

14<sup>TH</sup>EUROPEAN MEETING  
OF MEAT RESEARCH WORKERS

BRNO, CZECHOSLOVAKIA

AUGUST 26th - 31st 1968

SECTION

B 13

F. Wirth

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

Der Einfluss des Vakuumverschlusses auf Hitzedurchdringung und Qualitätsmerkmale von Fleischkonserven

Die überwiegend nachteilige Wirkung von Sauerstoff auf Farbe, Farbhaltung und Geschmack erhitzter Fleischwaren ist bekannt. Das Bestreben, Luft und damit Luftsauerstoff aus dem Reaktionsbereich der Fleischware zu entfernen, zählt heute zu den modernen Technologien bei der Herstellung und Verpackung zahlreicher Erzeugnisse sowie bei der Konstruktion neuer Maschinentypen. Auch bei der Hitzesterilisation von Fleischprodukten in festen Behältern zur Herstellung lagerfähiger Konserven wird die Einschränkung der Sauerstoffwirkung durch Luftentzug vor dem Verschluss angestrebt. Das Verfahren ist in einigen Ländern bereits Gepflogenheit, überwiegend wird es bisher jedoch nicht oder nur in beschränktem Umfang angewandt.

Die Überlegungen zu dieser Arbeit gingen davon aus, dass die Erzeugung eines Vakuums im Verhältnis zu veränderten Bedingungen der Hitzedurchdringung und damit zu veränderten Sterilisationseffekten bei der Konservenherstellung führen kann. Bei der Sterilisation im stehenden Autoklaven kann

z. B. eine bestehende Luftschicht zwischen Füllgut- und Behälteroberfläche isolierend wirken. Das gilt vor allem für Behälter mit grossen Deckelflächen und insbesondere beim Vorwölben dieser Deckel und Böden während der Erhitzung. Die Verringerung der Luftmenge im Leerraum des Behältnisses bei Vakuumwendung vermindert diesen Einfluss, führt zur "Einziehung" der verformbaren Teile und damit zum dichteren Anliegen an das Füllgut. Bei einer Sterilisation unter rotierender Bewegung der Dose kommt einem im Verhältnis verbleibenden gasgefüllten Leerraum im Hinblick auf die Hitzedurchdringung des Füllgutes noch erheblich grössere Bedeutung zu. Einer bei End-über-End-Rotation überwiegend entlang der Behälterwandung wandernden Gasblase wird ein Mischeffekt zugeschrieben, der neben dem Strömen von Flüssigkeit (Konvektion) den entscheidenden Einfluss auf die beschleunigte Wärmeübertragung bei diesem Verfahren haben soll.

Uns interessierte daher die Frage, welchen Einfluss ein Luftzug in luftdicht verschlossenen Dosen (Blechdosen) auf die Hitzedurchdringung des Füllgutes während der Stand- und Rotationssterilisation ausübt. Dabei wurde die unterschiedliche Beschaffenheit und Konsistenz einiger typischer, auch für die Rotationssterilisation geeigneter Fleischwaren im Hinblick auf die verändernden physikalischen Bedingungen der Wärmeübertragung berücksichtigt und die Wirkung des Luft- bzw. Sauerstoffentzugs auf organoleptisch erfassbare Qualitätsmerkmale der Produkte geprüft.

Die Untersuchungen wurden an folgenden Produkten durchgeführt:

Rindfleisch im eigenen Saft,  
Schweinefleisch im eigenen Saft,  
Corned beef,  
Leberwurst,  
Gulasch,  
Würstchen in Lake.

