

ÜBER DIE ENTWICKLUNG DER STERILISIERVERFAHREN BEI EINGEDOSTEN LEBENSMITTELN

OLAVI E. NIKKILÄ

Universität Turku, Finnland.

Eingegangen am 15. 10. 1955.

Das Ziel der Sterilisierung von hermetisch eingedosten Lebensmitteln besteht darin, ihre Enzyme sowie die ihnen anhaftenden Mikroorganismen einschliesslich ihrer Dauerformen (Sporen) unschädlich zu machen. Das älteste und wichtigste Verfahren ist die Erhitzung. Die Enzyme lassen sich durch Erhitzen ohne Schwierigkeiten ausschalten, die Abtötung der Mikroorganismen dagegen erfordert grössere Vorsichtsmassnahmen. Das bei 60—90°C vorzunehmende Pasteurisieren, wie es z.B. bei der Milch angewendet wird, kann allerdings keine völlige Keimfreiheit bewirken, sondern hat vornehmlich den Zweck, einmal die Hauptmenge der Milchsäurebakterien und der sonstigen saprophytischen Bakterien abzutöten, um die Milch für kürzere Zeit haltbar zu machen, sodann aber die keine sporenbildenden pathogenen Keime zu vernichten. Die im Haushalt möglichen Temperaturen von 100°C im siedenden Wasserbad reichen zur Abtötung der meisten lebenden Keime aus, nicht aber vieler hitzebeständiger Sporen. Zweckmässig gibt man daher diesen einige Zeit (2—3 Tage) zum Auskeimen und wiederholt das Erhitzen, um wirklich sterile Erzeugnisse zu erzielen (fraktioniertes Sterilisieren). In der Konservenindustrie sterilisiert man in Druckgefässen (Autoklaven), die eine Anwendung von Temperaturen bis zu 130°C bei einem Überdruck von 1.5 Atmosphären gestatten. Der Zusammenhang zwischen Temperatur und Abtötungsdauer ist bei vielen sporenbildenden Bakterien bekannt. Bei dem gefährlichen anaeroben *Clostridium botulinum* ist z.B. festgestellt worden, dass eine Erniedrigung der Temperatur um 3°C einer Verdoppelung der Sterilisierzeit entspricht. Füllgüter mit einem pH-Wert unter 4.5 sind aber durch *Cl. botulinum* nicht gefährdet. Im sauren Milieu müssen nur Hefen und nicht sporenbildende, fakultativ anaerobe, säuretolerante Mikroorganismen abgetötet werden, was in kürzeren Zeiten bzw. bei tieferen Temperaturen möglich ist als bei den bei höheren pH-Werten auftretenden Sporenbildnern.

Wenn auch Hitze stets eine unumgängliche Grundbedingung bei der Abtötung von potentiellen saprophytischen Bakterien in Lebensmitteln gewesen ist, so hat

man doch schon lange gefühlt, dass die Hitze auch für eine Veränderung der Beschaffenheit der Lebensmittel verantwortlich ist, indem sie ihren frischen Geschmack und ihr Gewebe zerstört und sie dadurch für den Verbraucher weniger begehrenswert macht. Dies regte die Forschung dazu an, Mittel zu finden, um derartige thermische Auswirkungen auf ein Mindestmass zu beschränken. So haben einige Forscher Sterilisiervverfahren an Lebensmitteln mit kürzerer Sterilisierdauer und höheren Temperaturen erprobt, wobei die sterilisierende Wirkung des Verfahrens erhalten blieb, der physikalische Einfluss auf das Sterilisationsgut jedoch eingeschränkt wurde. Andere wiederum haben Verfahren der Abtötung von Bakterien ohne Ninzuziehung von Hitze untersucht in der Hoffnung, ein auserwähltes Verfahren zu finden, das auf Bakterien abtötend wirkt, das Zellengewebe der Lebensmittel aber nicht angreift. Einige dieser Verfahren sind von geradezu umwälzender Art, so die Anwendung von Strahlen verschiedenen Ursprung und von Antibiotika. Diese Abhandlung befasst sich nur mit denjenigen Verfahren, die gegenwärtig industriell angewendet werden oder sich in Versuchsstadium befinden.

Es sollen daher die folgenden Punkte besprochen werden: Fortschritte in der Behandlung in Druckgefässen (Autoklaven); verschiedene Arten von Schüttelsterilisatoren; Sterilisieren mit Heissluft anstatt Dampf; »Hoch-kurz«-Verfahren; Hochfrequenz-Erhitzung; Bestrahlungs-Sterilisierung und die Anwendung von Antibiotika.

Druckgefässe (Autoklaven)

Die neuesten Errungenschaften im Druckgefäss-Verfahren umfassen mechanische Beschickungs- und Entleerungsvorrichtungen für sowohl Dosen als auch Gläser und Instrumente zur selbsttätigen Überwachung des gesamten Vorgangs in Druckgefäss einschliesslich Entlüftung, Sterilisiervorgang sowie Druckkühlung. Dämpfe von Lösungen mit hohem Siedepunkt haben bei der Behandlung von Konservendosen bei Temperaturen bis zu 122°C anstelle von Wasserdampf Verwendung gefunden. Dies ermöglicht Erhitzen und Abkühlen der kleineren Dosengrössen unter atmosphärischen Druck.

Schüttelsterilisator

Drehbewegung. In einigen Fällen hat Schütteln der Dosen während der Hitzebehandlung, sei es durch Rollen oder Kanten, bessere Beschaffenheit und höheren Nährwert des Sterilisationsgutes zur Folge als die Behandlung im gewöhnlichen Druckgefäss.

