

Aus der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, Karlsruhe  
(Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Kuprianoff)

## Modellversuche zur Pasteurisierung von salmonellen- infiziertem Trockenvollei durch dielektrische Hochfrequenzerhitzung

Von W. SCHMIDT-LORENZ

Mit 4 Abbildungen in 16 Einzeldarstellungen und 3 Tabellen

(Eingegangen am 8. November 1960)

Nach der „Verordnung zum Schutze gegen Infektionen durch Erreger der Salmonella-Gruppe in Ei“ vom 17. 12. 1956 ist es verboten, in der Bundesrepublik Eiprodukte ohne ausreichende Vorbehandlung als Lebensmittel in den Verkehr zu bringen. Als ausreichende Vorbehandlung im Sinne dieser Verordnung sind Verfahren anzusehen, durch die die Erreger der Salmonella-Gruppe und die anderen Erreger der Gruppe der *Enterobacteriaceen* in Eiprodukten abgetötet werden (1).

Bei der Beurteilung der Salmonellenfreiheit und Vorbehandlung importierter Eiprodukte ergeben sich in der Praxis allerdings oft Schwierigkeiten. So bietet z. B. auch eine bereits vom Hersteller durchgeführte Vorpasteurisierung eines Eiproduktes keine unbedingte Sicherheit für die vollständige Abtötung und Abwesenheit aller Salmonellen. Bei der fast ausschließlich angewandten Vorpasteurisierung des Flüssigeies durch Hitze muß infolge der Gefahr der Eiweißkoagulation die Erhitzung auf höchstens 60° bis 62° C und eine Haltezeit von höchstens 2–4 Min. beschränkt bleiben. Bei hoher Ausgangsinfektion oder Vorhandensein stärker hitzeresistenter Salmonellen-Stämme ist durch diese Hitzebehandlung oft keine vollständige Abtötung aller Salmonellen gewährleistet. Bei zwar reduzierter Keimzahl kann ein mehr oder weniger hoher Anteil der vorhandenen Salmonellen überleben und noch vermehrungsfähig bleiben (2).

Die bei der Einfuhr notwendige bakteriologische Kontrolle kann bei den in Frage kommenden sehr großen Einfuhrmengen naturgemäß nur stichprobenartig erfolgen. Besonders bei Trockeneiprodukten kann oft eine sehr unregelmäßige Verteilung der überlebenden Salmonellen sogar im einzelnen Packstück vorliegen (3). Auch bei negativem bakteriologischen Befund der Stichproben ist damit nicht immer eine genügende Gewähr für die Salmonellenfreiheit des gesamten Materials gegeben. Eine unbedingte Sicherheit, daß die in Verkehr gebrachten Eiprodukte auch wirklich salmonellenfrei sind, erscheint nur dann gegeben, wenn alle importierten Eiprodukte bereits im Einfuhrhafen ausreichend nachpasteurisiert werden.

Bei Flüssig- und Gefriereiprodukten hat sich hierzu die Hitzepasteurisierung recht gut bewährt und wird zum Teil schon ständig für die Nachpasteuri-

sierung zumindest der salmonellenverdächtigen Partien bereits am Einfahrtort angewandt (4). Bei Trockeneiprodukten, wie insbesondere beim Eipulver (Trockenvollei und Eigelb), stehen u. W. dagegen bisher noch keine praktisch anwendbaren Pasteurisierungsverfahren zur Verfügung.

Bei der Prüfung verschiedener Möglichkeiten zur Pasteurisierung von salmonelleninfiziertem Trockenei wurde u. a. die Anwendbarkeit der Hitze-pasteurisierung untersucht. Infolge der außerordentlich großen Hitzeresistenz der Salmonellen im Trockengut ist bei Trockenvollei die Hitze-pasteurisierung wesentlich schwieriger als bei allen anderen Eiprodukten. Wie in vorausgegangenen Untersuchungen gezeigt werden konnte, ist zur gesicherten Salmonellenabtötung ( $10^6$ -fache Keimzahlreduktion) im Trockenvollei eine über eine Minute lange Erhitzung auf  $95^{\circ}\text{C}$  notwendig; bei niedrigeren Temperaturen sind wesentlich längere Einwirkungszeiten erforderlich (5).

Bei Anwendung derart hoher Temperaturen bzw. langer Erhitzungszeiten ist bei den normalen Erhitzungsverfahren immer mit einer starken Qualitätsminderung des Eipulvers zu rechnen. Allgemein ist bei der Erhitzung von Lebensmitteln das Ausmaß der Hitzeschädigungen weniger von der Höhe der Temperatur als von der Dauer der betreffenden Wärmeeinwirkung bestimmt. Durch sehr kurzzeitige Einwirkung hoher Temperaturen lassen sich daher bei gleichzeitig ausreichender Mikroorganismenabtötung Qualitätsminderungen in Lebensmitteln oft weitgehend vermeiden. In der Praxis wird diese Hoch-Kurz-Erhitzung besonders zur Pasteurisierung flüssiger Produkte, wie Milch, Obst-säfte usw., bereits erfolgreich angewandt.

Bei der hohen Hitzeresistenz der Salmonellen im Trockenei dürfte eine ausreichende Hitze-pasteurisierung ohne gleichzeitige Qualitätsminderung nur bei Anwendung einer ähnlichen Hoch-Kurz-Erhitzung erfolgversprechend sein. Hierfür erscheint die dielektrische Hochfrequenzerhitzung besonders geeignet. Der Vorteil der HF-Erhitzung besteht vor allem darin, daß die Wärme dem zu erhitzenden Gut nicht wie bei anderen Erhitzungsverfahren durch Strahlung, Leitung oder Konvektion von außen zugeführt wird, sondern sehr schnell – und bei homogenem Gut auch gleichmäßig – im ganzen Querschnitt des Materials selbst erzeugt wird. Kombiniert mit einer schnellen Wiederabkühlung müßte sich mit einer kurzzeitigen Aufheizung im HF-Feld eine Art Hoch-Kurz-Erhitzung mit ausreichend pasteurisierender und zugleich das Eipulver genügend schonender Wirkung erreichen lassen.

Zur experimentellen Prüfung dieser Überlegung wurden Modellversuche mit folgender Fragestellung durchgeführt:

1. Unter welchen Temperatur-Zeit-Bedingungen ist bei einer HF-Hoch-Kurz-Erhitzung eine gesicherte Salmonellenabtötung im Trockenvollei gewährleistet? 2. Unter welchen Bedingungen der HF-Hoch-Kurz-Erhitzung ist oberhalb der Grenzwerte einer ausreichend pasteurisierenden Wirkung noch eine genügende Qualitätserhaltung des Eipulvers gegeben?

Vergleichsweise wurde daneben noch die Pasteurisierung durch normale Erhitzung im Heißluftschrank untersucht.

### Methodik

*Material und bakteriologische Methoden:* Für die Erhitzungsversuche wurde handelsüblich bezogenes, chinesisches Trockenvollei verwandt, das mit Reinkulturen von *Salmonella senftenberg* oder *thompson* beimpft worden war und einen Wassergehalt von 6,3–6,4%

hatte. Die Beimpfung des Eipulvers durch Einsprühen von Salmonella-Suspensionen und die Zählung der eingeimpften Salmonellen nach dem MPN-Verfahren erfolgte wie an anderer Stelle ausführlich beschrieben (5). Es wurden jeweils 3–5 g Eipulver, das an mindestens 10 verschiedenen Stellen des erhitzten Materials entnommen worden war, und insgesamt 50 ml Anreicherungslösung verwendet.

Der Salmonellennachweis im Eipulver wurde folgendermaßen durchgeführt: Anreicherung in Na-Tetrathionat-Brillantgrün-Gallebouillon nach MÜLLER-KAUFMANN, Ausstreichen auf Lackmus-Lactose-Agar nach DRIGALSKI-CONRADI sowie auf Desoxycholat-Citrat-Lactose-Agar nach LEIFSON, Überimpfung auf KLIGLER-Eisen-Agar und abschließende serologische Kontrolle.

