. Die stärkste Wirkung hat unter Berücksichtigung der notwendigen Substanzmengen 5-Diazo-uracil gezeigt, das auch bei 68°C die dezimale Reduktionszeit von *Streptococcus faecium* gegenüber der Kontrolle noch beachtlich erniedrigt.

3. Einfluß der Emulgatorart auf die Wärmeleitfähigkeit von Emulsionen

3.1 Material und Methodik

Zur Herstellung der Emulsionen (Wasser:Fett:Emulgator=5:5:1) wurden die Emulgatoren Na-Caseinat, Soja-Protein und Mono- und Diglyceride verwendet. Zum Vergleich wurde auch grob gewolfter Speck auf seine Wärmeleitfähigkeit geprüft. Die Emulsionen bzw. der Speck wurden in einem Gefäß im Thermostaten erhitzt, wobei die Anfangstemperatur der Emulsionen und der Thermostatenflüssigkeit 20°C betrug; im Zeitpunkt des Meßbeginnes wurde der Thermostat auf 65°C eingestellt. Die Messungen wurden mit Thermoelementen durchgeführt und anhand eines Mikrographen registriert.

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Die Wärmegänge in den Emulsionen und im Speck sind aus der grafischen Darstellung im Anhang (Fig.1) zu sehen. Die Emulsionen mit Na-Caseinat und Soja-Protein weisen eine bessere Wärmeleitfähigkeit auf als jene mit Mono- und Diglyceriden. Die Wärmeleitfähigkeit von reinem Speck ist erwartungsgemäß geringer als jene von Emulsionen. Der steilere Temperaturanstieg

bei Speck gegen Ende der Erhitzung ist auf die eintretende Konvektion zurückzuführen. Auch die verwendete Fettart (Rindertalg, Schweineschmalz, Sonnenblumenöl und Kokosfett) hat einen gewissen Einfluß auf die Wärmeleitfähigkeit von Emulsionen (Fig.2). Innerhalb einzelner Fettarten weist der Einfluß der Emulgatoren etwa die gleiche Tendenz auf, bei Rindertalg sind die Unterschiede jedoch am geringsten, bei Schweineschmalz am größten.

4. Literatur

1. BERGMANN, G., und G. SEIDL:
Über die Wirkung von Kochsalz auf Salmonellen.
Arch. Lebensmittelhygiene 8 (1957), 30;
2. EISENBERG, PH.:
Über die Wirkung von Salzen und Ionen auf Bakterien.
Zbl. Bakter. I. 82 (1919), 69;
3. Vor dem ESCHÉ, P.:
Der Einfluß der Elektrolyte auf den Quellungszustand
Arch. f. Hyg. 137 (1953), 397; von Bakterien.
4. KELCH, F., und X. BÜHLMANN:
Der Einfluß handelsüblicher Phosphate auf das Wachstum
von Mikroorganismen.
Fleischwirtschaft 5 (1958), 325;
5. KOTTER, L., und G. TERPLAN:
Zur Änderung der Lebensfähigkeit von Mikroorganismen
durch den Einfluß von Salzen.
Arch. Lebensmittelhyg. 9 (1958), 60;
6. PRECHT, H., J. CHRISTOPHERSEN und H. HENSEL:
Temperatur und Leben.
Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955,
237 - 253;
7. WIRZ, K.H.:
Untersuchungen über die Wirkung von Pyrophosphat
auf das Verhalten von Mikroorganismen.
Vet. med. Diss. München 1961;
8. WOLLMANN, E.:
Untersuchungen über die Beeinflussung der Hitze-
resistenz von Bakterien durch Salze.
Vet. med. Diss. München 1957.

Anschrift der Verfasser:

A 1030 Wien, Linke Bahngasse 11

Fig.1: Heat Transfer in Emulsions Prepared with Sodium Caseinate, Soya Protein, Glyceride or Minced Fat Tissue (Bacon).

Wärmeübertragung in Milcheiweiß-, Sojaprotein- und Glyceridemulsionen und in zerkleinertem Speck

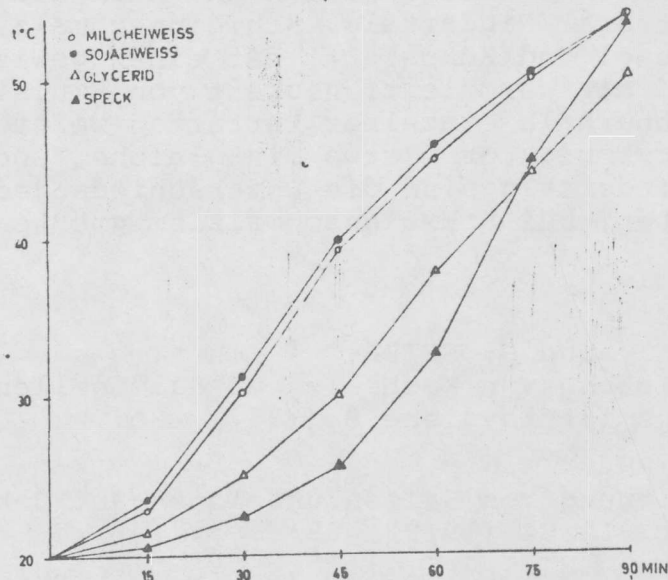


Fig.2: Influence of Emulsifier on Heat Transfer in Water-Fat-Emulsions Using Different Fats

Einfluß der Emulgatorart auf den Wärmeleitfaktor C in Wasser-Fett-Emulsionen unter Verwendung verschiedener Fettarten

$$C = \frac{A}{B} \quad A = \Delta t (15; 30') \quad B = 65^\circ\text{C} - t(15')$$

Milcheiweiß =

Sojaprotein =

Glycerid =

