

“ロトマト”廻転殺菌機の性能試験—I

濃縮スープ大型缶詰の殺菌加熱に際して、静置式レトルト
と比較した“ロトマト”廻転式レトルトの性能

志賀岩雄・池上義明

PERFORMANCE TESTS OF ROTARY STERILIZER “POTOMAT”—I.

EFFICIENCY OF “ROTOMAT” COMPARED WITH STATIONARY RETORT IN STERILIZING CONDENSED SOUP PACKED IN A LARGE CAN.

Iwao Shiga and Yoshiaki Ikegami

Summary

Sterilization tests of the condensed corn soup and condensed vegetable soup packed in 401×411 cans were carried out to know the performance of the rotary sterilizer “ROTOMAT” imported from Germany.

The efficiency of “ROTOMAT” (40 r.p.m.) in sterilizing canned condensed soup was very excellent compared with that of the stationary “still” heating retort as the test results described in Fig. 1 and 2 (or 3 or 4) show clearly and conclusively. In this test, sterilizing value, F_0 value was fixed to 15 min. In order to determine the thermal processing time to meet $F_0=15$ min, the formula method developed by Ball⁴⁾ was adopted in the case of Fig. 1, but in the cases of Fig. 2, 3, and 4 the graphical method after Bigelow, et al.^{2,4)} was adopted.

To measure the area under the lethality curve, a planimeter was used. At first, sterilizing values which were included in both of heating (=heating until the temperature at can center comes up to the retort temperature, 250°F) and cooling parts were determined, and the combined value was subtracted from the fixed F_0 value, then the temperature of canned soup was held at 250°F for the calculated remainder time after the temperature at the center of canned soup came up to retort temperature, 250°F.

The value of thermal diffusivity, k for the tested condensed corn soup calculated incidentally from the datum in the test a-1 was about 0.07/(sq. cm.)/min., which is slightly lower than that of water.

結 言

缶詰の殺菌加熱中、加熱媒体から缶詰内容物に熱の伝達される速さの重要性に着目して、その測定を行ったのは、Prescott & Underwood (1898)¹⁾であるが、Bigelow 等²⁾ (1920) は熱処理の間に缶詰をゆり動かし内容物に攪拌作用を与えることによって熱伝達の速さを加速して殺菌に必要な加熱時間および冷却時間を著しく短縮できるだけに止まらないで、内容物の均等加熱を可能にし、製品の品質をたかめる上に優れた効果をあげることができるという当時としてはすば

らしい業績を発表された。煩雑を避け一々文献を掲げることを避けるが、それ以来それぞれそれなりの特徴を備えた各種の動揺加熱殺菌機が考案され、公表されて、缶詰製造上に貢献されて来ているが、本報告の対象になっている“ロトマト”廻転加熱殺菌機もその一つで、ドイツの Mittelhäuser u. Walter から本学が学生の教育用に輸入した研究室用小型のものであるが、本機を使用して、比較的大型缶(401×411)に詰めた濃縮スープ缶詰の殺菌を行った場合、静置式レトルトを使用した場合に比較にしてどの程度にレトルトの操作時間を短縮し、内容物の品質向上に資することができるか等についての試験依頼を某社より求められ、実施し、その結果注目すべき知見を得たので、試験の依頼をうけた某社の了解を得て、以下にその概要を報告し業界の参考に供することとした。

試験缶詰と性能の比較実験法

1) 使用レトルト

a) 静置式レトルト：4車入アストリア型レトルト。加熱媒体はスチーム。

b) 廻転式レトルト：研究室用小型“ロトマト (Rotomat)”。加熱媒体は水であるが、水の加熱はもちろんスチームによってなされる。本機の構造や機構の概要は第2報に譲ることとするが、レトルト内の廻転ドラムには径 3 cm の小孔を 8 cm 間隔に穿った 4 枚の羽板が中心の廻転軸に各直角をなして十文字に取付けられ、その上に缶詰を置いて羽板間に缶詰を可能な限りの缶数を収容する。ただし羽板に試験缶詰を直接に置くと、羽板の小孔が塞がれて加熱媒体の還流の妨げになることもありうることを顧慮して荒目で丈夫な金網の透合を約 2 cm 羽板より隔てて装置し、其上に缶詰を置くようにした。廻転によって缶詰が動き相互に衝突し合わぬよう金網を三角状に折曲げたものを上部に位置した缶詰と缶詰を収容した廻転ドラムの内壁面とのコーナーに生じた空間に挿入した。ドラムの廻転速度を 40rpm に調節した。