**HF-Pasteurisierung:** Die HF-Erhitzung wurde mit einem HF-Generator, „Ultratherm“ in der Normalausführung für die Kurzwellentherapie (Leistung ca. 400 Watt) bei einer Frequenz von 50 MHz (6 m Wellenlänge) durchgeführt. Es wurde mit plattenförmigen, runden Aluminiumelektroden und Kupferbändern zur Stromzuführung gearbeitet. Die Erhitzungsversuche wurden in Kunststoff-Petrischalen 2 verschiedener Größen durchgeführt: a) kleine Schale: Innendurchmesser 88 mm, Innenhöhe 13 mm, eingewogene Eipulvermenge 40 g. b) große Schale: Innendurchmesser 140 mm, Innenhöhe 23 mm, Eipulvermenge 170 g. Die Elektroden lagen am Ober- und Unterboden der Schalen dicht an; der Elektrodenabstand betrug 26 mm bzw. 15 mm. Es wurde mit einer Heizspannung von 20 V gearbeitet, die Elektrodenspannung wurde nicht gemessen. Die Hochfrequenzleistung wurde durch Veränderung der Heizspannung der Senderöhre eingestellt.

Zur Temperaturmessung während der hochfrequenten Erwärmung wurden 3 Spezial-Toluolthermometer mit lang ausgezogener, 4 mm dicken Thermometerkugel parallel zu den Elektrodenplatten seitlich durch vorgebohrte Löcher in der Schalenwand verschieden tief in das Eipulver eingesteckt. Die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs wurde gleichzeitig von mehreren Beobachtern mit der Stoppuhr registriert. Die Toluol-Thermometer zeigten im freien HF-Feld keine Eigenerwärmung. Nach Abschalten des HF-Generators wurde der weitere Temperaturverlauf zusätzlich noch durch Thermoelemente gemessen. Die Abkühlung erfolgte entweder schnell im Kaltluftstrom oder langsam an der Luft bei Zimmertemperatur.

**Heißluft-Pasteurisierung:** Zur normalen Erhitzung im Trockenschrank wurde das Eipulver in eine flache Blechdose ähnlicher Abmessung wie die der großen Kunststoff-Petrischale fest eingefüllt. Je ein Thermoelement wurde an der Dosenaußenwand, im Mittelpunkt der Eipulverfüllung und im freien Trockenschrankraum fixiert. Das Eipulver wurde im aufgeheizten Trockenschrank bis zur Angleichung der Kerntemperatur an die Randtemperatur bzw. Einhaltung der gewünschten Haltezeiten erhitzt und an der Luft abgekühlt.

**Organoleptische Prüfungen:** Von jeder erhitzten Eipulverprobe wurden gleichzeitig Rührei und Bisquits hergestellt und organoleptisch geprüft.

Zur Zubereitung des Rühreis wurden 30 g gesiebtes Eipulver mit 100 ml Wasser und 0,8 g Salz im Mixerät 10 Min. geschlagen, die flüssige Eimasse in Kristallisationsschalen im kochenden Wasserbad unter langsamem Rühren bis zur Koagulation (ca. 4 Min.) gekocht. Die Proben wurden in den mit einem Uhrglas bedeckten Kristallisationsschalen im Wasserbad von 50° C serviert und innerhalb 20 Min. nach dem Kochen gekostet.

Bisquits wurden in Anlehnung an ein von SALWIN et al. (6) gegebenes Rezept aus folgenden Zutaten hergestellt: 29 g Eipulver, 100 g Zucker, 86 g Wasser, 48 g Weizenmehl und eine Spur Salz. Im Rühraufsatz des Mixerätes wurden zuerst Eipulver und Zucker gut durchgemischt, dann langsam nach und nach das auf 65° C vorgewärmte Wasser dazugegeben und insgesamt 20 Min. mit größter Rührgeschwindigkeit durchgerührt. Danach wurden bei niedrigster Rührgeschwindigkeit nach und nach das Mehl und Salz zugegeben, kurz mit hoher Geschwindigkeit alles zu einem glatten Teig durchgerührt und der Teig in kleine Rundformen ausgewogen. Die Bisquits wurden im elektrischen Ofen 40 Min. bei 180° C gebacken, die Formen nach dem Herausnehmen aus dem Ofen umgestürzt und die Bisquits nach 24stündiger Abkühlung gekostet. Von jeder Probe wurden

2–3 Kuchen hergestellt. Vor der Kostprobe wurde noch das Bisquitvolumen durch Ausmessen mit Rapssamen ermittelt.

Die *Löslichkeit* des unterschiedlich erhitzten Eipulvers wurde in Anlehnung an die von BISHOP und MITCHELL (1954) (7) angegebenen Methoden bestimmt: 1,5 g Eipulver wurde in 50 ml 0,9% NaCl-Lösung konstante Zeit geschüttelt, abfiltriert, in 5 ml Filtrat das in kolloider oder echter Lösung befindliche Eiweiß mit 10 ml Esbach-Reagenz gefällt und die ausgefällte Menge nach Zentrifugieren in graduieren Zentrifugengläsern volumetrisch bestimmt. Die angegebenen Löslichkeitsprozentage sind immer auf die Löslichkeit des unbehandelten Ausgangsmaterials (= 100%) bezogen.

Die *Farbmessung* des Eipulvers erfolgte im Unicam-Spectralphotometer mit Reflexionsansatz (8). Da während längerer Messungen unter der Lichteinwirkung eine Änderung der Remission der Probe eintreten kann, wurde die Remissionskurve in 10 m $\mu$  Abstand nur für die unbehandelten Kontrollproben vollständig ausgemessen. Bei den hitzepasteurisierten Proben wurde die Remission nur bei einigen charakteristischen Wellenlängen bestimmt.

Die *Bestimmung des Wassergehaltes* des Eipulvers erfolgte titrimetrisch nach KARL FISCHER unter Anwendung der Dead-stop-Methode in der von NEMITZ (9) entwickelten Apparatur.

## Ergebnisse

### *Hitzepasteurisierung von salmonelleninfiziertem Trockenvollei*

1. *HF-Hoch-Kurz-Erhitzung*: Die günstigste, d. h. möglichst rasche und zugleich noch meßbare Erwärmung war bei dem benutzten HF-Generator mit einer Abgabeleistung von ca. 400 W bei einer Eipulver-Schichtdicke von 13 mm gegeben. Bei dieser Schichtdicke und einer Eipulvermenge von 40 g wurde innerhalb einer Minute eine gleichmäßige Erhitzung des gesamten Materials auf 100° C und innerhalb von 1,5 bis 1,7 Minuten auf über 110° C erreicht. In Abb. 1 ist der durch Thermometermessung bestimmte Temperaturverlauf im Eipulver bei HF-Erhitzung auf Temperaturen von 85° bis 110° C dargestellt. Die erreichten Höchsttemperaturen sowie der Abkühlungsverlauf wurden durch zusätzliche Messung mit sofort nach dem Abschalten des HF-Feldes eingeführten Thermoelementen gesichert. Nach Abschalten des HF-Feldes war noch ca. 20 bis 40 sec lang ein weiterer Temperaturanstieg zu beobachten. Dies dürfte allein durch die nicht genügend trägheitslose Temperaturanzeige der Thermometer bedingt sein. Die Anzeige der Thermometer hinkt bei rascher Aufheizung gegenüber den Guttemperaturen um 3 bis 4° C nach.