Eine der früheren Errungenschaften, die beachtenswerten industriellen Erfolg hatte, ist der kontinuierliche Trommel-Drucksterilisator der Food Machinery & Chemical Corporation, USA (Abb. 1). Dies ist eine Koch-Kühl-Kombination, bei der die Dosen von der Verschliessmaschine durch ein Ventil (um Druckverluste zu vermeiden) dem Druckgefäss zugeführt werden, das sie auf einem rotierenden

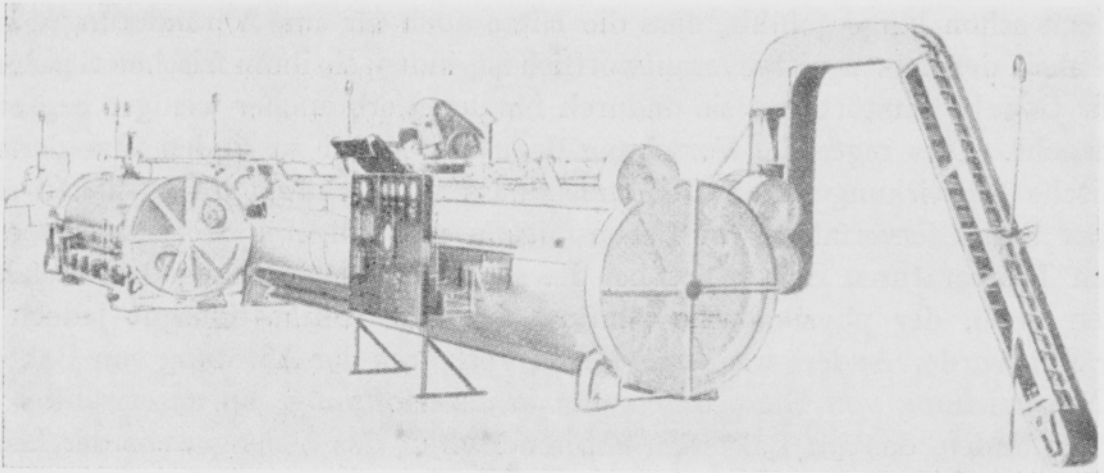


Abb. 1. Kontinuierlicher Druck-Sterilisator und Kühler Modell FMC.

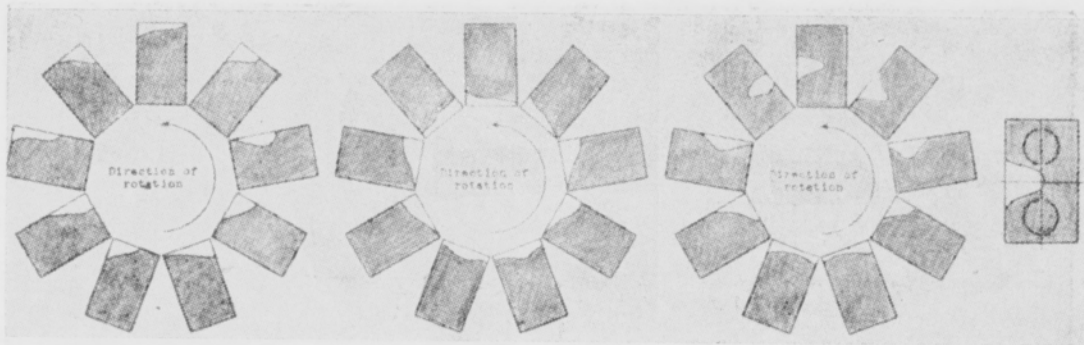
Haspel spiralenförmig durchlaufen. Durch ein weiteres Ventil werden die Dosen aus dem Sterilisator in den Druckkühler verlegt und dann wiederum auf einem Haspel spiralenförmig dem Entleerungsventil zugeleitet. Die Dauer des Vorgangs lässt sich durch Anpassen der Umdrehungsgeschwindigkeit verschieden wählen, und bei geringeren Dosenrößen wurde sogar mit 400 Dosen pro Minute gearbeitet.

Während sich die Dosen im oberen Abschnitt des Kreislaufs befinden liegen sie auf dem Haspel still, dagegen rollen sie in seinem unteren Abschnitt gegen die Wand des Druckgefäßes. Sie erhalten so ein beträchtliches Ausmass an Bewegung, das darauf abzielt, den Grad der Hitzedurchdringung zu erhöhen und die erforderliche Behandlungsdauer zu verkürzen. Das automatische Druckkühlssystem ermöglicht auch eine höhere Behandlungstemperatur ohne die Gefahr einer Einbuchtung der Dosen während der Kühlung, als wie sie in stillstehenden Druckgefässen möglich sind.

Die Festlegung von Verfahren für diese Anlage hat die Entwicklung einer Versuchseinrichtung mitsichgeführt, in der sich die Bewegung der Dosen reproduzieren und die verschiedenen Hitzegrade durch Ablesen der Werte eines Thermoelementes bestimmen lassen, die automatisch auf ein Registrierstreifen-Potentiometer übertragen werden.

Kanten. Ein anderer gut eingeführter Sterilisator, in dem die Dosen durch geschüttelt werden, ist ein Druckgefäss, das die Dosen in Körbe aufnimmt, die sich um eine Mittelachse drehen. Die Dosen werden so etwa zwei Mal in der Minute gekantet. Die schüttelnde Bewegung wirkt sich in gewissem Mass in einer Verkürzung der Behandlungszeiten aus, falls die Dosen dem Inhalt angemessenen Spielraum lassen. Diese Einrichtung findet hauptsächlich in der Kondensmilch-Industrie Verwendung.

Eine neue Entwicklung des Umdrehungsverfahrens durch Kanten unter Behandlung mit hohen Temperaturen wurde durch Clifcorn, Peterson, Boyd und



Bewegung bei
niedriger
Drehgeschwindigkeit

Bewegung bei hoher
Drehgeschwindigkeit

Bewegung bei
optimaler
Drehgeschwindigkeit

Turbulenz, die entsteht,
wenn der Spielraum
durch den Spätraum
des Inhalts verläuft

Abb. 2. Kantende Bewegung (Continental Can Company).

O'Neil (8) angekündigt und durch Conley, Kapp und Schumann (9) weiter untersucht. Sie kamen zu dem Schlusssatz, dass Umdrehung durch Kanten bei entsprechendem Spielraum und der richtigen Geschwindigkeit wirkungsvoller ist als Drehung um die Längsachse der Dose. (Abb. 2). War die Geschwindigkeit der kantenden Umdrehung zu hoch, so wurden die zu sterilisierenden Lebensmittel durch die Fliehkraft gegen das der Umdrehungsachse entfernteste Ende der Dose gedrückt, und ein Durchschütteln des Inhalts fand nicht statt. Die grösste Durchwirbelung wurde bei einer Geschwindigkeit erreicht, die es dem Spielraum ermöglichte, annähernd durch den Mittelpunkt der Dose zu laufen. Das trat bei einer Geschwindigkeit ein, durch die sich die Fliehkraft und das Gewicht des Doseninhalts ausglich. Durch derartige Schüttelbewegung können viele Sterilisationsgüter mit hohen Temperaturen kurzfristig («hoch-kurz») in der Dose behandelt werden, woraus eine Verbesserung der Güte und des Nährwertes im Vergleich zu in gewöhnlichen Druckgefässen behandelten folgt. Die Chain Belt Company (USA) hat mehrere nach diesem Schüttelprinzip arbeitende Druckgefässe gebaut, die jetzt in halbindustriellem Betrieb sind. Es ist ganz offenbar, dass genaue Überwachung des Leerraums in den Dosen und der Umdrehungsgeschwindigkeit, ebenso wie Dauer und Temperatur der Behandlung für ein sicheres Arbeiten dieser Einrichtung wesentlich sind.