2) 試験缶詰

缶の寸法は、401×411でわが業界の呼称によると No.2 であるが、U. S. Cannery Designation によると No. 2½ である。内容物は某社の処方による濃縮トウモロコシスープ (Condensed corn soup) と、濃縮野菜スープ (Condensed vegetable soup) とであって、物理的状态は頗る濃稠なものである。処方の内容については依頼をうけた某社の極秘にぞくするものであるので残念ながら記載不能である。ただし以下に報告のものはコンデスド・コーンスープに止める。

実験結果

この実験に使用した内容物の缶詰の殺菌加熱に当っては先ず考慮されねばならないことは、この種の缶詰の変敗に関与する熱抵抗力の大きな好熱細菌をコントロールするということに殺菌加熱程度設定の重点を置くことである。

一般にこの種の缶詰の殺菌に適用される F_0 値を 14~16に置くことが適当と思われる³⁾。ただ

し *C. botulinum* を問題にするのであれば $F_0 = 3$ で十分である。

a) 静置式アストリア型レトルトを使用して殺菌した場合に必要な加熱時間。

殺菌温度に 250°F を使用し、上記の理由から $F_0 = 15$ に規定し、殺菌値 F_0 が略15に達するのに必要な加熱時間を濃縮コーンスープ缶詰の熱伝達の速さを測定した結果から Ball の formula method⁴⁾ によって計算することにした。

実験-a1.

殺菌温度 (RT) : 250°F .

缶詰の初温度 (IT) : 175°F

内容量 : 約 830 g

加熱殺菌時間中における缶詰の略幾何学的中心点の時間-温度関係を片側対数方眼紙上に、対数側に (RT-CT) をとって示すと Fig. 1 のような曲線を描く。ただし CT は缶詰の略幾何学的中心点の温度を示す。

Fig. 1 に示されているところから明らかなようにこの加熱曲線の勾配 fh は 108分、 $jI = 74^\circ\text{F}$ である。それゆえ所求の殺菌値を満足させるに必要な所要時間は次の通りである。

$$F_0 = \left(\frac{fh}{U} \right) \cdot F_i \dots\dots\dots 1$$

で、所求の $F_0 = 15$, $fh = 108$, 殺菌加熱温度は、 250°F であるから $F_i = 1$ である。したがって：

$$\frac{fh}{U} = \frac{108}{15} = 7.2 \dots\dots\dots 2$$

$$\frac{fh}{U} : g \text{ 表から } \frac{fh}{U} = 7.2 \text{ に対応する } g \text{ の値を求めると } g = 7.2 \text{ になる。}$$

したがって必要な加熱時間 (Bb) を求めることができる：

$$Bb = fh (\log jI - \log g) \dots\dots\dots 3$$

式3に既知の数値を代入すると：

$$Bb = 108 (\log 74 - \log 7.24) = 108 (1.87 - 0.855) = 108 \times (1.015) = 109.6 \text{ (分)}$$

ここに算出された時間にはレトルトの温度上昇時間15分の40%*が含まれている訳であるからレトルトが 250°F に到達して後、レトルトが同温に保持された時間は $109.6 - 6 = 104$ 分である。