Bei allen in vorliegender Untersuchung angegebenen HF-Pasteurisierungsbedingungen wurde daher der Einfachheit halber nicht die erreichte Höchsttemperatur, sondern immer nur die bei Abschaltung der im HF-Feld gemessene Temperatur als HF-Erhitzungstemperatur bezeichnet. Die Dauer der auf diese Temperatur bezogenen Erhitzung — im Folgenden stets als Haltezeit bezeichnet — rechnet nur vom Zeitpunkt der Abschaltung des HF-Feldes bis zum Wiedererreichen dieser Temperatur im Verlaufe der Abkühlung (Abb. 1).

Zur Ermittlung der wirksamen Pasteurisierungsbedingungen wurde mit *Salmonella senftenberg* oder *S. thompson* infiziertes Eipulver auf Temperaturen von 85 bis 110° C erhitzt und nach Abkühlung auf noch überlebende Salmonellen geprüft. Nach Erhitzung auf 100° C und höher wurden die Proben im Kaltluftstrom abgekühlt; die damit erzielbaren kürzesten Haltezeiten lagen — bezogen auf die bei Abschaltung des HF-Feldes gemessene Temperatur — bei einer Minute. Bei Temperaturen unter 100° C genügte die einfache Luftabkühlung.

Wie in Tab. 1 dargestellt, wurden die Salmonellen im Eipulver erst bei einer HF-Erhitzung auf 95° C (= HF-Abschalttemperatur) bis 99° C (= Maximaltemperatur) und einer anschließenden Haltezeit von 1,2 bis 1,3 Minuten vollständig abgetötet. Gleichzeitig wurden damit alle im Eipulver vorhandenen, apathogenen Begleitbakterien inaktiviert und der ursprüngliche Gehalt an Bakteriensporen von annähernd 10<sup>3</sup>/g um 90% und mehr reduziert. Bei Erhitzung auf 85° C (88° C) und gleichen Haltezeiten von 1,2 bis 1,4 Min. waren noch in allen Proben überlebende Salmonellen nachzuweisen. Im da-

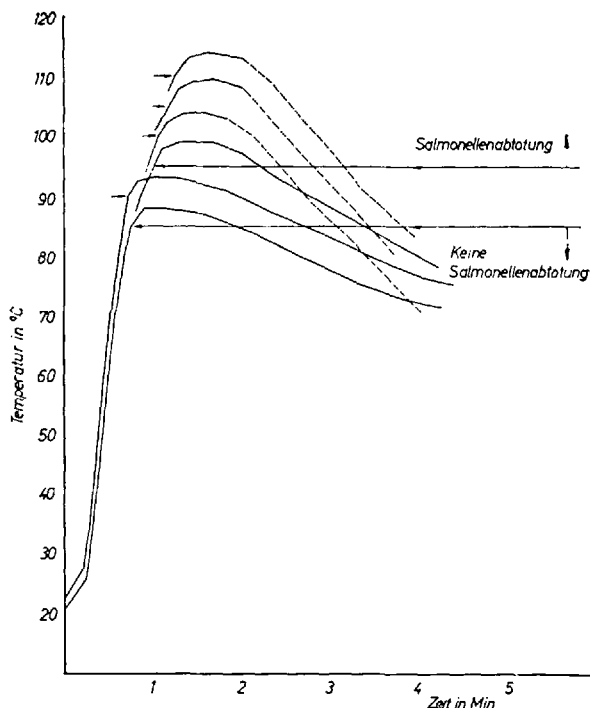


Abb. 1. Temperaturverlauf im Trockenvollei während HF-Erhitzung u. nachfolgenden Abkühlung. (—) Abschaltung des HF-Feldes, - - - Abkühlung im Kaltluftstrom, sonst Abkühlung an der Luft bei Zimmertemperatur)

zwischenliegenden Temperaturbereich von 90° (93° C) bis 93° C (96° C) waren noch in 40 bis 70% aller Proben vermehrungsfähige Salmonellen vorhanden.

Entsprechend der auch für die Hitzeabtötung von Salmonellen im Trocken- ei gültigen logarithmischen Absterbeordnung sind bei Erhitzungstemperaturen unter 95° C längere Erhitzungszeiten zur vollständigen Salmonellenabtötung notwendig. Sie wurden bei kleinen Schichtdicken nach kurzfristiger HF-Auf- heizung auf die gewünschten Temperaturen durch intermittierende HF-Heizung mit zwischenzeitlicher Abkühlung erreicht. Eine gesicherte Salmonellenabtö- tung war bei 93° C (96° C) durch eine 2,2 Min. lange Haltezeit, bei 90° C (93° C) durch 5 Min. und bei 85° C (88° C) erst durch 15 Min. lange Einwirkungs- dauer dieser Temperaturen zu erreichen (Tab. 1).

Längere Haltezeiten ergaben sich auch bei Anwendung größerer Schicht- dicken infolge der höheren Wärmekapazität der größeren Materialmenge. Bei gleichgroßer Leistung des benutzten HF-Generators werden dabei gleichzeitig auch längere Zeiten zur Aufheizung im HF-Feld benötigt. So dauerte bei einer Schichtdicke von 23 mm und einer Eipulvermenge von 170 g die HF-Auf-

Tabelle 1

## HF-Erhitzung und Salmonellenabtötung im Trockenvollei

Eipulver infiziert mit	HF- Erhitzung bis ° C	Haltezeit	Höchst- temperatur ° C	Zahl der Versuche	Salmonellennachweis + positiv — negativ
<b>HF-Hoch-Kurz-Erhitzung</b> <i>geringe Schichtdicke (15 mm, 40 g Eipulver)</i>					
S. senftenberg <sup>+</sup>	115	1.3*	121	4	— — — — —
„	110	1.0*	114	4	— — — — —
„	105	1.0*	109	4	— — — — —
„	100	1.0*	104	5	— — — — —
„	97	1.0*	103	7	— — — — —
„	95	1.2–1.3	99	7	— — — — —
S. senftenberg	93	2.1–2.2	96	6	— — — — —
„	93	1.6–1.7	96	6	— + + + — +
S. thompson <sup>++</sup>	93	1.2–1.4	96	7	— — — — —
S. senftenberg				7	— — — + + + —
S. senftenberg	90	5.0	93	6	— — — — —
„	90	3.5	93	6	+ + + + — +
S. thompson	90	1.2–1.3	93	7	— + + + + + —
S. senftenberg				7	— — + + + + —
S. senftenberg	85	15.0	88	6	— — — — —
„	85	13.5	88	6	+ + + + + +
S. thompson	85	1.2–1.4	88	7	— — + + + + +
S. senftenberg				6	+ + + + + +
<i>große Schichtdicke (26 mm, 170 g Eipulver)</i>					
S. senftenberg	96	4.2–4.5*	97.5	4	— — — — —
„	93	4.0*	94.5	4	— — — — —
„	90	4.2	91	5	— — — — —
„	87	4.0	89	6	— — + + + + +

+ *S. senftenberg*  $4.1 \times 10^5$ /g Eipulver++ *S. thompson*  $3.5 \times 10^4$ /g Eipulver

\* Abkühlung im Kaltluftstrom

heizung auf 96° C bis zu 6 Minuten. Bei längeren Aufheizzeiten war außerdem eine genauere Temperaturmessung möglich. Der Temperaturanstieg nach Abschalten des HF-Feldes betrug höchstens 1° C. Im Hinblick auf die längere Erhitzungszeit ließ sich die Salmonellenabtötung z. B. bei 90° C (91° C) bereits nach einer Haltezeit von 4,2 Min. erreichen (Tab. 1).

Während bei kleineren Schichtdicken und kurzer HF-Aufheizzeit keinerlei Temperaturunterschiede innerhalb der gesamten Probe nachzuweisen waren, wurden bei größerer Schichtdicke auch bei seitlicher Isolierung in den Randschichten um 2° bis 5° C niedrigere Temperaturen als im Kern gemessen. Diese rein durch Abstrahlung bedingten Wärmeverluste ließen sich nur bei Durchführung der HF-Erhitzung in einem entsprechend aufgeheizten Heißluftschrank vermeiden.

