フィルム包装食品のレトルト殺菌

(第2報) 各種フィルム包装食品の熱特性と保存の例

山野 善正*・小松 美博**・池上 義昭***

Sterilization of Foods in Flexible Packages

Part II. Measurements of heat transfer rate and
storage tests of several packaged foods

YOSHIMASA YAMANO, YOSHIHIRO KOMATSU and YOSHIAKI IKEGAMI

As the result of the comparison of heat transfer rate of flexible packaged foods simulating mixture with that of canned one during high temperature-short time sterilization, heat penetration rate into the flexible package was revealed to be about three times higher than that of the canned one containing the same contents. Heat characteristics of several packaged foods and their storage stability were investigated to obtain the results that good bacteriological storage stability was obtained when sterilized by counter pressure-water cooling system employing the mixture of compressed air and superheated steam.

(Received Sept. 2, 1968)

第1報ではプラスチックフィルム包装食品の加圧殺菌用に試作した蒸気-空気混合パイロットレトルトの熱特性を示し、レトルト圧と袋の内圧と変形の考察から最適温度-圧力使用条件を示した。

包装食品の加熱殺菌においては、内容品の細菌学上および品質上の保存性が重要な問題であり、この観点から個々の食品の適当な殺菌条件を決定することが重要で、そのためには包装食品の熱伝達上の特性を知る必要がある。

細菌の耐熱性と加熱による食品の品質劣化は温度と時間に対して逆の関係にあることは周知の事実であり、最近高温短時間加熱および急速加熱-急速冷却の有効性が提唱され¹⁾²⁾、缶詰その他の包装食品の殺菌において種々の方法^{3)~5)}が実用化されている。

本報では、缶詰とフィルム包装食品の加熱特性を比較し、急速加熱-急速冷却の可能性を検討した結果を述べるとともに、数種食品の加熱特性の測定結果および各種

食品のレトルト殺菌条件と一般生菌数の変化から見た保存結果を報告する。

実験の部

1. 実験装置

第1報で述べた蒸気-空気混合・加圧水冷式立型パイロットレトルトを使用。実効寸法は、高さ約 900 mm、内径約 400 mm。殺菌棚は円孔をあけた 1.5 mm 厚のアルミ合金製の横型殺菌棚を用いた。

レトルト内および包装内温度測定には、径 3 mm の銅-コンスタンタンシールド熱電対を用い、包装内温度測定の場合は、フッ素樹脂製アダプターにて熱電対を密封状態で包装内に固定するようにした。各点とも 30 秒に 1 回の割合で連続的に温度記録ができる。

2. 包装材および試料

缶詰は、#1.0 ホットディップブリキ (板厚 0.285 mm) 製 6 号缶を用いた。内径 74.1 mm、高さ 59.0 mm、内

* 香川大学農学部食品学科 (香川県木田郡三木町池戸)

Department of Food Science, Faculty of Agriculture, Kagawa University. Mikityō, Kagawa.

** 東洋製缶・東洋鋼板総合研究所 (横浜市保土ヶ谷区岡沢町 22-4)

Composite Research and Development Center, Toyoseikan and Toyokohan Co. Hodogaya-ku, Yokohama.

*** 東洋食品研究所 (兵庫県川西市南花屋敷 4-23-2)

Toyo Institute of Food Technology. Kawanishi, Hyogo.

容積 223.2 cc である。フィルム包装材は 165×200 mm および 135×200 mm 大のラミネートフィルム (12 μ PE T×50 μ PE) の袋を用いた。

内容品は、熱伝達測定標準品として 10% ベントナイト-90% 水混和物 (溶液状)、25% ベントナイト-75% 水混和物 (ケーキ状) を用い、その他 1% 食塩水および各種食品とくに調理食品を主として用いた。25% ベントナイト試料では包装厚みを 20 mm とした。

第1図 フィルム包装と缶詰の加熱曲線

条件: 110°C, 60分, 0.65 kg/cm² 蒸気比 85 %
 イ: 10% ベントナイトフィルム包装, 厚み 20 mm
 ロ: 10% " 6号缶詰
 ハ: 25% " フィルム包装, 厚み 20 mm
 ニ: 25% " 6号缶詰