* : Ball, C. O. の実験結果では平均42%であるが、40%としても大きな差がでる訳でないので計算を簡単にするため40%とした。

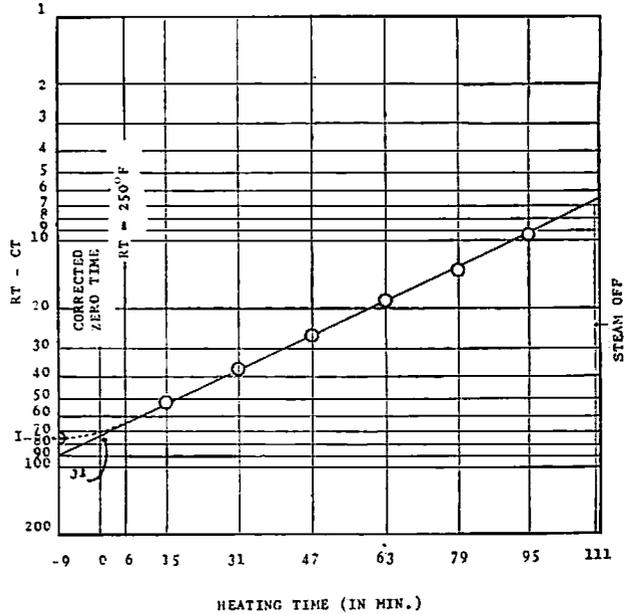


Fig. 1 Heat penetration curve for a 401 x 411 can of condensed corn soup processed in the stationary sterilizer "ASTORIA TYPE RETORT", and heating time necessary to satisfy the sufficient sterilization condition $F_0 = 15$. Initial temperature = 175°F ; content = ca. 830g.

したがって、これにレトルトの温度上昇時間を加算すればレトルトにスチームを送入して殺菌加熱操作に着手した瞬間から、起算しての加熱に要した時間は：

$$104分 + 15分 = 119分$$

の時間を必要とする計算になり、さらにその冷却に可成りの時間を必要とすることはいうまでもないことである。なお、上記計算に関連をもつ (m+g) は 180°F を仮定した。

そこで以上のデータから結論的にいえることは、静置式“アストリア”型殺菌機を使用し、熱間充填密封法によって、401×411のサイズの缶に濃縮コーンスープ約830グラム詰めた缶詰で、初温度を 175°F にコントロールし、その上レトルトの温度上昇時間を 15分に規定すれば、この種の缶詰の殺菌に必要な殺菌価 $F_0=15$ を満足させるため、250°F のレトルト温度を使用して、レトルトの温度が上昇後約104分の加熱を必要とし、レトルト操作開始時間から起算すれば加熱作業だけに119分(約2時間)もの時間を要する。

b) 廻転式“ロトマト”殺菌機を使用して殺菌した場合に必要な加熱時間。

殺菌温度 (RT) : 250°F.

殺菌機の廻転数 : 40rpm

缶詰の置方 : 横にねかす。

所求の $F_0=15$ を得るために必要な加熱時間の算出は、温度上昇時間プラス冷却時間中の殺菌価を graphical-method³⁾ によって求め、その値を所求の F_0 価より差引いた残りの値を満たすに十分な時間缶詰の温度を 250°F に保持するようにした。上記の (温度上昇時間)+(冷却時間) 中の殺菌価を graphic 法で求める際 lethality curve 下の面積を planimeter を使用して測定した。結果は次の通りである：

実験-b1.

缶詰の初温度=174.9°Fの場合、得られた結果は、Fig. 2 に図示の通りで、殺菌機の操作開始

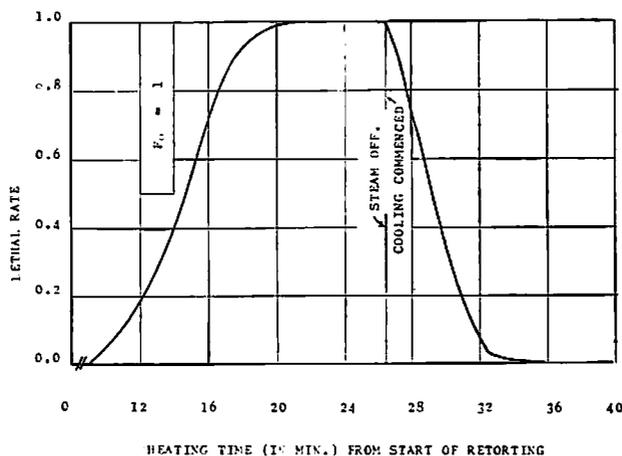


Fig. 2 Lethality curve for a 401×411can of condensed corn soup processed in the rotary sterilizer "ROTOMAT", with setting revolutions of the turning device at 40 rpm. Lethal value ($F_0=15$) is represented by the area under the curve. Content=ca. 830g; initial temperature=174.9°F.