Das in vorliegenden Untersuchungen benutzte Eipulver hatte einen dem handelsüblichen Material entsprechenden Wassergehalt von 6,1 bis 6,4%. Bei höheren Wassergehalten war infolge des dadurch bedingten höheren Verlust-

faktors unter sonst gleichen Arbeitsbedingungen mit dem benutzten HF-Generator der Temperaturanstieg im HF-Feld verlangsamt. Bei einem Wassergehalt von 9,5 bis 10% dauerte die HF-Aufheizung doppelt bis dreifach so lange wie bei einem Wassergehalt von 6,4%. Die Erniedrigung des Wassergehaltes hatte einen geringeren Einfluß. Bei einem Wassergehalt von 1,5 bis 2,0% wurden für die Aufheizung auf 100° C 0,7 bis 0,8 Min. benötigt.

Auch bei kurzfristiger HF-Erhitzung wurde ein Teil des im Eipulver vorhandenen Wassers verdampft und schlug sich am oberen Schalendeckel in Form von Wassertropfchen wieder nieder. Das Eipulver wurde also gleichzeitig stark getrocknet. Bei Ausgangswassergehalten von 6,1 bis 15% war nach der HF-Erhitzung stets ein nahezu konstanter, relativ geringer Endwassergehalt von 1,5 bis 2,0% nachzuweisen.

In Abb. 3 sind die Ergebnisse der HF-Pasteurisierungsversuche in Form einer schematischen Hitzeresistenzkurve zusammengefaßt. Diese gibt an, unter welchen Temperatur-Zeit-Bedingungen bei der HF-Erhitzung eine gesicherte Salmonellenabtötung im Trockenvollei gegeben ist. Wie die Gegenüberstellung mit der Hitzeresistenzkurve bei normaler Erhitzung im geschlossenen Behälter bei gleichbleibendem Wassergehalt (5) (Abb. 3, untere Kurve) zeigt, hat die Trocknung während der HF-Erhitzung wahrscheinlich gleichzeitig eine Hitzeresistenzsteigerung der Salmonellen zur Folge. Beide Hitzeresistenzkurven waren mit dem gleichen Ausgangsmaterial bestimmt, d. h. bei gleichem Ausgangswassergehalt von 6,4% und gleicher Infektionshöhe von  $4,1 \times 10^5$  S. senftenberg-Zellen/g Eipulver. Infolge der unvermeidlichen Ungenauigkeiten der Temperaturmessungen bei der HF-Erhitzung war eine genauere Bestimmung der Resistenzsteigerung nicht möglich. Berücksichtigt man aber, daß bei der HF-Erhitzung die angegebenen Haltezeiten kurzfristig um 1 bis 4° C überschritten wurden, so ist gegenüber der normalen Erhitzung mit einer annähernd doppelt so großen Hitzeresistenz der Salmonellen im Trockenei zu rechnen. Auch bei Verwendung von Eipulver unterschiedlichen Wassergehaltes (2 bis 15%) waren zur Salmonellenabtötung keine anderen HF-Erhitzungsbedingungen wie beim Eipulver mit einem normalen Wassergehalt von 6,4% notwendig. Die Pasteurisierungsbedingungen waren also vom Ausgangswassergehalt unabhängig und wurden anscheinend nur durch den Endwassergehalt, wie er sich durch die gleichzeitige Trocknung während der Erhitzung einstellt, bestimmt.

2. *Erhitzung im Trockenschrank.* Nach BANWART und AYRES (1955) (10) können im Trockeneiweiß vorhandene Salmonellen durch mehrtägige Lagerung bei Temperaturen von 50°, 60° oder 70° C weitgehend eliminiert werden, ohne daß das Eiweiß merklich geschädigt wird. Zur Prüfung, ob dies auch beim Trockenvollei zutrifft, wurden die zur gesicherten Salmonellenabtötung notwendigen Erhitzungsbedingungen bei einfacher Erhitzung im Trockenschrank auf Temperaturen von 55° bis 100° C bestimmt. Infolge der geringen Wärmeleitfähigkeit des Eipulvers dauerte es auch bei kleineren Proben sehr lange bis eine gleichmäßige Erwärmung des ganzen Materials erreicht war. Bei einem Behälter mit etwa denselben Abmessungen wie die der größeren, in den HF-Versuchen benutzten Schale wurden im Trockenschrank ohne Luftumwälzung bei 100° C zur Angleichung der Kerntemperaturen an die Temperaturen der Randschicht bis zu 100 bis 110 Min. gegenüber nur 5 bis 6 Min. bei kurzzeitiger HF-Aufheizung benötigt. Die in Tab. 2 angegebenen Haltezeiten rechnen von diesem Zeitpunkt der gleichmäßigen Erwärmung. Eine Verkürzung der An-

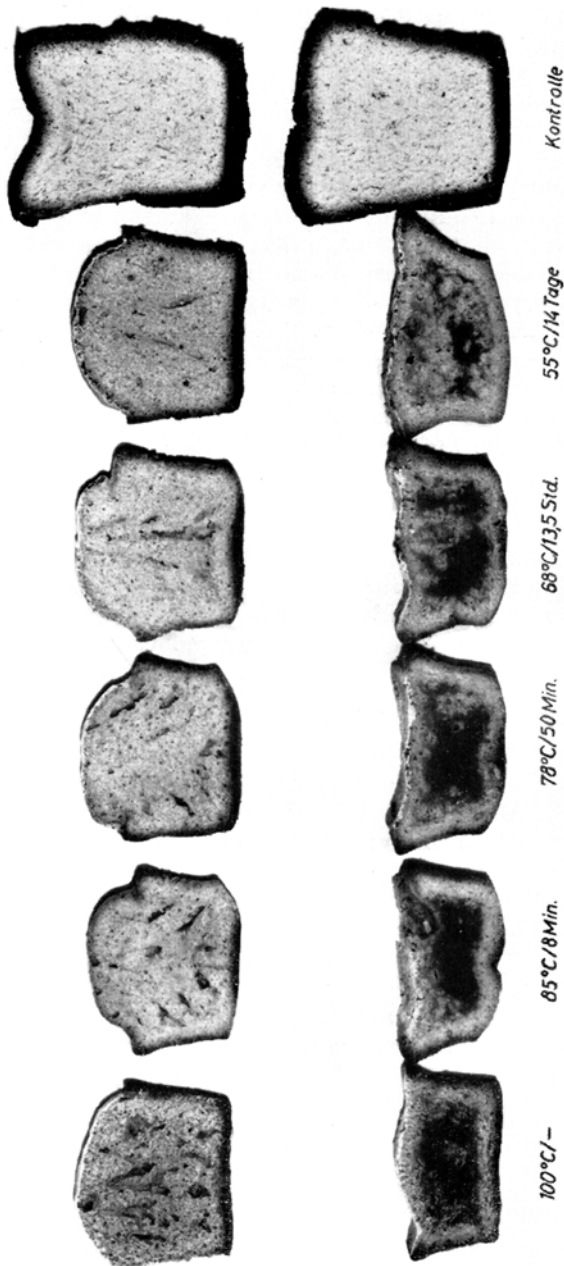


Abb. 2. Qualitätsbewertung des durch Heißlufttrocknung pasteurisierten Trockenvollkorns. Querschnitt durch die aus dem hitzepasteurisierten Trockenvollkorn hergestellten Biscuits. (Untere Reihe, ohne obere Reihe mit Backpulverzusatz)

wärmezeit durch entsprechend höhere Temperatureinstellung war kaum möglich; bei den dazu notwendigen hohen Temperaturen besteht die Gefahr einer zu großen Hitzeschädigung der Randschichten des Eipulvers.