Vielfach=Wirkung. Das von Bogres und Desrosier (4) entwickelte System der Vielfach-Wirkung-Durchschüttelung stellt eine Verbindung von gleichzeitiger waagrechter und senkrechter Umdrehung dar (Abb. 3). Dieser Sterilisator besteht aus dem üblichen waagrechten Druckgefässgehäuse mit einem eingebauten, von einer Welle getragenen und einem ausserhalb liegenden Motor angetriebenen Joch sowie einem Rahmen zur Aufnahme der Dosen. Joch und Rahmen bewegen sich frei wirbelnd und rotierend.

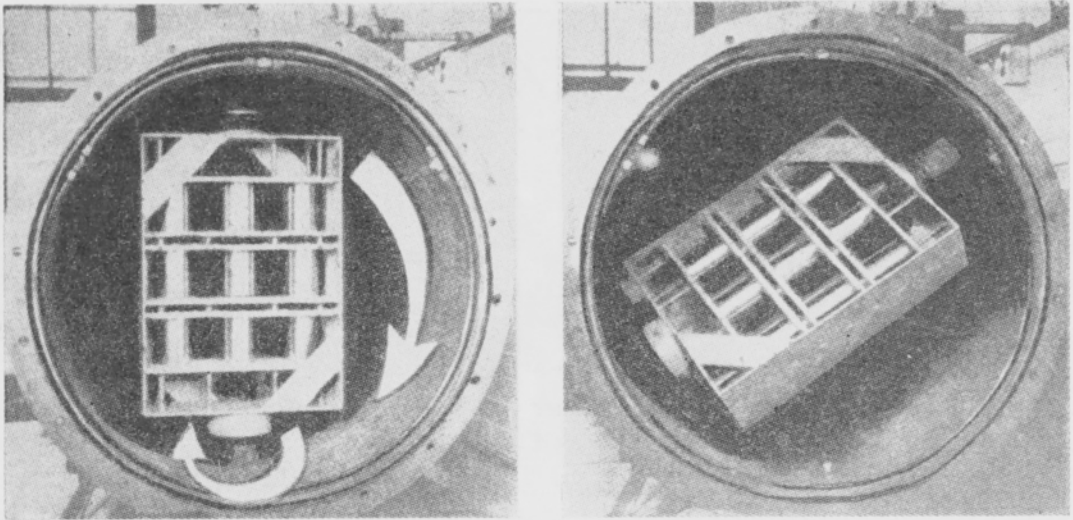


Abb. 3. Drehung des Rahmens (Pfeil) geschieht im Uhrzeigersinn, in zwei Richtungen, bei verschiedener Geschwindigkeit. Auf der Abbildung befindet sich der Rahmen in Auffülllage.

Wirbeltätigkeit als Ergänzung der Kantenden Bewegung erhöht die Spielraumbewegung.

Heissluft-Sterilisieren

Nach zehnjährigen Versuchen hat man in Schweden ein neues Konservierungsverfahren eingeführt, das als sehr bedeutend für die Lebensmittelindustrie bezeichnet wird. Das System stützt sich auf die Verwendung von Warmluft anstelle von Dampf bei der Sterilisierung. Das Verfahren wurde von Ekelund (10) entwickelt (Abb. 4). Abgesehen von der Ausnutzung warmer Luft unterscheidet sich das neue Verfahren auch dadurch von den bisherigen, dass die Konservendosen während des Sterilisiervorgangs in Umdrehung gehalten und dadurch die Behandlungszeit verkürzt wird. Das ergibt eine verbesserte Beschaffenheit des Sterilisationsgutes. Der von Ekelund konstruierte Sterilisierapparat weist eine Leistungsfähigkeit von 10.000 Dosen zu je 400 gr pro Stunde auf. Er arbeitet vollautomatisch und wird nur von einer Person bedient.

»Hoch-kurz«-Behandlung

Von den vielen neuen Verfahren, zu denen Erhitzen gehört, ist vielleicht das bekannteste das sog. »Hoch-kurz«-Sterilisierverfahren. Ball (2) hat gezeigt, dass die Anwendung von hohen Temperaturen 110° bis 149°C und kurzen Zeiträumen (einige Sekunden bis weniger als eine Minute) im Vergleich zu in Bezug auf Abtötung gleichwertigen Behandlungen bei niedrigeren Temperaturen, eine auffallende Wirkung in form von verbessertem Geschmack, Farbe und Struktur auf die meisten eingedosten Erzeugnisse ausübt. Die »Hoch-kurz«-Behandlung hat ihre haupt-