後僅かに約26.5分での加熱に必要な殺菌効果（もちろん冷却期間中のものも含まれたものである）が得られている。これを比較可能な初温度 175°F の缶詰を静置式“アストリ”型レトルトで殺菌加熱した場合に所求の殺菌価 $F_0=15$ を得るのに要した時間、すなわちレトルトの操作開始後の所要時間119分に比較して僅かに $\frac{1}{4.5}$ にすぎないことが示され、其効率の良さは、思い半ばにすぎることがあるといえる。

実験-b2.

缶詰の初温度が前記の2例よりも低い158°Fのもので実験した結果を記載すると Fig. 3 の通りで、殺菌価の計算に乗る温度に缶詰の中心温が到達するのに実験-b1.の場合よりも少々長く約12分を要し（缶詰の初温度の低温に起因）、殺菌加熱終了に要した時間は35分である。それにしても、それより可なり初温度の高い缶詰（175°F）を殺菌するのに使用の静置式殺菌機で必要とした時間の $\frac{1}{8.4}$ に短縮された。

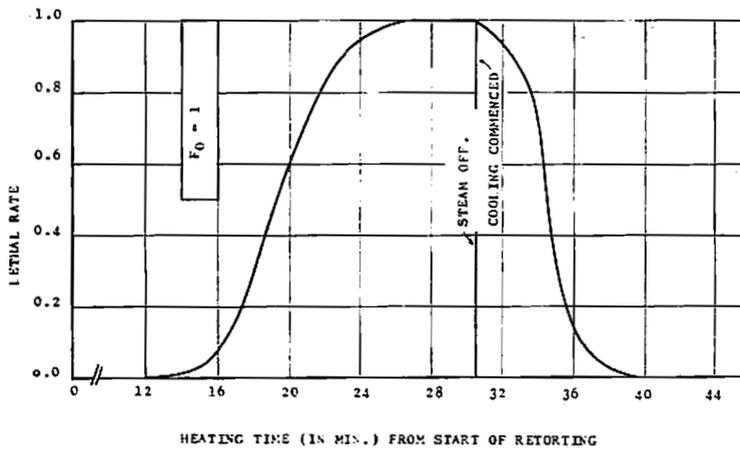


Fig. 3 Lethality curve for a 401x411 can of condensed corn soup processed in the rotary sterilizer "ROTOMAT", with setting revolutions of the turning device at 40 rpm. Lethal value ($F_0=15$) is represented by the area under the curve. Content=ca. 830g; initial temperature=158°F.

実験-b3.

以上の3例の場合よりもさらに低い初温度 73.4°F の缶詰で実験した結果は Fig. 4 に図示の如くで、殺菌価の計算に乗る温度に缶詰の中心温度が達するのに約38分を要し、 $F_0=15$ を満足させるのに要した時間は缶詰の中心温度が 250°F に到達した時をもってすれば十分で、それに要した時間は63分である。しかし、なお静置式殺菌機で、高い初温度の缶詰での殺菌時間に比較しても $\frac{1}{2}$ の短時間である。なお内容物量も大きくしていることに注意されると共に lethality curve の上昇形が b-2, b-3と相違していることに注目されたい。

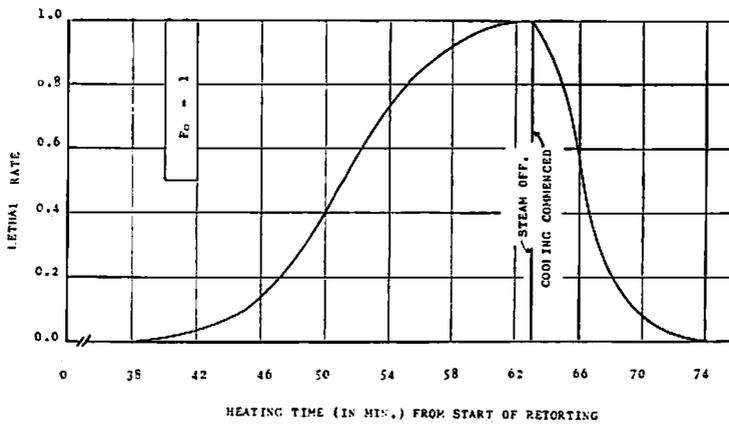


Fig. 4 Lethality curve for a 401×411 can of condensed corn soup processed in the rotary sterilizer "ROTOMAT", with setting revolutions of the turning device at 40 rpm. Lethal value ($F_0=15.5$) is represented by the area beneath the curve. Content=ca. 860g; Initial temperature=73.4°F.