第2図 フィルム包装と缶詰の熱伝達曲線

条件: 110°C, 60分, 0.65 kg/cm², 蒸気比 85 %

第1表 フィルム包装と缶詰の熱伝達の比較

記号	内容品	包装容器	蒸気吹込後 100°Cまでの 時間	j-値	f _h -値 (蒸気吹込後 継続時間)
イ	10% ベントナイト	フィルム 包装	15.5分	1.18	8.0分 (6~16分)
ロ	"	6号 缶	21.0	0.94	15.2 33.0 (6~20 23~51)
ハ	25% ベントナイト	フィルム 包装	18.0	1.99	8.8
ニ	"	6号 缶	40.5	1.99	28.8

3. 実験法

2. で述べた方法で温度変化を記録し、加熱曲線と熱伝達曲線を描いて f_h 及び j の値を求めた¹⁾⁶⁾。

殺菌後の保存は、冷蔵 (5°C)、室温 (15~25°C)、または 37°C 恒温室にて行ない、一般生菌数は厚生省の衛生検査指針⁷⁾に従い平板寒天培養法により測定した。

結果および考察

1. 缶詰とフィルム包装食品の熱特性

第1図および第2図に、10% および 25% ベントナイトを 200 g ずつそれぞれの容器に充填したものにつき、110°C 処理における加熱曲線と熱伝達曲線を示し、第1表に熱特性値をまとめて示した。

(1) 10% ベントナイトは加熱前は液状であり、熱伝達是对流が支配的と考えられるが、加熱途中 100°C 近傍で f_h が変化しているのは加熱により相変換をなしたものと推定される。

(2) j 値はそれぞれの内容品でほぼ一致し、熱的に同一物質であることを裏づけている。

(3) 25% ベントナイトの f_h は 10% ベントナイトのそれよりもかなり大きい。フィルム包装の $f_h=8.8$ は 10% ベントナイトの缶詰の $f_h=8.0$ に近い。25% で

の容器間の f_h の比は 8.8:28.8 となり、フィルム包装は同一内容品、同一容量で缶詰に比べて急速加熱が可能であることがわかる。これは缶詰よりフィルム包装のほうが熱伝達が速いと推察した NELSON ら⁸⁾の説を裏づけている。

(4) 蒸気吹込後、内容品の中心が 100°C まで達する時間もかなり差があり、作業短縮の意義も深い。

(5) 熱伝達が伝導のみによると仮定した場合の缶詰の f_h の解析⁹⁾において、円筒型と平板型の缶詰の f_h はそれぞれ次の理論値を与える。

$$\text{円筒型: } f_h = \frac{2.303}{5.78 \left(\frac{l_c}{a} \right)^2 + 9.87} \times \frac{l_c}{k} \quad 1)$$

$$\text{平板型: } f_h = \frac{2.303}{9.87} \times \frac{l_f}{k} \quad 2)$$

ここで、 k : 内容品の温度伝導度、 l_c : 円筒型缶詰の高さ、 a : 同半径、 l_f : 平板型缶詰の高さ (厚さ)。

フィルム包装品を平板型缶詰と同型とみなせば、本実験では、 $a=3.7$ 、 $l_c=5.9$ 、 $l_f=2.0$ (cm) であるから、こ

これらの値を代入して2)式に対する1)式の f_h の比を算出すると、3.5という値を得る。25%ベントナイトは伝導のみによって熱伝達が行なわれているとして上と同様に実験値の f_h の比をとると $28.8 \div 8.8 \div 3.2$ となり、理論式による比とほとんど近い値を与える。これは、缶詰とフィルム包装の熱伝達性はそれらの素材がきわめてうすいために、表面熱伝達係数による差が生ぜず¹⁰⁾、むしろ

容器の形状によるものが大きく⁸⁾、フィルム包装は平板型缶詰と同じ手法で熱伝達を解析できるという考え¹⁰⁾を支持している。

2. 各種食品の熱伝達

代表的な f_h 値を示すものから、第3図に1%食塩水、第4図にソフトスパゲティ（ゆであげたスパゲティ）、第5図にブロイラーの加熱曲線と熱伝達曲線を示した。

1%食塩水は主として対流により熱伝達が行なわれていると考えられ f_h は小さいが、立型殺菌棚を用いて袋を立にすれば、PFLUGらの水による値($f_h \div 2$)¹¹⁾に近くなるものと考えられる。ソフトスパゲティの f_h が大きい原因は、その厚み以外にスパゲティの1本1本の間に熱的な不均一部分が存在することが推定される。ブロイラーは熱伝達が非常に遅く、物理的、化学的な品質の劣化を防ぎ（殺菌温度を低く、殺菌時間を短くする）ながら、耐熱性菌の汚染が予想されるブロイラーの完全殺菌は非常にたいことが考えられる。