Die Zeiten der Hitzedurchdringung bei einer Sterilisationstemperatur von  $120^{\circ}\text{C}$  wurden durch thermoelektrische Messungen im Füllgut bis zum Erreichen jeweils definierter Endtemperaturen zwischen  $110^{\circ}\text{C}$  und  $115^{\circ}\text{C}$  ermittelt. Diese etwas variierenden Endtemperaturen mussten auf Grund der unterschiedlichen Hitzeempfindlichkeit der einzelnen Produkte im Hinblick auf die organoleptischen Prüfungen angewandt werden. Für das Messen in vakuum-verschlossenen Behältnissen wurde eine spezielle Technik entwickelt, die den Verlust des Vakuums verhinderte. Sofern keine randvolle Füllung vorlag, wurde ein Luftraum von 6-7 % des Gesamtvolumens in den Behältern belassen. Wir verwendeten Blechdosen der Abmessungen 99/63 mm; lediglich bei Würstchen betrug das Dosenformat 99/119 mm. Bei Rotationssterilisation fanden 30 U/Min Anwendung. Jedem der in nachfolgender Tabelle ermittelten Werte liegen mindestens drei vergleichende Messungen.

#### Ergebnisse:

##### Rindfleisch im eigenen Saft

Der unterschiedliche Zerkleinerungsgrad des Rohmaterials beeinflusste erheblich die Hitzedurchdringung bei der Stand- und Rotationssterilisation. Während beim relativ lockeren Gefüge der Masse bei grob zerkleinertem Material (ca. 25/30 mm) offensichtlich grössere Strömungsbahnen für den während der Erhitzung entstehenden Fleischsaft erhalten bleiben und damit die Konvektionserhitzung wirksam werden kann, kommt es bei stärkerer Zerkleinerung (5/10 mm) mit fortschreitender Erhitzung zur Bildung eines kompakten Fleischklosses im Zentrum, dessen Erwärmung überwiegend durch Konduktion erfolgen wird und damit längere Erhitzungszeiten verlangt. Bei Standsterilisation ergab sich für die vakuum-verschlossenen Dosen beider Zerkleinerungsgrade jeweils eine deutliche Verkürzung der Sterilisationszeit, die wir auf die Verminderung des Luftraumes mit "Einziehung"

der Deckel zurückführen. Bei Rotationssterilisation zeigten die evakuierten Dosen bei grob zerkleinertem Material nur eine mässig, bei fein zerkleinertem Gut jedoch eine deutlich verlängerte Erhitzungszeit. Wir schlussfolgern daraus, dass unter rotierender Bewegung ein vorhandener Gasraum bei fein zerkleinertem Rindfleisch grössere Bedeutung beim Zustandekommen der beschleunigten Wärmeübertragung hat als bei grob zerkleinertem Material.

In nicht-evakuierten Dosen fanden sich nach der Standsterilisation graue bis graubraune Verfärbungen des Fleisches im Bereich des Kopfraumes. Bei der Rotationssterilisation sind diese Farbveränderungen im Kopfraum geringer, sie verteilen sich abgeschwächt auf das gesamte Füllgut. Kurze Zeit nach der Herstellung waren Unterschiede im Geschmack des Rindfleisches zwischen evakuierten und nicht-evakuierten Behältern nicht deutlich; nach 1-jähriger Lagerung jedoch hatte das Fleisch evakuierter Dosen den frischeren, aromatischeren Geschmack.

Bei Konserven vom Typ "Rindfleisch im eigenen Saft" ist demnach ein Luftentzug vor dem Behälterverschluss mit möglichst hohem Vakuum zu empfehlen. Bei der Standsterilisation sind dabei verkürzte Erhitzungszeiten möglich, bei der Rotationssterilisation dagegen müssen die Werte - insbesondere bei fein zerkleinertem Material - verlängert werden, um zum gleichen Sterilisationseffekt zu gelangen. Eine etwas verlängerte Erhitzungszeit bei der Rotationssterilisation war jedoch für dieses relativ wenig hitzeempfindliche Produkt von geringerem Nachteil als ein ausreichender Luftentzug von Vorteil.

#### Schweinefleisch im eigenen Saft

Dieses Produkt zeigte bei der vergleichenden Sterilisation ähnliche Eigenschaften wie Rindfleisch. Die insgesamt längeren Erhitzungszeiten führen wir auf den erheblich höheren Gehalt an schlecht wärmeleitenden Fettgewebe zurück. Die variierenden Erhitzungszeiten bei grob und fein zerkleinertem

Material unter Stand- und Rotationssterilisation dürfen die gleiche Deutung wie beim Rindfleisch finden.