Bei Erhitzung im dicht verschlossenen Behälter und damit annähernd konstant bleibendem Wassergehalt wurden für eine gesicherte Salmonellen-

abtötung die in Tab. 2 angegebenen Temperatur-Zeit-Bedingungen bestimmt. Die für diese Bedingungen aus dem Temperaturverlauf und der für einen Wassergehalt von 6,4% gültigen Salmonellen-Hitzeresistenzkurve berechneten Sterilisierwerte liegen alle über 1,2 bis 1,4.

Besonders bei den höheren Temperaturen spielt die Hitzeabtötung schon während der langen Aufheizzeit eine erhebliche Rolle. Bei den niedrigen Temperaturen von 55° bis 70° C ist die Aufheizzeit klein gegenüber der notwendigen Haltezeit und damit praktisch zu vernachlässigen. Berücksichtigt man dies, so ergibt sich ein nahezu logarithmischer Verlauf der Abtötungskurve

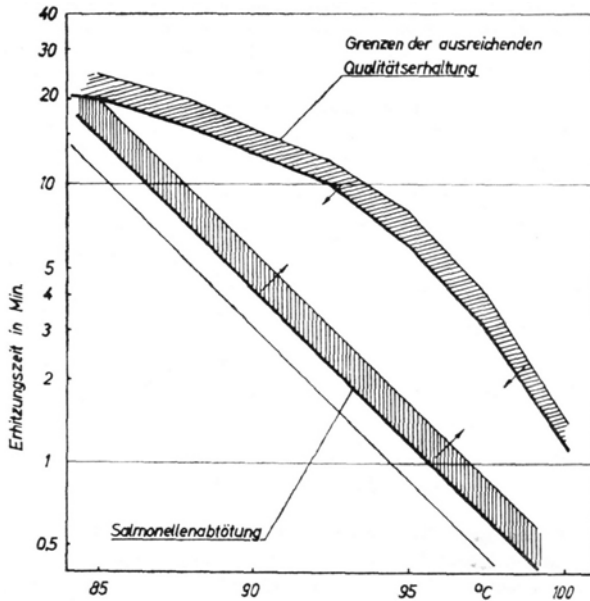


Abb. 3. Diagramm zur Ermittlung der Temperatur-Haltezeit-Bedingungen, die bei dielektrischer HF-Erhitzung zur ausreichenden Qualitätserhaltung des Trockenvolleis und gesicherten Salmonellenabtötung notwendig sind. (Untere Gerade = Temperatur-Zeit-Absterbekurve für *Salmonella senftenberg* ( $4,1 \times 10^6/g$ ) in Trockenvollei mit konstantem Wassergehalt von 6,4%)

auch im tieferen Temperaturbereich bis herunter auf 55° C. Die angegebenen Pasteurisierungsbedingungen gelten dabei nur für Eipulver mit einem Wassergehalt von 6,3 bis 6,4%. Bei niedrigem Wassergehalt ist die Hitzeresistenz etwas größer, bei höherem entsprechend niedriger.

Bei Erhitzung in nicht dicht verschlossenen Behältern wird ähnlich wie bei der HF-Erhitzung das Eipulver gleichzeitig getrocknet und damit die Hitzeresistenz der Salmonellen im Eipulver erhöht. Allerdings war eine mit steigender Temperatur zunehmende Erhöhung der Hitzeresistenz nur bei Temperaturen über 75° C zu beobachten (Tab. 2). Bei niedrigen Temperaturen bestand praktisch kein Unterschied gegenüber der Erhitzung in dicht verschlossenen Behältern.

#### Qualitätsbewertung des hitzepasteurisierten Trockenvolleis

1. *Nach Pasteurisierung im Trockenschrank.* Bei normaler Erhitzung im Trockenschrank wurde das Trockenvollei bei allen zwischen 55° und 110° C zur Salmonellenabtötung notwendigen Erhitzungszeiten so stark geschädigt,

daß es nicht mehr genußtauglich oder zur Zubereitung von Lebensmitteln zu verwenden war (Tab. 2).

Wie aus den Remissionskurven in Abb. 4 ersichtlich, hatte die Pasteurisierung eine mit zunehmender Erhitzungstemperatur immer stärker werdende Verbräunung und Dunkelfärbung des normalerweise goldgelben Eipulvers zur Folge. Die Löslichkeit in 0,9% NaCl-Lösung war gegenüber den unbehandelten Kontrollen fast bei allen Proben um 40–50% verringert (Tab. 2).

Tabelle 2  
Qualitätsbewertung des durch Heißluftzerhitzung pasteurisierten Trockenvolleies

Erhitzung <sup>+</sup>		Eipulver	Bisquits	Rührei			
Temperatur ° C	Haltezeit min	Löslichkeit % d. Kontrolle	Volumen % d. Kontrolle	Subjektive Beurteilung in Noten*			
				Farbe	Geruch	Geschmack	Konsistenz
unbehandelt		100	100	8	8	8	8
110		0	42	0	2	0	0
100	—	0	50	0	2	0	0
93	—(4)	43	53	4	3	1	2
85	8 <sup>1)</sup> (20) <sup>2)</sup>	52	53	4	4	3	4
78	50 (85)	60	57	3	4	2	3
75	110 (160)	60	51	5	5	4	5
72	250 (350)	65	57	6	6	4	5
68	800	60	59	4	4	3	4
62	3400	53	60	5	4	2	4
55	14 Tage	75	62	5	5	3	4

+ Temperatur-Haltezeit-Bedingungen, die eine sichere Salmonellenabtötung im Trockenvollei (10fache Reduktion) gewährleisten <sup>1)</sup> notwendige Haltezeit in dicht verschlossenen Behältern <sup>2)</sup> in offenen Behältern bei gleichzeitiger Trocknung.

\* Die Noten bedeuten: 10 = vorzüglich      5 = mittelmäßig  
9 = sehr gut      4 = kleine Mängel  
8 = gut      3 = mangelhaft  
7 = ziemlich gut      2 = schlecht  
6 = befriedigend      1 = sehr schlecht  
0 = verdorben

Im Backversuch war das pasteurisierte Material nur wenig triebfähig. Gegenüber der locker-porösen, schwammigen Konsistenz der Kontrollbisquits waren die aus dem hitzepasteurisierten Material — auch bei Erhitzung nur auf 55° C — hergestellten Bisquits im Innern noch feucht und teigig (Abb. 2). Das Bisquitvolumen war gegenüber den Kontrollen ebenfalls durchweg um 40 bis 50% verringert. Durch Backpulverzusatz ließ sich die Konsistenz zwar etwas verbessern; aber auch hierbei betrug das Volumen höchstens 60–65% der Kontrollen. Geschmacklich machte sich bei den Bisquits die Erhitzung durch einen starken, typischen Verbrennungsgeschmack bemerkbar.