第2表には、図示したものも含めて主として惣菜の殺菌条件と熱特性を示した。参考として、プラスチック成型容器にフィルムシールしたもの（ヒートシールキャン）の例も示した。これらは形状から f_h は円筒缶詰に似た傾向の値を示している。

3. しゅうまいとソフトスパゲティの殺菌

殺菌条件を変えた場合の、一般生菌数の増加からみた保存結果をしゅうまいとソフトスパゲティについて、それぞれ第3、4表に示した。

(1) しゅうまいは野菜、胡椒など耐熱性菌の汚染が予想されたが、110°C、60分の殺菌を行なえば、37°C、60日保存で生菌数が

$10^3/g$ 以下であり、十分に殺菌の目的を達した。

(2) ソフトスパゲティは100°C、40分の処理で37°C、14日保存で生菌数が $10^3/g$ 以下となっている。105°C、60分処理では37°C、30日でも $10^3/g$ 以下であるから、かなり殺菌しやすいといえる。

第3図 1%食塩水の加熱・熱伝達曲線

条件: 104°C, 60分, 0.85 kg/cm², 蒸気比 63%, 包装厚み 20 mm

第4図 ソフトスパゲティの加熱・熱伝達曲線

条件: 100°C, 40分, 0.6 kg/cm², 蒸気比 62.5%, 包装厚み 30 mm

第5図 ブロイラーの加熱・熱伝達曲線

条件: 105°C, 80分, 1.2 kg/cm², 蒸気比 55%, 包装厚み 40 mm

第2表 各種食品の熱特性

内 容 品	内 容 量	包装厚み	真 空 度	処理温度	処理時間	処理圧力	蒸 気 比	f _h -値	j-値
	(g)	(mm)		(°C)	(分)	(kg/cm ²)	(%)	(分)	
1 % 食 塩 水	200	20	ほとんど完全	104	60	0.85	63	4.6	0.40
ブ ロ イ ラ ー									
生 ブ ロ イ ラ ー	800	50	完 全	105	60	1.5	48	45.5	2.42
焼上りブローラー	500	40	//	105	80	1.2	55	32.2	1.11
調 理 品									
ミ ー ト ボ ー ル	130	20	ほとんど完全*	115	60	1.4	71	13.1	1.46
おでんごぼう巻	200	25	//	105	40	0.8	67	8.1	0.87
ハンバーグステーキ	150	20	65 cmHg**	115	60	1.4	71	23.8	0.52
カ レ ー	250	28	完 全	120	33	1.5	66	13.1	0.85
小 麦 粉 製 品									
し ゅ う ま い	330	25	完 全	115	60	1.2	77	16.2	0.93
焼きぎょうざ A	150	20	//	105	50	1.0	60	12.0	1.61
// B	150	18	//	105	40	1.2	55	16.7	1.24
// C	150	20	//	113	35	1.3	69	17.0	1.23
// D	150	20	65 cmHg	113	35	1.3	69	17.5	1.33
スパゲティイタリアン	200	30	60 cmHg	110	60	1.0	70	26.0	0.89
ソフトスパゲティ	200	30	70 cmHg	100	40	0.6	62.5	20.0	1.34
そ の 他									
さやえんどう	50	10	完 全	104	20	1.2	53	8.3	1.00
白 豆 煮 豆	120	25	//	116	43	1.2	79	11.3	0.58
ヒートシールキャン入***									
米 飯	340	30	完 全	105	60	1.2	55	12.3	0.84
豆 腐	200	30	空 気 残 存	105	33	0.8	67	21.5	1.31
苺 ジ ャ ム	150	35	//	105	60	1.2	55	29.2	—