Auch die Farb- und Geschmackbeeinflussung der Konserven durch den Vakuumverschluss war ähnlich der beim Rindfleisch. Während die Farbveränderungen des Fleisches bei Lufteinfluss sofort nach der Erhitzung sichtbar waren, zeigten sich Geschmacksunterschiede erst nach einiger Zeit der Lagerung der Konserven. Allerdings hatte dann das evakuierte Produkt einen wesentlich frischeren, aromatischeren Geschmack und ergab die wesentlich längere Erhaltung eines guten Genusswertes.

Damit ist auch bei Konserven vom Typ "Schweinefleisch im eigenen Saft" ein Vakuumverschluss mit möglichst hohem Vakuum zu empfehlen. Bei der Standsterilisation wird auch hier eine verkürzte Erhitzung möglich, während bei Anwendung einer Sterilisation unter Rotation des Füllgutes in der Regel eine etwas verlängerte Erhitzungszeit nötig sein wird. Jedoch ist auch hier der Einfluss des Vakuums auf die Qualität des Produktes vorteilhafter als eine etwas längere Hitzeeinwirkung nachteilig ist.

#### Corned beef

Bei Corned beef wurde zwischen zwei in der Zusammensetzung erheblich differierenden Produkten unterschieden, und zwar zwischen Erzeugnissen, denen nach dem Blanchieren (25 % Gewichtsverlust) und Zerkleinern keine oder 25 % Flüssigkeit (Aufgussbrühe) zugesetzt wurde.

Die Standerhitzung ergab für beide Produkte kürzere Erhitzungszeiten bei evakuierten Dosen, wobei das Produkt mit dem höheren Flüssigkeitsanteil die vergleichsweise schnellere Wärmeleitung zeigte. Bei der Rotationssterilisation waren die Werte jedoch differenziert. Das relativ trockene Produkt ohne Brüheaufguss liess nur einen sehr geringen Rotationseffekt erkennen; die etwas schnellere Durchhitzung beim Vakuumverschluss wurde offensichtlich auch hier überwiegend durch das dichtere Anliegen des Be-

hälters erreicht. Dagegen zeigte Corned beef mit einem 25 %igen Flüssigkeitsanteil einen ausserordentlich günstigen Rotationseffekt. Dabei wurde die Flüssigkeitsströmung im Behältnis offensichtlich wesentlich durch eine vorhandene Gasblase unterstützt, denn mit steigendem Luftentzug waren die notwendigen Erhitzungszeiten deutlich verlängert. Sowohl bei der Stand- als auch bei der Rotationssterilisation ergab der Luftentzug Qualitätsvorteile im Hinblick auf die Farbe und den Geschmack der Produkte. Besonders bei Corned beef ohne Brüheaufguss führte der Sauerstoff zu unansehnlichen Verfärbungen und Geschmacksängeln, auch in der Tiefe des Materials. Nach Rotationssterilisation von Corned beef mit 25 % Brüheaufguss wurden die evakuierten Produkte mit der erheblich längeren Erhitzung teilweise besser beurteilt als die zwar wesentlich kürzer erhitzten, aber unter Sauerstoffwirkung stehenden Konserven.

Bei der Standsterilisation erscheint uns daher ein möglichst hohes Vakuum im Behältnis für jedes Corned beef -Produkt angezeigt. Bei der sehr vorteilhaften Rotationssterilisation von Corned beef mit erheblichem Brüheaufguss könnte die Anwendung eines mässigen Vakuums einen Kompromiss bedeuten. Für optimal halten wir auch hier einen möglichst hohen Luftentzug mit anschliessender Füllung des Kopfraumes durch ein inertes Gas. Wir erzielten mit einer Stickstoff-Füllung gute Ergebnisse, indem der volle Rotationseffekt erhalten und der Sauerstoffeinfluss weitgehend ausgeschaltet wurde.