Bei der Herstellung von Rührei war bei allen auf über 95° C erhitzten Eipulverproben keine Koagulation mehr zu erreichen. Übereinstimmend damit waren in diesen Proben keine in 0,9% NaCl-Lösung löslichen Anteile mehr vorhanden. Mit abnehmender Erhitzungstemperatur wurde die Koagulation bes-

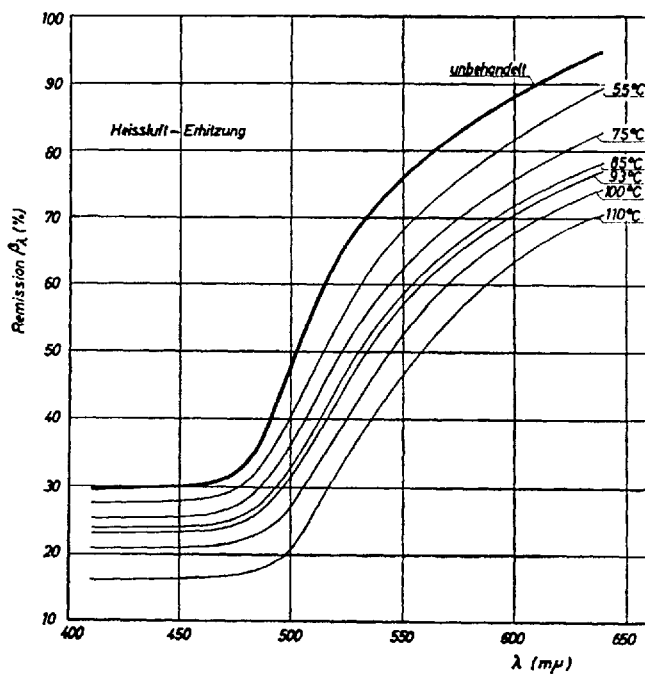


Abb. 4a

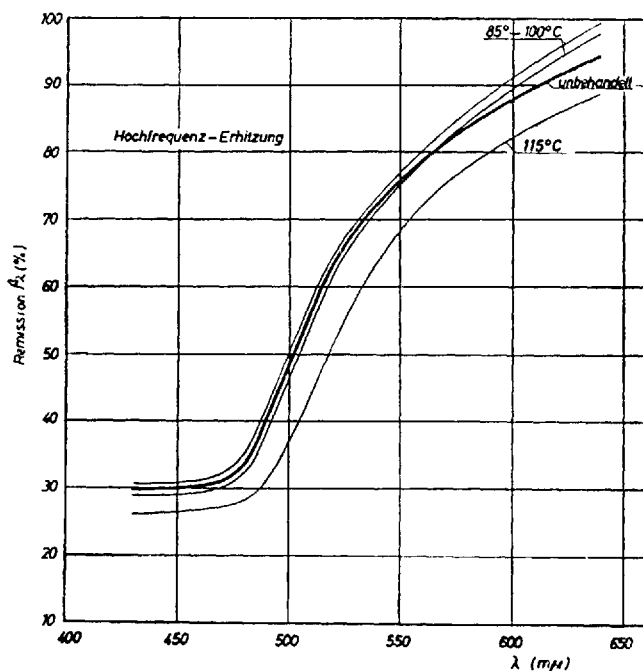


Abb. 4b

Abb. 4. Remissionskurven von hitzepasteurisiertem Trockenvollei a) nach Hitzepasteurisation im Trockenschrank (Haltezeiten bei den angegebenen Temperaturen wie in Tab. 2) b) nach HF-Hoch-Kurz-Pasteurisierung (Haltezeiten bei den angegebenen Temperaturen wie in Tab. 3)

ser; in keinem Falle wurde aber auch nur annähernd die gute Konsistenz der Kontrollproben erreicht. Bei allen im Trockenschrank pasteurisierten Proben hatte das daraus hergestellte Rührrei einen sehr störenden, unangenehm penetranten Verbrennungsgeschmack.

**Tabelle 3**  
Qualitätsbewertung des durch Hochfrequenzerhitzung pasteurisierten Trockenvolleies

HF-Erhitzung+			Eipulver	Bisquit	Rührrei			
Temperatur ° C	Haltezeit min	Höchsttemperatur ° C	Löslichkeit % d. Kontrolle	Volumen % d. Kontrolle	Subjektive Beurteilung in Noten*			
					Farbe	Geruch	Geschmack	Konsistenz
unbehandelt	—	—	100	100	8,0	7,0	7,1	7,4
100	1,2	101,0	94	97	7,8	6,8	6,7	7,1
	1,5	101,0	88	102	6,8	5,3	5,6	5,8
	2	101,5	65	91	5,4	5,1	5,0	6,0
	3	101,0	42	85	5,1	3,2	4,0	6,0
	5	100,5	37	52	5,4	2,6	3,1	4,5
95	4	96,2	94	98	7,5	7,0	6,9	7,1
	6	95,5	83	96	7,0	6,8	6,7	7,0
	8	95,6	83	92	7,0	5,0	5,2	6,0
	10	96,0	70	76	6,3	4,7	5,0	5,8
	12	96,2	66	57	5,8	4,1	4,2	6,0
	15	95,5	50	55	4,8	3,1	3,0	4,0
85	17	86,1	100	106	7,8	7,1	7,0	7,0
	20	86,0	95	102	7,0	6,8	6,7	7,0
	25	85,7	93	87	6,1	4,8	5,0	6,1
	30	85,5	65	89	6,0	4,3	5,0	5,4
	35	86,0	60	65	5,8	4,0	4,7	5,1
	40	86,1	37	53	4,0	3,0	2,7	3,8

+ Temperatur-Haltezeit-Bedingungen, die eine sichere Salmonellenabtötung (10<sup>6</sup>-fache Reduktion) im Trockenvollei gewährleisten.

\* Bedeutung der Noten s. Tab. 2.

2. Nach HF-Pasteurisierung. Im Gegensatz zur Erhitzung im Trockenschrank erfuhr das Trockenvollei durch die HF-Erhitzung bei den zur Salmonellenabtötung notwendigen Erhitzungsbedingungen keine sichtbare Qualitätsminderung.

Zur Feststellung der Grenzwerte, bei denen darüber hinaus noch eine ausreichende Qualitätserhaltung gegeben ist, wurde bei den jeweiligen Pasteurisierungstemperaturen das Eipulver stufenweise immer länger erhitzt und anschließend die Qualität geprüft (Tab. 3).

Als empfindlichstes Qualitätsmerkmal erwies sich bei der organoleptischen Prüfung der Geschmack des Rührreis. Als Grenze der ausreichenden Qualitätserhaltung wurden die HF-Pasteurisierungsbedingungen angenommen, bei denen das Rührrei noch keinen merklichen Nebengeschmack zeigte und noch mit der Qualitätsnote 6 beurteilt werden konnte (Abb. 3: untere, dicke Linie der oberen Grenzwertkurve). Farbe, Geruch und Konsistenz des Rührreis waren

durchweg noch bei etwas längeren Haltezeiten befriedigend. Allerdings war dabei ein deutlich brandiger Beigeschmack festzustellen.

Im Backversuch ergab sich gegenüber den unbehandelten Kontrollen eine deutliche Abweichung in Bisquit-Konsistenz und Volumen ebenfalls erst nach weit längeren Erhitzungszeiten. Innerhalb der in Abb. 3 angegebenen Grenzen ausreichender Qualitätserhaltung bestand — unabhängig ob Backpulver zugesetzt worden war oder nicht — kein Unterschied gegenüber den Kontrollproben wie sie in Abb. 2 abgebildet sind. Ein deutlicher Verbrennungsgeschmack war bei den Bisquitproben erst nach noch längeren Erhitzungszeiten nachweisbar.

Werden Bisquit-Konsistenz und Volumen sowie Farbe, Geruch und Konsistenz vom Rührrei als Kriterium für die Eipulverqualität zu Grunde gelegt, verschieben sich die in Abb. 3 angegebenen Grenzwerte noch etwas weiter nach oben in Richtung auf längere Haltezeiten.

Am wenigsten empfindlich war die durch die Erhitzung bedingte Farbänderung des Eipulvers. Weit über die in Abb. 3 angegebenen Grenzen war praktisch keine Abweichung der Remissionskurven von denen der unbehandelten Kontrollen nachzuweisen. Erst bei verhältnismäßig langer Erhitzung bei hohen Temperaturen trat eine deutliche Verbräunung ein (z. B. bei 115° C/3,0 Min. in Abb. 4). Gemeinsam war allen HF-pasteurisierten Proben eine geringfügige Erhöhung der Remission im Bereich von 600–640 m $\mu$ . Die damit angezeigte, geringe Aufhellung des Eipulvers dürfte allein durch den Wasserentzug bei der Trocknung während der Erhitzung bedingt sein.