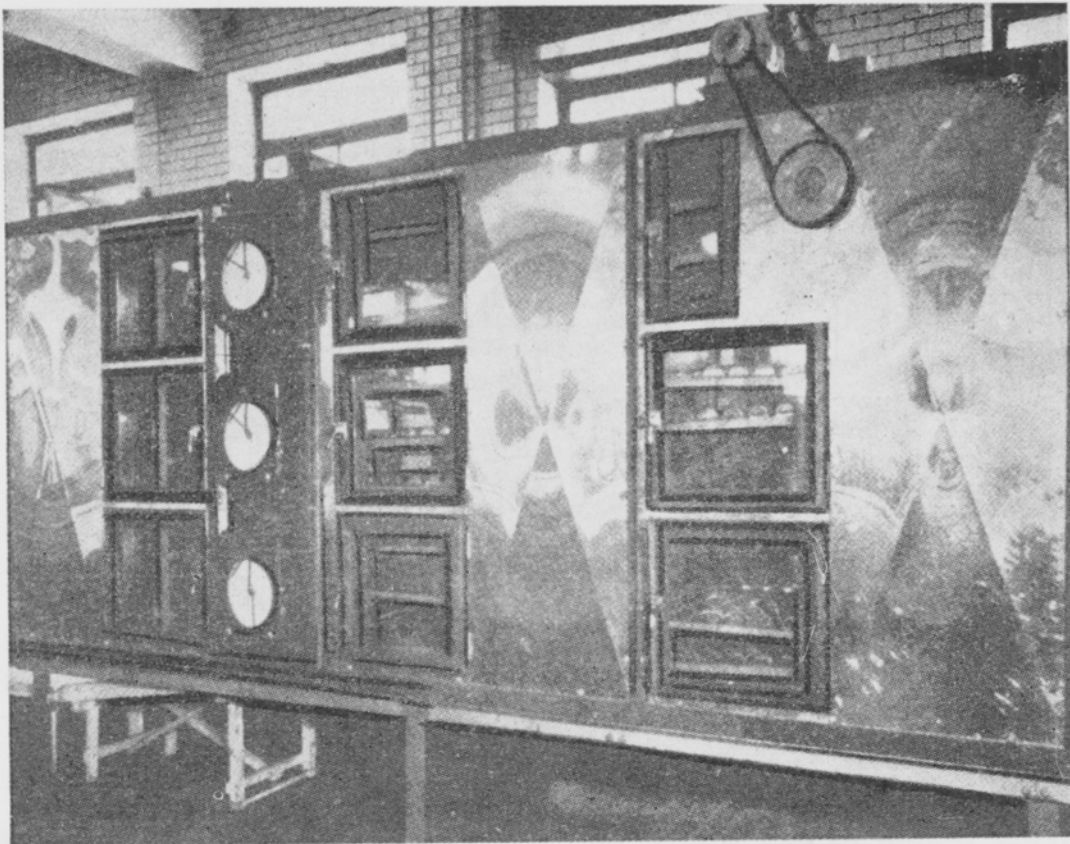


Abb. 4. Mit Heissluft arbeitende Sterilisator.

sächliche Anwendung bei der Behandlung von sauren Lebensmitteln gefunden soweit sich diese durch kontinuierliche Wärmeaustauscher pumpen lassen. Hierzu gehören Frucht- und Tomatensäfte, Pulpen und Pasten. Das Sterilisationsgut wird vor dem Eindosen pasteurisiert und in Dosen abgefüllt, die hinreichend heiss sind, um eine Sterilisierung der Behälter durch die Hitze des Gutes während eines kurzen Aufenthalts vor der Kühlung zu ermöglichen. Neben einer Vereinfachung der Eindosungsarbeiten gewährleistet dieser Vorgang eine erhöhte Sicherheitsspanne gegen Verderb sowie eine gewisse Güteverbesserung.

HCF=System. Die frühere, industriell verwendete aseptische Eindosungseinrichtung wurde von Ball (3) entwickelt und war als HCF- (Heat-Cool-Fill-) Maschine bekannt. In dieser Maschine geschah der gesamte Vorgang bei einer Temperatur von 115° bis 121°C durch Dampf unter Druck.

»Hoch-kurz«-Verfahren wurden später in dem Martin'schen aseptischen Eindosungs-System (Martin Aseptic Canning System) (12, 13) auf die Sterilisierung von eingedosten Lebensmitteln mit geringem Säuregehalt angewandt, die ihrem Charakter nach homogen sind und sich pumpen lassen (Abb. 5).

Die Martin'sche Anlage ist viel leichter in ihrer Konstruktion und leichter zu bedienen als die ursprüngliche Ball-Anlage. Das Martin'sche System verwendet

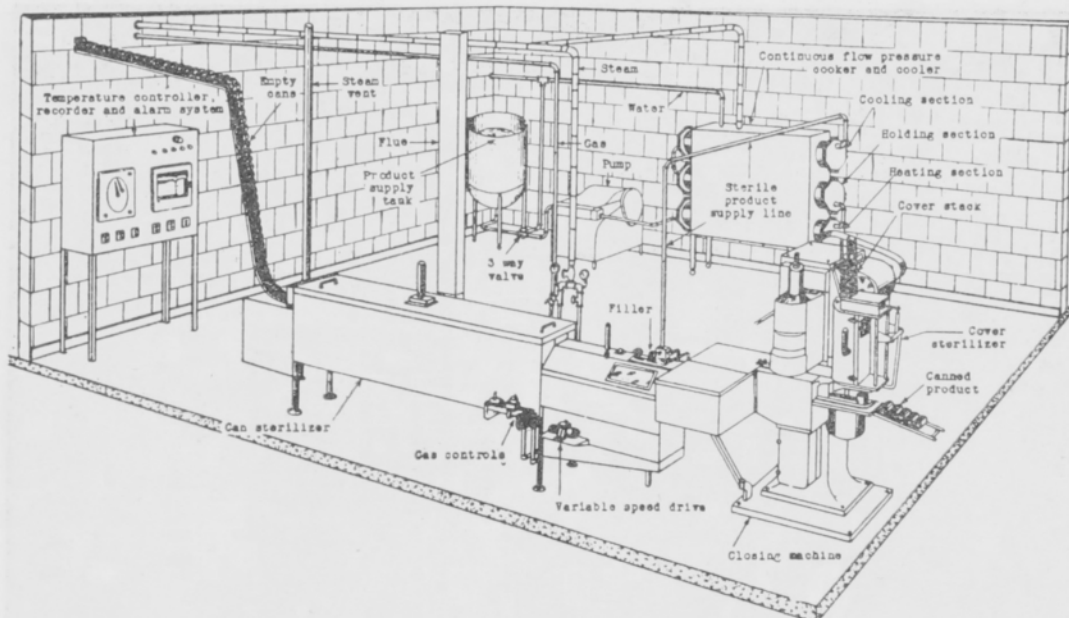


Abb. 5. Fabriksanlage nach Martin's aseptischem Konservierungssystem. (James Dole Engineering Company).

überhitzten Dampf in den Dosen- und Deckelsterilisatoren, der Füllkammer und der Verschlussmaschine. Ein geringer Überdruck wird in der Anlage unterhalten, um Verunreinigung durch die Aussenluft während des Arbeitsgangs zu verhüten. Die Dosen werden auf einer Seilbahn in gerader Linie durch einen Sterilisierkanal geleitet. Das Sterilisationsgut erfährt bei 138° — 149° C eine Behandlung von einigen Sekunden, wird anschliessend gekühlt und in einer Rohrleitung dem Fliessfüller zugerührt. Der Füller lässt sich jederzeit so einstellen, dass er die genau abgepasste Füllgutmenge liefert und die Dosen eine angemessene Füllung erhalten. Die sterilisierten Dosen werden in die sterile Füllkammer eingeführt und nach der Füllung der sterilen Verschlussmaschine übergeben, wo sie mit in überhitztem Dampf sterilisierten Deckeln verschlossen werden. Martin's aseptische Eindosungsanlage hat bereits in beträchtlichen Umfang Aufnahme in der Molkereindustrie gefunden.