### Leberwurst

Neben der bekannten Hitzeempfindlichkeit erwies sich Leberwurst auch als äusserst sauerstoffempfindliches Produkt.

Die Standsterilisation ergab eine deutlich verkürzte Erhitzungszeit bei vakuumverschlossenen Dosen. Der bei Leberwurst zu erzielende Rotationseffekt war wesentlich von der Emulsionsstabilität und vom Vorhandensein eines Gasraumes im Behältnis abhängig. Je stabiler sich die Emulsion während der Erhitzung erwies, um so bedeutsamer schien auch der

mischende Einflüsse einer Gasblase für eine rasche Wärme-  
führung zu sein. Hitzefeste Emulsionen zeigten in höher evaku-  
ierten Dosen nur noch einen geringen Rotationseffekt; die  
damit notwendige längere Erhitzungszeit schädigte das Pro-  
dukt empfindlich.

Die organoleptischen Prüfungen ergeben regelmässig grosse  
Vorteile für die unter geringerer Sauerstoffspannung erhitz-  
ten Produkte, unter der Voraussetzung, dass die vorausgegan-  
ene Erhitzung nicht zu intensiv war. Die Sauerstoffwirkung  
äusserte sich vor allem in grau-grünen Farbveränderungen der  
Oberfläche (Standsterilisation) bzw. in Ablassungen der  
Farbe des gesamten Produktes (Rotationssterilisation) und  
in einem mehr brennigen, bitteren oder auch alten Geschmack.

Aufgrund der grossen Hitzeempfindlichkeit dieses Produktes  
muss auch unter Rotationssterilisation möglichst rasch er-  
hitzt werden. Demit kann auf einen Gasraum kaum verzichtet  
werden. Die besten Ergebnisse wurden mit stickstoffgefüll-  
tem Kopfraum unter Rotationssterilisation erzielt, wo eine  
kurze Erhitzungszeit und der Sauerstoffausschluss gleich-  
zeitig gegeben waren. Ein Kompromiss kann ein schwaches  
Vakuum im Behältnis sein.

### Gulasch

Bei Gulasch differenzierten wir zwischen einem dick- und  
einem dünnflüssigen Tunkenaufguss von jeweils 40 Gewichts-  
prozent, um den Einfluss der Konsistenz dieses relativ ho-  
hen Flüssigkeitsanteils am Füllgut zu erfassen.

Die Standsterilisation ergab bei beiden Produkten eine  
deutliche Zeitverkürzung der Hitzedurchdringung durch Va-  
kuum im Behältnis. Unter vergleichbaren Bedingungen wurde  
bei diesem Erzeugnis aufgrund des hohen Flüssigkeitsanteils  
am Gesamtprodukt ein besonders grosser Effekt durch Rotation  
gegenüber der Erhitzung im Stand erzielt. Bei einem Vakuum  
im Behältnis waren die Sterilisationszeiten jeweils verlän-  
gert, wobei die Werte zeigen, dass insbesondere bei dick-

flüssiger Tunke einer wandernden Gasblase Bedeutung zukommt. Das bestätigt auch das Messergebnis bei randvollem Tunkeaufguss. Dagegen wird bei dünnflüssiger Tunke der Rotationseffekt offensichtlich überwiegend durch die intensivere Konvektion erzielt.

Die organoleptische Prüfung ergab nach Anwendung der Standsterilisation ein etwas intensiveres Fleischeroma der nach Evakuierung kürzer erhitzten Konserven. Überraschend waren jedoch die Ergebnisse der Prüfungen rotationssterilisierter Produkte. Hier brachte reproduzierbar der Sauerstoffeinfluss im nichtvakuierten Behältnis den typischeren Bratengeschmack und die dunklere (braunere) Farbe der Tunke; wenn wir die Luft im Kopfraum durch Stickstoffgas ersetzen, war dieser Effekt nicht zu beobachten.

Unter den Bedingungen der Standsterilisation ist demnach ein Vakuumverschluss bei Gulasch zu empfehlen. Dagegen sollte bei Rotationssterilisation auf ein Vakuum im Behälter verzichtet werden.