Eine geringe, durch die hier angewandten Qualitätsteste nicht eindeutig nachweisbare Schädigung des Eipulvers ist allerdings auch unter den schonendsten HF-Pasteurisierungsbedingungen nicht völlig zu vermeiden. Obwohl nicht immer eindeutig reproduzierbar, erschien die NaCl-Löslichkeit nach jeder HF-Pasteurisierung etwas verringert. Gelegentlich war auch beim Rührrei ein ganz geringer, leicht abwegiger Beigeschmack festzustellen. Für die praktische Verwendung des Trockenvolleis meist als Beimischung zu anderen Lebensmitteln dürfte diese geringgradige Qualitätsminderung aber durchaus noch tragbar sein.

### Besprechung der Ergebnisse

Die pasteurisierende bzw. sterilisierende Wirkung der dielektrischen Hochfrequenzerhitzung bei Lebensmitteln (11) beruht höchstwahrscheinlich allein auf einer Hitzeabtötung der vorhandenen Mikroorganismen. In zahlreichen Arbeiten wurde immer wieder versucht, neben der reinen Wärmewirkung eine spezifisch bakterizide, sog. „athermische“ Wirkung hochfrequenter Wechselfelder nachzuweisen (12). Bisher haben aber alle diese Ergebnisse einer kritischen Nachprüfung nicht standhalten können (13). Es ist sehr schwierig, wenn nicht unmöglich, im HF-Feld die Wärmeentwicklung völlig zu eliminieren oder präzise, trägheitslose Temperaturmessungen auch in kleinsten Bereichen durchzuführen. Die angeblich beobachtete bakterizide „athermische“ HF-Wirkung ist daher fast immer auf übersehene lokale und kurzzeitige Überhitzungseffekte zurückzuführen (14). Auch in vorliegenden HF-Pasteurisierungsversuchen sind keinerlei Anhaltspunkte dafür gegeben. Die deutliche Abhängigkeit der Salmonellenabtötung von den notwendigen Temperatur-Zeit-Bedingungen sowie der exponentielle Verlauf der Salmonellen-Abtötungskurve auch bei HF-Erhitzung lassen nur die Erklärung einer reinen Hitzewirkung zu.

Der übereinstimmende Verlauf der Salmonellen-Abtötungskurve bei HF- und normaler Erhitzung schließt auch die Möglichkeit einer selektiven HF-Erhitzung allein der Mikroorganismen, wie es z. B. bei der Insektenabtötung in Mehl, Getreide usw. im HF-Feld der Fall ist, eindeutig aus. Die im homogenen Trockengut verteilten relativ großen Insektenkörper werden im HF-Feld infolge ihres weit höheren Wassergehaltes und damit wesentlich größeren Verlustfaktors selektiv hoch erhitzt und dadurch abgetötet, während das umgebende Gut, wie z. B. Mehl mit einem Wassergehalt von 12 bis 14%, noch kaum selbst erwärmt wird (15). Wäre dies ähnlich auch bei den Salmonellen im Trockenei der Fall, so müßte eine HF-Abtötung auch ohne merkbare Erhitzung des Eipulvers selbst möglich sein. Im Gegensatz zu den großen Insektenkörpern scheint also bei den sehr kleinen Bakterienzellen keine selektive Erhitzung gegenüber den Eipulverpartikeln zu erfolgen. Inwieweit und wie schnell im homogenen Gut mit relativ niedrigem Wassergehalt eine Angleichung des Wassergehaltes der Bakterienzellen an den des umgebenden Mediums erfolgt, ist experimentell kaum zu entscheiden. Die Steigerung der Hitzeresistenz der Salmonellen während der Trocknung bei der HF-Erhitzung spricht für die Annahme, daß die Bakterienzellen ihren Wassergehalt relativ schnell an den des umgebenden Mediums angleichen. Anscheinend ist die Hitzeresistenz der Salmonellen während der HF-Erhitzung in erster Linie vom erreichten Endwassergehalt abhängig und unabhängig vom Ausgangswassergehalt.

In vorliegenden Pasteurisierungsversuchen wurde als Kriterium für eine ausreichende Salmonellenabtötung eine  $10^6$ -fache Keimzahlreduktion zugrunde gelegt. Wie bereits früher diskutiert (5), erscheint für praktische Pasteurisierungsbedingungen keine höhere Keimzahlreduktion erforderlich. Sollte aber Eipulver mit extrem hohem Salmonellengehalt pasteurisiert oder eine noch größere Sicherheit der Salmonellenabtötung verlangt werden, läßt sich die notwendige Erhöhung der in Abb. 3 angegebenen Temperatur-Zeit-Abtötungsbedingungen an Hand der bereits früher gegebenen D-Werte (Dezimalreduktionszeit =  $LD_{90}$ ) für *Salmonella senftenberg* (5) leicht berechnen. Auch bei den zu einer  $10^9$ -fachen Keimzahlreduktion notwendigen HF-Erhitzungsbedingungen werden noch nicht die Grenzen der ausreichenden Qualitätserhaltung überschritten. Im Interesse einer möglichst wenig veränderten Eipulverqualität ist aber keine allzu große Abweichung von den unteren Pasteurisierungsgrenzen zu empfehlen. Eine geringe Schädigung des Eipulvers durch die Erhitzung ist auch hierbei nicht völlig zu vermeiden. Da aber das Trockenvollei fast nie im reinen Zustand verwandt und fast immer nur als Beimischung zu Lebensmitteln verarbeitet wird, dürfte dieser geringgradige, nur beim Rührrei als leicht abwegiger Geschmack gekennzeichnete Qualitätsabfall für die industrielle Weiterverarbeitung praktisch ohne Bedeutung sein.

Qualitätssteigernd im Sinne einer verbesserten Lagerfähigkeit wirkt sich bei der HF-Pasteurisierung die gleichzeitige Trocknung des Materials sowie die Abtötung aller vegetativen Bakterien aus. Insbesondere der Wassergehalt ist ein wesentliches Merkmal für die Haltbarkeit von Trockenvollei. Bei einem Wassergehalt von über 5% ist Trockenvollei nur beschränkt lagerfähig und erfährt während der Lagerung eine schnelle Qualitätsminderung. Die Lagerfähigkeit nimmt mit abnehmendem Wassergehalt stark zu. Trockenvollei mit einem Wassergehalt von unter 2%, wie es bei der HF-Pasteurisierung erreicht wird, ist doppelt bis dreifach so lange haltbar als solches mit einem Wassergehalt von über 5% (16).

Durch die Pasteurisierung werden neben den Salmonellen auch alle anderen, evtl. übersehenen pathogenen Mikroorganismen abgetötet. Die HF-Pasteurisierung liefert somit hygienisch immer einwandfreies Material. Die Abtötung aller vegetativen Mikroorganismen garantiert außerdem eine sichere Verarbeitung des pasteurisierten Materials. Da im unpasteurisierten Trockenvollei des Handels ein verhältnismäßig sehr hoher Bakterienbefall nachzuweisen ist, ist nach dem Anrühren des Trockenpulvers zur Vermeidung eines schnellen Verderbs eine möglichst baldige Weiterverarbeitung notwendig. Beim HF-pasteurisierten Trockenvollei ist diese Verderbsgefahr im angerührten Material wesentlich geringer.