Avoset-Verfahren. Das Verfahren, welches wir mit der Benennung »Avoset« bezeichnen, wurde 1942 auf ein homogenisiertes Sahneerzeugnis, genannt »Avoset«, angewendet. Dieses Verfahren gleicht im Grunde dem HCF-Verfahren, weicht jedoch in der Durchführung von diesen ab, indem bei ihm keine wirksame Kontrolle der die Füll- und Verschlussvorgänge umgebenden Atmosphäre besteht. Der Arbeitsgang geht in einem klimatisierten Raum vor sich, in dem die Atmosphäre durch eine Öffnung in der Wand, durch die die verschlossenen Dosen auf einem Fliessband abtransportiert werden, mit der äusseren Atmosphäre in unmittelbarer Verbindung steht. Bewegliche Teile des Fliessbandes können zwar Bakterien in den Füll- und Verschlussraum einführen, der durch die Öffnung nach aussen aufrechterhaltene Luftstrom verhindert jedoch, dass verunreinigte Luft in den Raum eindringt.

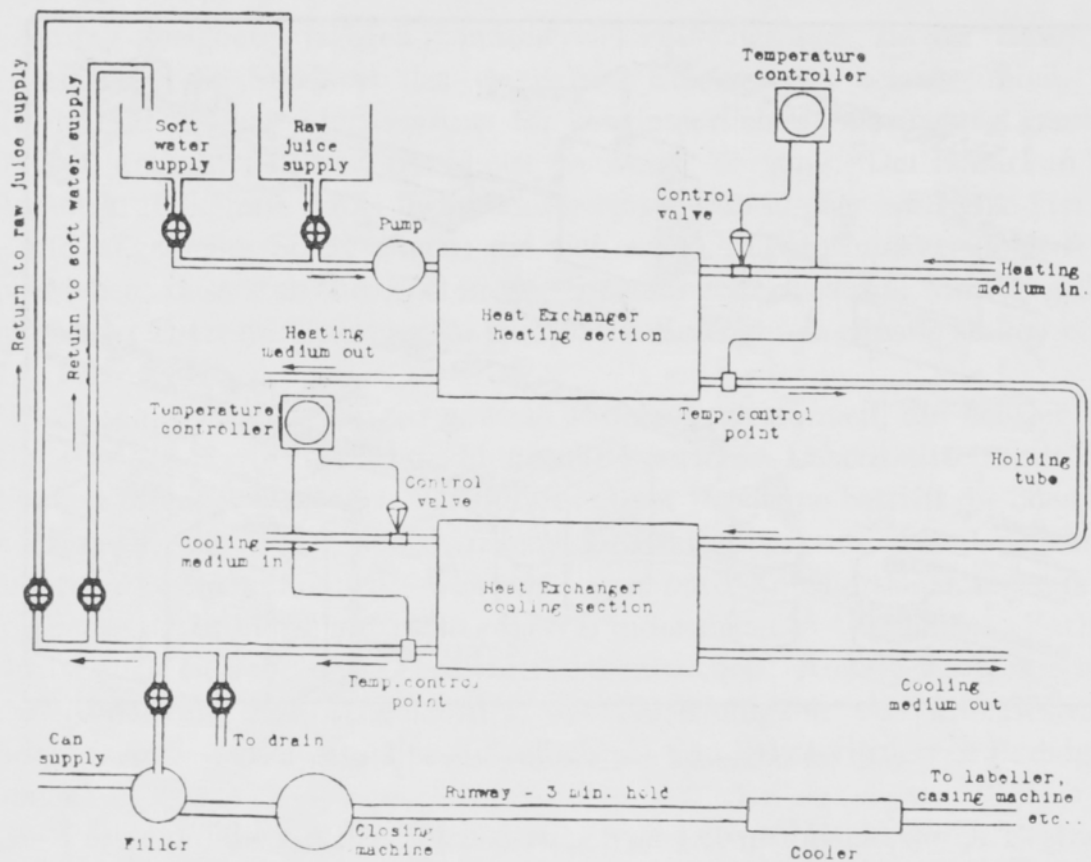


Abb. 6. Fabriksschema des Smith-Ball System. (American Can Company).

Smith-Ball-Verfahren. Das letzte in der Reihe der Hochtemperatur-Kurzdauer-Verfahren, das industriell angewendet wurde, ist das Smith-Ball-Verfahren. In seinen Hauptzügen entspricht der Vorgang demjenigen beim HCF-Avoset- und Martin-Verfahren, wie jedoch jedes dieser drei Verfahren so weist auch das Smith-Ball-Verfahren eine Reihe Eigenheiten auf.

Das Füllgut wird vor dem Eindosen zwecks Sterilisierung in Teilmengen auf eine hohe Temperatur, d.h. 138°—149°C erhitzt, im Gegensatz zu den drei im vorhergehenden besprochenen Verfahren vor dem Abfüllen in die Behälter jedoch nur auf rund 121°—124°C gekühlt. Da die erste Anlage nach diesem Verfahren für chop suey ein Produkt, das feste Bestandteile in Partikelform enthält, gebaut wurde, weicht die Konstruktion des Füllgutsterilisators von den beim HCF-, Avoset- und Martin-Verfahren verwendeten Flüssigkeitssterilisatoren bedeutend ab.

Ein Diagramm über den Arbeitsvorgang bei diesem Sterilisierverfahren ist in Abb. 6 dargestellt.