#### Würstchen in Lake

Für Versuche mit Würstchen in Lake wählten wir dickere Kaliber, um Unterschiede in der Hitzedurchdringung besser erfassen zu können. Bei diesem Produkt kommt der Erzielung eines wirksamen Vakuums durch direkten Luftentzug aufgrund der sich dabei ergebenden technischen Schwierigkeiten kaum Bedeutung zu. Ein mässiges Vakuum kann durch Einleiten von Wasserdampf in den Kopfraum erzielt werden. Vielfach ist es jedoch üblich, die Luft durch randvolles Füllen der Dosen mit Lake zu verdrängen. Wir verglichen daher hier nur die randvolle Füllung mit einem belassenen Kopfraum von 7 % im Behältnis.

Die ermittelten Erhitzungszeiten lassen erkennen, dass durch Rotationsbewegung eine ausserordentliche Zeitverkürzung gegenüber der Erhitzung im Stand erreicht wird, einem Kopfraum jedoch im Hinblick auf den Wärmegang keine wesentliche Bedeutung zukommt.

Die organoleptischen Prüfungen ergaben sowohl starke Farbveränderungen (blassere oder graue bis greugrüne Farben) als auch Geschmacksminderungen (flacheres Aroma, später Altgeschmack) bei Einwirkung von Sauerstoff. Während sich bei der Standsterilisation die Veränderungen auf die im Kopfraum befindlichen Würstchenteile beschränkten und hier besonders stark und kontrastierend ausgebildet waren, wurde bei Rotationssterilisation der Sauerstoffeinfluss auf die gesamte Würstchenoberfläche verteilt und führte zu allgemeinen Abblassungen oder bei kompakter Füllung zu Streifenbildungen.

Bei der Würstchen-Herstellung ist demnach ein weitgehender Luftausschluss zu empfehlen, wobei durch randvolle Füllung der Behälter mit Lake der Zweck erfüllt wird.

#### Schlussfolgerung

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen dürfte bei der Standsterilisation ein möglichst grosser Luftausschluss im Behältnis für viele Fleischkonserven vorteilhaft sein. Geringe Luftisolation und das dichtere Anliegen der Wandungen am Füllgut bei Unterdruck im Behältnis ermöglichen kürzere, wirtschaftlichere Erhitzungszeiten. Die Zeitverkürzung betrug bei Verwendung des Dosenkalibers 99/63, 6 - 7 % Kopfraum und einem Druck von 200 - 300 Torr im Behältnis bis zu 20,0 %. Durch die Sauerstoffminderung wurde die natürliche Farbe der Produkte weitgehend erhalten, während es ohne Luftentzug zu unansehnlichen Farbveränderungen im Reaktionsbereich des Sauerstoffes kam. Nach einiger Zeit der Aufbewahrung wurde vielfach auch ein intensiverer, frischerer Geschmack der vakuum-verschlossenen Konserven festgestellt, der auch längere Lagerzeiten bei besserer Genusswerterhaltung erwarten lässt.

Bei der Rotationssterilisation fanden wir - stark beeinflusst von den jeweils produktabhängigen physikalischen Bedingungen der Hitzedurchdringung - teilweise erhebliche Verzögerungen