注: *...水分があるため完全に真空シールできないもの。 **...真空シーラー (柏木式) の目盛を示す。袋内真空度は不明。

***...参考。耐熱性ポリエチレン成型容器に上面をフィルムシールしたもの。

第3表 しゅうまいの殺菌条件と保存結果

内 容 量	殺 菌 法	処理温度	処理時間	レトルト圧力	蒸 気 比	保存温度	保存期間	一般生菌数
		(°C)	(分)	(kg/cm ²)	(%)	(°C)	(日)	(/g)
9 個入, 130 (g)	湯 殺 菌	95	40	—	—	37	3	10 ⁶ ~10 ⁷
// , 130	//	95	40	—	—	室温 10	7	10 ³ ~10 ⁴
// , 130	レトルト殺菌	105	40	0.8	67	37	22	10 ³ ~10 ⁴
15 個入, 160	//	110	60	1.0	70	37	60	<10 ³
// , 160	//	115	40	1.2	77	37	60	<10 ³

注: 包装厚み...25 mm, n=3

供試試料はごく一般的に処理された製品ではあるが、同じ食品でも製品により菌汚染度が異なり、上の結果はそのまま普偏性があるとはいえないのはもちろんである。

食品によっては、加熱による物理的、化学的变化があり、従来缶詰でなされてきた品質改良（たとえば添加剤の使用、前処理条件の考慮など）と同じような工夫がと

きには必要であり、フィルム包装品、とくに本実験で用いた耐熱性 PET-PE フィルムでは気体透過が無視できず、保存中の内容品の化学的变化が生じやすい。本報では、一般生菌数からみた保存試験について述べたが、簡単な結果は第2回食品包装研究協議会資料にも一部掲載されている¹²⁾。

第4表 ソフトスバゲティの殺菌条件と保存結果

内容量	処理 温度	処理 時間	レトルト 圧 力	蒸気比	保存 温度	保存 期間	一 般 生菌数
(g)	(°C)	(分)	(kg/cm ²)	(%)	(°C)	(日)	(/g)
200	100	20	0.6	62.5	37	14	10 ³ ~10 ⁶
200	100	40	0.6	62.5	37	14	<10 ²
200	105	20	0.8	67	37	14	<10 ²
200	105	40	0.8	67	37	14	<10 ²
210	105	60	0.8	67	37	30	<10 ²
210	110	40	1.0	70	37	30	<10 ²

注：包装厚み…30 mm, n=3

要 約

缶詰とフィルム包装食品の加熱処理の比較では、フィルム包装が平板状であるため、同一内容品、同一容量では、フィルム包装のほうが遙かに急速加熱できる。

各種食品の熱特性を測定したところ、包装厚みのある限度に保つことによってフィルム包装の特長が生かされることがわかった。

実際の包装食品の殺菌の例として、しょうまいとソフトスバゲティについて示した。

個々の食品の殺菌条件は、その食品の対象細菌を検索し、その耐熱性および致死曲線と食品の熱伝達性から決定されねばならない。

文 献

- 1) BALL, C.O. and OLSON, F.C.W.: Sterilization in Food Technology, (McGraw-Hill), (1957).
- 2) BALL, C.O., et al.: *Asrae J.*, 5, (6), 93-111, 144, 146 (1963).
- 3) ZIEMBA, J.V.: *Food Eng.*, 36, (3), 122 (1964).
- 4) PFLUG, I.J. and ESSELEN, W.B.: *The Glass Packer*, (6), (1954).
- 5) BALL, C.O.: Ultra high temperature sterilization, 1st international congress of food science and technology, Vol. 4 (Gordon and Breach), (1965).
- 6) BALL, C.O.: *Bull. Nat. Res. Council*, 7, Pt. I, 37 (1923).
- 7) 厚生省：衛生検査指針Ⅲ, 食品衛生検査指針(Ⅱ), (協同医書出版), (1951).
- 8) NELSON, A.I. and STEINBERG, M.D.: *Food Eng.*, 28, (1), 92 (1956).
- 9) 川山太左英：缶詰時報, 34, (12), 36 (1955).
- 10) 山野善正・小松美博・岸本 昭：日本食品工業学会第13回大会講演, (1966). *Food Technol.*, 投稿中.
- 11) PFLUG, I.J., et al.: *Food Technol.*, 17, (9), 87 (1963).
- 12) 日本食品包装研究会：第2回食品包装研究協議会資料, 調理食品の包装問題 (レトルトパウチによるシューマイ袋詰実用化例), p. 60 (1968).
(1968年9月2日受理)