Hochfrequenz-Erhitzung

Neuerdings sind Sterilisierverfahren bekanntgeworden, die auf Anwendung von Hochfrequenz beruhen. Hochfrequenz bei dielektrischer Erhitzung, wie sie bei Sperrholz- und Kunstharzverband angewendet wird, erreicht man, indem man

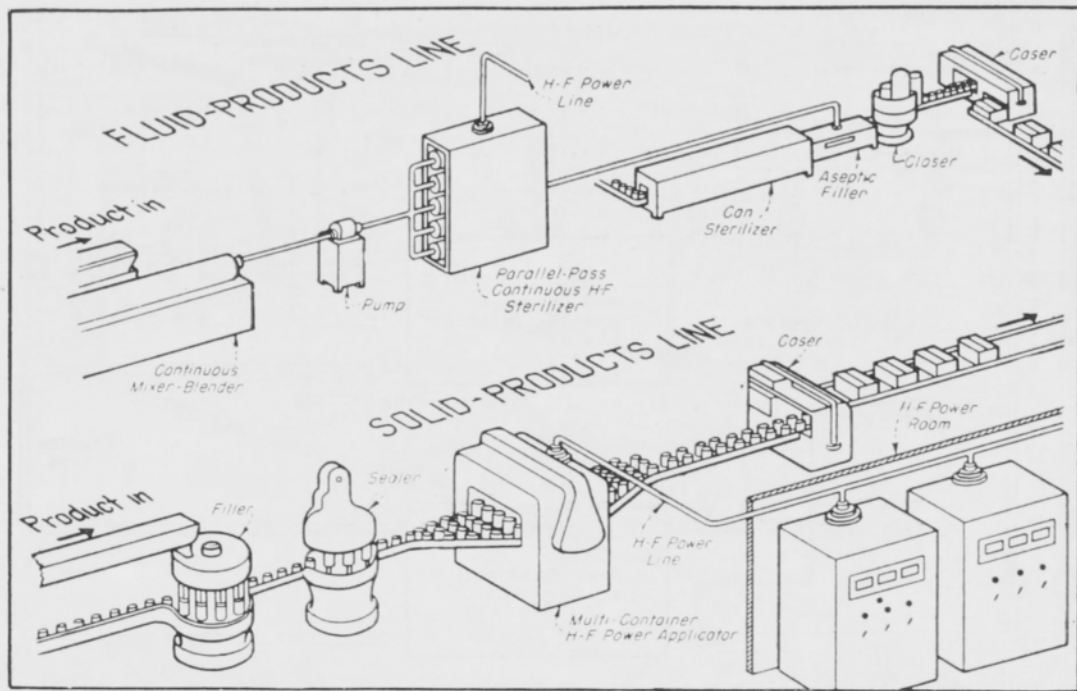


Abb. 7. Diagramm des Hochfrequenz-System nach Slater.

das Material auf Platten unter Hinzuziehung von hochgespanntem Strom mit hoher Frequenzzahl zwischen zwei metallische Elektroden legt. Dabei entsteht im Inneren durch Reibungsverluste eine gleichmässige Temperatur, da die polaren Moleküle das Bestreben haben, sich bei Potentialwechsel an den Elektroden auszurichten. Die Verwendung einer derartigen Einrichtung bei Lebensmitteln ist jedoch auf ernsthafte Schwierigkeiten gestossen. Augenblicklich dürften damit nur einige Versuchsanlagen arbeiten. Abb. 7 zeigt ein von Slater (18) von American Meat Institute Foundation versuchsmässig erprobtes Hochfrequenzsystem.

Auf dieser Anlage werden flüssige Erzeugnisse durch den Hochfrequenz-Sterilisator gepumpt und anschliessend aseptisch abgefüllt. Feste Erzeugnisse werden in besonderen Behältern behandelt.

Strahlungs-Sterilisierung

Die Forschungstätigkeit hat in den letzten Jahren beträchtliches Interesse an den Möglichkeiten einer Lebensmittelsterilisierung durch ionisierende Strahlung hervorgerufen. Diese umfangreiche Forschung hat durch die verschiedenen Vorteile, die diese Art der Sterilisierung gegenüber der Hitzesterilisierung der Lebensmittelindustrie bieten würde, bedeutenden Auftrieb erhalten. Jede Beschädigung oder Zerstörung durch Erhitzen des Sterilisationsgutes wäre bei der Strahlungssterilisierung ausgeschaltet. Ein Vorteil könnte sich auch bei der Abfüllung eines Erzeugnisses zeigen. Bei Hitze-Sterilisierung verwendete Verpackungen müssen gegen hohe Temperaturen und Druck widerstandsfähig sein. Zu Strahlungs-

Sterilisierung geeignete dagegen könnten viel einfacher sein, da ihr Hauptzweck darin bestände, die Sterilität des veredelten Erzeugnisses beizubehalten. Auch könnte die Strahlungs-Sterilisierung im kontinuierlichen Arbeitsgang geschehen, was stets er strebenswerter ist als ein etappenweiser Vorgang. Der Bedarf an Raum und Arbeitskraft könnte dabei bedeutend geringer sein als der bei Hitze-Sterilisierung, und allgemeine Schätzungen, die sich auf Laboratoriumsversuche stützen, haben ergeben, dass sich die Kosten der Strahlungssterilisierung im Vergleich zu denjenigen der Hitzesterilisierung für spezifische Erzeugnisse günstig stellen könnten (11, 14, 19).

Mit diesen Vorzügen hängen gewisse Probleme zusammen, die bei der Untersuchung von der Sterilisierungsstrahlung unterworfenen Lebensmitteln mit grosser Deutlichkeit offenbar geworden sind. Eines dieser Probleme betrifft die chemischen Veränderungen, die durch die ionisierende Bestrahlung in den Lebensmitteln hervorgerufen werden können. Gewisse sogenannte Nebenerscheinungen können als Folge der Bestrahlung auftreten, die Veränderungen in Geschmack, Farbe und manchmal auch Gewebe der Lebensmittel verursachen. Andere Probleme hängen mit der Abpackung der Lebensmittel, der Lagerfähigkeit von mit Bestrahlung behandelten sowie der eventuellen Schädlichkeit von kaltsterilisierten Erzeugnissen zusammen.

Die Probleme, die bei der Sterilisierung von Lebensmitteln durch Bestrahlung berücksichtigt werden müssen, gelten nicht nur für eine bestimmte Art von Strahlung. Es besteht nämlich grosse Ähnlichkeit zwischen der ionisierenden Wirkung von Röntgenstrahlen, Elektronen und Strahlen von radioaktiven Substanzen. Verschiedene Typen von ionisierender Strahlung sind jahrelang als zu Sterilisierzwecken geeignet angesehen worden; die neuere Forschung jedoch wurde auf 3 Typen der Strahlung konzentriert: Röntgenstrahlen, Hochspannungs-Elektronen oder Kathodenstrahlen und Strahlung bei Zerfallprozessen, die aus Alpha-, Beta- und Gammastrahlen besteht.