im Wärmegang bei vakuum-verschlossenen Konserven (bis zu 80 %). Die Untersuchungen lassen dabei den Schluss zu, dass überwiegend bei fein zerkleinerten Gemengen und/oder Füllgütern mit einem Anteil nur mässig strömender Flüssigkeit (Rind- und Schweinefleisch, fein zerkleinert; Leberwurst; Corned beef mit Brühesaufguss; Gulasch mit dickflüssiger Tunke) ein entscheidender, die Hitzedurchdringung beschleunigender Effekt von einer wandernden Gasblase ausgeht. Bei gröber zerkleinerten Gemengen oder solchen mit hohem Anteil gut strömender Flüssigkeit (Rind- und Schweinefleisch, grob zerkleinert; Gulasch mit dünnflüssiger Tunke; Würstchen in Lake) kommt dagegen einem vorhandenen Gasraum nur eine geringe Bedeutung bei der Beschleunigung der Hitzedurchdringung zu. Demnach ist ein gasgefüllter Kopfraum bei den letztgenannten Produkten auch im Hinblick auf den Wärmegang weitgehend entbehrlich. Aber auch bei Füllgütern mit deutlich verzögerter Hitzedurchdringung bei Luftentzug durch Vakuum (Vakuumverschluss) sollte nicht auf die Sauerstoffverdrängung verzichtet werden, denn bei den vorliegenden Untersuchungen war auch die längere Erhitzungszeit für die meisten Produkte weniger nachteilig als die Sauerstoffminderung auf die Gesamtqualität von Vorteil war (Ausnahme "Leberwurst"). Für solche Produkte, besonders für Leberwurst, kann die Sauerstoffverdrängung durch ein inertes Gas (z. B. Stickstoff-Begasung) optimal sein; einen Kompromiss kann man durch die Anwendung eines nur geringen Vakuums im Behältnis erreichen. Bei Würstchen in Lake dürfte die randvolle Füllung des Behälters mit Aufguss die Methode der Wahl zur Sauerstoffverdrängung sein. Die schädigende Wirkung des im Behältnis eingeschlossenen Luftsauerstoffs kann sich nach Rotationssterilisation durch Farbabblassung oder -veränderung des gesamten Füllgutes und durch einen noch schnelleren Geschmacksabbau während der Aufbewahrung als bei der Standsterilisation äussern (intensivere und gleichmässige Verteilung der Luft im Füllgut). Lediglich bei Gulasch fanden wir einen positiven Einfluss des Luftsauerstoffes auf



Produkt		Standsterilisation in Minuten				Rotationssterilisation (30 U/Min.) in Minuten				
		rand- volle Füllung	6 - 7 % Kopfreum		Zeitver- kürzung in %	rand- volle Füllung	6 - 7 % Kopfreum			Zeitver- zögerung in %
			ohne Vakuum	hohes Vakuum (Teildruck 200-300 Torr)			ohne Vakuum	geringes Vakuum (Teildruck 550-650 Torr)	hohes Vakuum (Teildruck 200-300 Torr)	
Rind- fleisch im eigenen Saft	grob zerkleinert (25/30 mm)	-	57	52	8,8	-	32	33	36	12,5
	fein zerkleinert (5/10 mm)	-	67	59	11,9	-	39	44	49	25,6
Schwei- ne- fleisch in eig. Saft	grob zerkleinert (25/30 mm)	-	75	60	20,0	-	44	45	50	13,6
	fein zerkleinert (5/10 mm)	-	88	80	9,1	-	63	72	78	23,8
Corned beef	ohne Brühe- aufguss	-	70	60	14,3	-	66	65	55	-
	25 % Brühe- aufguss	-	62	54	12,9	-	25	32	45	80,0
Leber- würst fein zerkl.	50 % Fett	-	85	71	16,5	-	56	60	67	19,6

Fortsetzung

Produkt		Standsterilisation in Minuten			Rotationssterilisation (30 U/Min.) in Minuten					
		rand- volle Füllung	6 - 7 % Kopfreum		Zeitver- kürzung in %	rand- volle Füllung	6 - 7 % Kopfreum			Zeitver- zögerung in %
			ohne Vekuum	hohes Vekuum (Teildruck 200-300 Torr)			ohne Vekuum	geringes Vekuum (Teildruck 550-650 Torr)	hohes Vekuum (Teildruck 200-300 Torr)	
Gulasch	Tunke dick- flüssig	-	45	38	15,6	35	18	-	25	38,9
	Tunke dünn- flüssig	-	38	33	13,2	25	13	-	15	15,4
Würstchen in Lake (Kal. 32 mm)		31	28	-	9,7	20	18	-	-	-

Tabelle: Vergleichende Hitzedurchdringung verschiedener Füllgüter bei Fleischkonserven in Abhängigkeit vom Erhitzungsverfahren und der Verschliesstechnik (Vekuum-Verschluss)