Technisch dürfte es kein Problem sein, größere oder kleinere Pasteurisierungsanlagen herzustellen, mit denen die in vorliegenden Modellversuchen ermittelten Pasteurisierungsbedingungen eingehalten werden können. Folgende Bauart erscheint am geeignetsten: Aufschüttung des infizierten Eipulvers auf ein laufendes Band, Durchführung durch ein der Bandbreite und Schütthöhe entsprechend angepaßtes HF-Feld und Wiederabkühlung nach Verlassen des HF-Felds im Kältetunnel, mit Luftgebläse o. a. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten erscheint die Aufheizung des HF-Feldtunnels auf die entsprechende Pasteurisierungstemperatur zweckmäßig. Am wirtschaftlichsten dürfte es sein, nur die schnelle Aufheizung im HF-Feld durchzuführen und dann die gewählte Pasteurisierungstemperatur im Heißlufttunnel die notwendige Haltezeit zu halten. Außerdem wäre für die Abführung des entstehenden Wasserdampfes zu sorgen. Der Frequenzbereich und die notwendige Abgabeleistung des HF-Generators wird im Einzelfalle durch die zu wählende Pasteurisierungstemperatur, Menge und Schütthöhe des zu pasteurisierenden Materials und verlangte Durchsatzgeschwindigkeit bestimmt. Wichtig ist dabei nur eine möglichst genaue Einhaltung der gewählten Temperatur und die Vermeidung zu großer Schichtdicken, bei denen die Abkühlung zu lange dauern würde. Zweckmäßig erscheinen niedrige Schichtdicken von 1 bis 2 cm Höhe. Eine direkte HF-Pasteurisierung des Trockenvolleis in der angelieferten Originalverpackung — meist verlötete, große Blechkanister — ist nicht möglich. Ein Umpacken ist also bei der HF-Pasteurisierung nicht zu umgehen. Es ist daher eine absolut staubdichte Trennung der „schmutzigen“ Eingangsseite von der „sauberen“ Ausgangsseite vorzusehen. Ob für die hier vorgeschlagene HF-Pasteurisierung von salmonelleninfiziertem Trockenvollei eine praktische Anwendungsmöglichkeit besteht, ist wahrscheinlich in erster Linie ein wirtschaftliches Problem. Soweit uns bekannt ist, stehen bisher noch keine auch praktisch anwendbare Verfahren zur Abtötung der Salmonellen bei gleichzeitig ausreichender Qualitätserhaltung des Trockenvolleis zur Verfügung.

Prinzipiell erscheint eine in ähnlicher Art und Weise durchgeführte Hochfrequenz-Pasteurisierung durchaus auch bei vielen anderen mit Mikroorganismen infizierten Lebensmitteln, soweit sie in trockener und pulveriger Form vorliegen, möglich. Die hier speziell für die Abtötung von Salmonellen ermittelten Temperatur-Zeit-Bedingungen bei der HF-Erhitzung dürften gleichzeitig für sehr viele andere vegetativen Bakterien gelten. Das Trockenvollei ist auf Grund seines hohen Eiweiß- und Fettgehaltes ein außerordentlich empfindliches Produkt. Die zur Erhaltung einer ausreichenden Qualität bestimmten HF-Erheizungsbedingungen müßten daher ähnlich auch für viele andere Produkte zutreffen.

Unter Umständen wäre auch daran zu denken, besonders hochwertige, salmonelleninfizierte Futtermittel, bei denen es auf eine möglichst weitgehende

Erhaltung der Nährstoffe ankommt, durch HF-Erhitzung zu pasteurisieren, Ob allerdings bei derartigen Massengütern die HF-Pasteurisierung rentabel durchgeführt werden kann, erscheint fraglich. Auf jeden Fall könnte durch die HF-Erhitzung eine wesentlich bessere Nährstofferhaltung als bei den z. Z. üblichen, die Futtermittel verhältnismäßig stark schädigenden Pasteurisierungsverfahren erreicht werden. Eine völlige Sterilisierung, d. h. also auch eine Abtötung aller Bakteriensporen durch die HF-Erhitzung dürfte dagegen nur schwer möglich sein, da bei den dazu notwendigen sehr hohen Temperaturen eine ausreichende Qualitätserhaltung wohl kaum erreicht werden kann.

Mein besonderer Dank gilt meiner Assistentin Frau E. PROCHAZKA für die gewissenhafte Mitarbeit bei der Durchführung der Versuche, sowie den Herren Dr. A. BERGER und Dipl.-Ing. G. NEMITZ für ihre wertvollen technischen Ratschläge.

### Zusammenfassung

In Modellversuchen wurde die Hitzepasteurisierung von salmonellen-infiziertem Trockenvollei untersucht.

Bei künstlich mit *Salmonella senftenberg* oder *S. thompson* infiziertem Trockenvollei wurden die zur ausreichenden Salmonellenabtötung (10<sup>6</sup>fache Keimzahlreduktion) sowie zur genügenden Qualitätserhaltung des Trockenvolleis notwendigen Erhitzungsbedingungen bei normaler Erhitzung und bei dielektrischer Hochfrequenzerhitzung bestimmt.

Durch normale Erhitzung im Trockenschrank war zwar eine ausreichende Salmonellenabtötung zu erreichen. Die dazu erforderlichen sehr langen Erhitzungszeiten hatten aber eine so starke Schädigung und Qualitätsminderung des Trockenvolleis zur Folge, daß es genußuntauglich wurde.

Im Hochfrequenzfeld war dagegen eine sehr schnelle und gleichmäßige Erhitzung des Trockenvolleis möglich. Kombiniert mit einer schnellen Wiederabkühlung ließ sich mit dieser Hochfrequenzerhitzung eine Art Hoch-Kurz-Erhitzung mit ausreichender pasteurisierender und zugleich das Eipulver genügend schonender Wirkung erreichen. Die HF-Pasteurisierung war im Temperaturbereich von 85° bis 100° C am günstigsten. In diesem Bereich wurden die Grenzwerte der Erhitzungs-Temperatur-Zeit-Bedingungen einer gesicherten Salmonellenabtötung und ausreichender Qualitätserhaltung genauer bestimmt.

### Literatur

1. Bundesgesetzbl. 1956, I., 3, 944. — 2. KUPRIANOFF, J.: Dtsch. Lebensm. Rdsch. 53, 221 (1957). — 3. ADAM, W.: Zbl. Hyg. II. Orig. 167, 224 (1957). — 4. BISCHOFF, J.: Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 72, 129 (1959). — 5. SCHMIDT-LORENZ, W.: Arch. Lebensm.-Hyg. 10, 1 (1959). — 6. SALWIN, H., BLOCH, J. und MITCHELL, J. H. jr.: Food Technol. 7, 447 (1953). — 7. BISHOP, S. J. und MITCHELL, J. H. jr.: Food Res. 19, 367 (1954). — 8. GRÜNEWALD, TH.: Fette, Seifen, Anstrichm. 61, 440 (1959). — 9. NEMITZ, G.: Chem. Z. 82, 222 (1958); 83, 364 (1959). — 10. BANWART, G. J. und AYRES, J. C.: Food Technol. 10, 68 (1956). — 11. GUTSCHMIDT, J.: Ind. Obst- u. Gemüseverw. 35, 244, 261 (1950). — 12. SIEBERT, K. und SEIDLER, H.: Ernährungsforsch. 1, 330 (1956). — 13. BURTON, H.: Nat. Inst. for Res. a. Dairying, Paper No. 1041. (Reading 1949); Nature 166, 434 (1950). — 14. JACOBS, S. E., THORNLEY, M. J. und MAURICE, P.: Proc. Soc. Appl. Bact. 13, 161 (1950); BROWN, G. H. und MORRISON, W. C.: Food Technol. 8, 361 (1954); SIEBERT, K. und SEIDLER, H.: Ernährungsforsch. 3, 108 (1958); INGRAM, M. und PAGE, L. Z.: Proc. Soc. Appl. Bact. 16, 69 (1953). — 15. FRANZ, J.: Dtsch. Lebensm.-Rdsch. 45, 131 (1949). — 16. BROOKS, J. und TAYLOR, D. J.: Food Invest. Special Rep. No. 60 (London 1955).

Anschrift des Verfassers :

Dr. W. SCHMIDT-LORENZ, Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelrisikohaltung, Karlsruhe, Kaiserstr. 12