Röntgenstrahlen

Röntgenstrahlen werden durch Elektronenbeschussung einer Antikathode erzeugt, und die Quantität der Röntgenstrahlen hängt von der Elektronenenergie, der Intensität des Strahlenbündels sowie der atomischen Eigenschaften der Antikathode ab. Röntgenstrahlen sind im wesentlichen das gleiche wie die Gammastrahlen von Zerfallprozessen, mit dem Unterschied, dass sie künstlich erzeugt werden. Röntgenstrahlen besitzen eine verhältnismässig grosse Durchdringungskraft bei hoher Elektronenenergie oder Beschleunigungsspannung. Nimmt die Beschleunigungsspannung ab, so nimmt auch die Durchdringungskraft der Röntgenstrahlen ab, und sie werden in grösserer Anzahl von dem bestrahlten Gegenstand absorbiert. Zahlreiche Möglichkeiten für die Verwendung von weichem Röntgenstrahlen sind in Vorschlag gebracht worden (7, 15, 16, 17, 20).

Weiche Röntgenstrahlen könnten als diejenigen definiert werden, die die Hauptmasse der von einer Röntgenröhre mit einem niedrigen Dämpfungsfenster,

wie z.B. Beryllium, ausgehenden Strahlung umfassen. Weiche Röntgenstrahlen werden von Stoffen bereitwillig und wirkungsvoll absorbiert, da es sich bei ihrem Eindringungsvermögen nur um einige Millimeter handelt. Wenn von Lebensmitteln eine tiefere Durchdringung gefordert wird, können Geräte mit einer hohen Kilovoltzahl oder zwei Röntgengeräte, eines über und eines unter den Lebensmitteln Verwendung finden, was die Stärke des Materials, das sich erfolgreich behandelt lässt, verdoppeln würde. Obwohl sich Tiefe der Durchdringung oder Absorbierung in den betreffenden Stoffen durch entsprechende Planung der Röntgengeräte kontrollieren lassen, so ist die grösste Tiefe, die bei der Behandlung erreicht werden kann, doch durch den hohen Grad der Absorbierung von weichen Röntgenstrahlen begrenzt. Die Effektivität bei der Umwandlung von primärer Elektronenenergie in Röntgenstrahlen ist im Durchschnittsröntgengerät verhältnismässig gering. Röntgeningenieure und Konstrukteure meinen jedoch, dass dieser Nachteil durch ganz bestimmte Vorteile aufgewogen wird (15). Da Anlagen für weiche Röntgenstrahlen mit niedrigen Spannungen arbeiten, sind sie verhältnismässig billig im Gebrauch, was wiederum eine niedrigere Investierung von Kapital bedeutet und kostspielige Schutz einrichtungen überflüssig macht. Das Gerät liesse sich auch als nahezu automatisch entwerfen und würde so kein geschultes Röntgenpersonal bei industrieller Verwendung erfordern. Verfechter von Sterilisierung mit weichen Röntgenstrahlen glauben auch, dass eine Vielfalt an Röhren in der Produktion von Vorteil wäre wegen der dadurch gebotenen Vielseitigkeit.

Kathodenstrahlen

Die Hochspannungselektronen der Kathodenstrahlen sind künstlich beschleunigte Elektronen oder Betaartikel. Die Eindringung der Hochspannungselektroden hängt auch von der Energie ab, mit welcher die Elektronen erzeugt werden. Ihre Eindringung in die Materie ist jedoch geringer als diejenige der Röntgenstrahlen von entsprechender Spannung. Der Leistungsgrad bei der Erzeugung von Hochspannungselektroden ist bedeutend höher als der bei der Erzeugung von Hochspannungsröntgenstrahlen. Die zur Erzeugung von Hochspannungselektroden und Hochspannungsröntgenstrahlen benötigte Einrichtung ist kostspielig, und zwar etwas mehr als die zur Erzeugung der Niedrigspannungsröntgenstrahlen benötigte. Die Elektronenstrahleneinrichtung bedient sich einer Röhre oder eines einfachen Generators und erfordert bis ins kleinste ausgearbeitete Hilfsmittel um in eine Produktionsanlage eingereiht zu werden.

Elementarspaltungsprodukte

Eine dritte Art der Strahlung, die zur Sterilisierung von Lebensmitteln in Aussicht genommen worden ist, ist die, die beim Zerfall von Stoffen auftritt. Die als Spaltungsprodukte bekannten Materien sind radioaktive Isotopen, die von der Spaltung des Uran-235 durch Neutronenabsorption herrühren. Diese Spaltungs-

produkte sind unbeständig im Vergleich zu gewöhnlichen Isotopen und geben durch radioaktives Ausschwingen Energie ab. Bedeutende Mengen dieser radioaktiven Spaltungsprodukte sind als Nebenprodukte bei der Arbeit mit Kernreaktoren oder Atomstapeln gewonnen worden.

Versuche im grossen Stil mit der Verwendung von Spaltungsprodukten zur Sterilisierung sind noch nicht genügend lange durchgeführt worden, um sie völlig auswerten zu können. Einige theoretische Arbeit ist jedoch auf die Erforschung dieses Materials im Hinblick auf die Lebensmittelsterilisierung niedergelegt worden.

Verwendung von Antibiotika

Dasjenige hitzeloze Sterilisierungsverfahren, das in den letzten Jahren am bekanntesten geworden ist, ist das Verfahren, das Antibiotika zur Verhütung der Bakterienbildung in Lebensmitteln umfasst. Tatsächlich ist es nicht ganz richtig, dieses Verfahren in die hitzeloze Sterilisierung einzureihen, da die Verfechter dieses Verfahrens der Ansicht sind, dass leichte Hitze angewendet werden sollte, um eine vollkommene Kontrolle des Bakterienwachstums zu ermöglichen sowie Enzyme im Hinblick auf das Sterilisationsgut unwirksam zu machen. Diese leichte Hitze hat jedoch einen derartig geringen Abtötungswert, dass sie für den Zweck dieser Besprechung ausser acht gelassen werden kann.

Die Arbeit von Andersen und Michener (1) hat gezeigt, dass kleine Mengen Subtilin (weniger als 20 ppm) den Lebensmitteln beigegeben und durch genügend Hitze ergänzt, um vegetative Bakterienzellen zu zerstören und Enzyme unwirksam zu machen (10 bis 20 Minuten bei 100°C), die Lebensmittel vor Zerstörung sogar durch thermophile Bakterien ebenso wie durch *Cl. botulinum* und verwandte Organismen schützen. Die eine Theorie besagte, dass die Antibiotika die Zellen während der Sporenkeimung töteten, eine andere wiederum, dass die Sporen selbst getötet wurden. Umfangreiche Forschungsarbeit wurde durch diesen Bericht angeregt, und aus der Arbeit von Bohrer (5), Burroughs und Wheaton (6) und anderer ist dann hervorgegangen, dass Subtilin nur die Sporenkeimung verhindert, und dass *Cl. botulinum* Wachstum in eingedosten Lebensmitteln auch noch nach Behandlung mit Subtilin und geringer Hitze vorkommen konnte. Leider ist Subtilin nicht beständig, und während es von ursprünglicher verzögernder Wirkung auf die Zerstörungserscheinungen ist, hat die Verlängerung der Inkubationszeit ein Keimen der Sporen zur Folge. Versuche sind auch mit einer Verschiedenheit anderer Antibiotika (Aureomycin, Bacitracin, Gramacidin, Penicillin, Streptomycin, usw.) angestellt worden, aber keines wurde gefunden, das auch nur so wirksam gewesen wäre wie Subtilin. Die neuere Arbeit hat gezeigt, dass Subtilin vielleicht eine gewisse Verwendung gegen bestimmte Arten von Zerstörung finden kann, vielleicht als Ergänzung der üblichen Hitzebehandlung, die Aussichten der Antibiotika als sehr wertvoll für die Konservenindustrie sind jedoch nicht allzu hoffnungsvoll.

In seiner Besprechung stellte Bohrer (5) einen umfassenden Kontrollplan zur Festlegung des absoluten oder praktischen Abtötungsvermögens der Antibiotika

auf im Hinblick auf vergiftende und zerstörende Organismen in Lebensmittelkonserven.

Dieser wurde intensive Laboratoriums- und experimentelle Massenuntersuchungen auf *Cl. botulinum* und andere sporenbildende Zerstörerarten in einer umfangreichen Lebensmittelmenge mit sich führen, toxikologische Untersuchungen, chemische Untersuchungen an analytischen Vorgängen, Stärkenordnung usw., ebenso wie eine Erforschung der regulären Aspekte des Problems.

Selbst vorausgesetzt, dass ein Antibiotikum gefunden würde, das für den Menschen weder akut noch chronisch schädlich ist, und das die Vernichtung aller pathogener und giftstoffbildender Mikroorganismen sicherstellt, so wären doch die Schwierigkeiten einer industriellen Verwendung bei den modernen Hochleistungsarbeitsmethoden beträchtlich. Eine häufige Kontrolle der Stärke wäre erforderlich, und die Lösung müsste in jede einzelne Dose genau abgemessen werden. Und dann ist noch wahrscheinlich, dass einige Dosen müssten noch einige Zeit zurückgehalten werden bevor sie versandt werden können, um festzustellen, ob vielleicht eine Zersetzung der Lebensmittel im Entstehen begriffen ist.

Besprechung

Es kann angemessen erscheinen, diese Besprechung mit einer Erwähnung der künftigen Möglichkeiten der vorausgehenden Entwicklung zu beschliessen. Dabei ist es offensichtlich gewagt, zu diesem Zeitpunkt irgendwelche kathegorische Behauptung aufzustellen. Die Annahme scheint jedoch begründet zu sein, dass die Entwicklung der Hoch-kurz-Sterilisierverfahren, die sich des Dampfes oder heissen Wassers oder Luft als Wärmequelle bedienen, fortschreiten wird, und dass die industrielle Anwendung dieses Verfahrens in allernächsten Zukunft weitere Verbreitung finden wird. Die sich auf Elektrizität als Wärmequelle stützenden Verfahren sehen für die industrielle Erschliessung in absehbarer Zukunft nicht versprechend aus; ebenso wenig scheint die industrielle Konservierung von Lebensmitteln mit Hilfe von Antibiotika eine unmittelbare Möglichkeit zu sein.

Sterilisieren durch Strahlung scheint augenblicklich auch keine Gefahr für die bestehenden Verfahren darzustellen. Die Entwicklung auf dem Gebiet der Atomenergie ist jedoch in den letzten Jahren so rasch gewesen, dass sich die Lage in dieser Hinsicht ändern kann.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) ANDERSEN, A. A. und MICHENER, H. D. 1950. Food Technol. 4, p. 188.
- (2) BALL, C. O. 1938. Food Research 3, Nos. 1 & 2.
- (3) ——— 1936. Apparatus for and method of canning, February 4, 1936. U. S. Patent No. 2,029, 303, assigned to American Can Company.
- (4) BOGRES, J. M. und DESROSIER, N. W. 1954. Food Eng. 26, p. 54.
- (5) BOHRER, C. W. 1951. Proc. N.C.A. Techn. Sess. Ann. Conv. 21.

- (6) BURROUGHS, J. D. und WHEATON, E. 1951. Proc. N.C.A. Techn. Sess. Ann. Conv. 25.
- (7) CHARM, C. E., Goldblith, A. A. und Proctor, B. E. 1954. Food Technol. 8, p. 473.
- (8) CLIFCORN, L. E., PETERSON, G. T., BOYD, J. M. und O'NEIL, J. H. 1950. Food Technol. 4, p. 450.
- (9) CONLEY, W., KAPP, L. und SCHUMANN, L. 1951. Food Technol. 5, p. 457.
- (10) EKELUND, E. 1954. Livsmedelsteknik 2, p. 18.
- (11) High Voltage Engineering Corporation.
High Voltage Electron-Beam Sterilization. Bulletin D 1951.
- (12) MARTIN, W. M. 1948. Food Ind. 20, p. 832.
- (13) —»— 1950. The Canner, 111, p. 12.
- (14) ROBINSON, R. F. 1953. Battelle Memorial Institute Publication.
- (15) ROBINSON, R. F. und McMASTER, R. C. 1953. Cathode Press, 10, p. 3.
- (16) ROGERS, T. H. 1947. Proc. Inst. of Radio Eng. and Waves and Electrons 35.
- (17) —»— 1947. Radiology 48, p. 6.
- (18) SLATER, L. E. 1954. Food Eng. 26, p. 52.
- (19) Stanford Research Institute. SRI Project No. 361, U. S. Atomic Energy Commission Contract AT 1950, 1951.
- (20) TROUT, D. E. und GAGER, R. M. 1949. Am. J. Roentgenology and Radium Therapy 62, p. 1.

SELOSTUS:

KANNUTETTUJEN ELINTARVIKKEIDEN STERILISOINTIMENETELMIEN
KEHITYKSESTÄ

OLAVI E. NIKKILÄ

Turun Yliopisto, Turku.

Kirjoituksessa kuvataan kannutettujen elintarvikkeiden steriloinnin viimeaikaista kehitystä.