考 察

缶詰の内容量および初温度の略等し 実験-a1 と 実験-b1 と比較すれば、必要な殺菌加熱の熱処理を缶詰に適用する上において如何に廻転式殺菌機“ロトマト”が優れた性能を有しているかがわかる。すなわち約 $\frac{1}{4}$ の短時間で加熱作業がすまされるためバッチプロセスのサイクルを短縮して作業能率を増大させることの大ききことが、その一つである。コンデンスドスープのような内容物では缶外より缶中心部へ向う熱流は物理的にみて、主として熱伝導によるものであって、その上 a-1 の測定資料から計算したところによると温度伝導度(thermal diffusivity)として $*k=0.07$ (sq. cm/min)を与えるような不良導体であるから静置加熱殺菌法によって大型缶詰を加熱すれば缶詰の中心部の内容が殺菌に必要な熱にさらされるまでには甚だしく長時間を要し、その間缶壁に接して存在する内容物が著しく過度の加熱にさらされることを余儀なくされ、その部分の内容物は焦臭味をおび、かつ暗色化の傾向をみせるにいたることは理の当然であるとみななければならないが、b-1 の実験にみられるように缶詰の高速廻転が加熱中に加えられると内容物各部の旺盛な混合作用が付与されることとなって内容物の局部的過度加熱が著しく弱まり、均等加熱に近づき、しかも全体としての温度上昇時間が著しく短縮される結果、自然、殺菌に必要な加熱時間も必然的に著しく短縮されるため製品の品質は静置式加熱殺菌法による製品に比較して、顕著に改善向上できることは、この試験の依頼をうけた会社より試験缶詰の品質について称讃をうけたことに明かなように殺菌加熱中にうける内容物の局部過熱作用に起因する熱傷害による品質低下を抑制できることは、その第二の廻転殺菌機の性能の良さを示すものといえる。なお以下に付記して置きたいことは廻転殺菌機を使用する場合でも、内容物の物理的性質によっては、実験

$$*k = \frac{K}{(\text{比熱}) \times (\text{比重})} \quad \text{但し } K = \text{熱伝導度 (thermal conductivity)}$$

b 2, b 3, および b 4 に見られるように缶詰の初温度の高低が可なり大きく影響するので、熱間充填密封後レトルトに入れるまで等温の保持管理が必要である。それにはシーマーを出た缶詰が必要な恒温に保温された熱湯タンク内のバスケット内に落ちレトルトに移されるまでその内に放置されるようにすることが一案として考えられる。そしてこのような方法を採用する場合、タンク内に放置される時間が長くなりすぎないように適量の収容力を持った比較的小型のレトルトを選ぶことが必要であろう。

今一つ付記すべき必要のあることは Fig. b4 の lethality curve にみられるように内容量が多くなりすぎると加熱曲線の勾配が多少とも異なる傾向のあることに注目することである。

要 約

廻転式殺菌機一種“Rotomat”の性能を知るため、401×411の缶にコンデッド・コーン・スープを詰めた缶詰を材料にして、この種の缶詰の殺菌に要求される殺菌価 $F_0=15$ をうるのに必要な加熱時間を測定し、静置式殺菌機アストリア型レトルトで殺菌加熱して得られた試験結果についてのデータと比較して、この種の缶詰の殺菌に“Rotomat”は極めて優れた性能を示すことを知ることができた。すなわち初温度 175°F の缶詰では静置式レトルトによる加熱時間の約 $\frac{1}{4}$ の短時間で等価の殺菌のできることを知った。

感 謝

この試験に使用の資料の調製に努力された某社の社員の方々、および何よりもこの種の缶詰についての比較試験の機会を与えられ、その結果についても忌憚のない批評を加えられ、しかもその結果について発表を許された某社における常務で本著者の一人志賀の畏友A氏に対し深く謝意を表する次第である。

また Rotomat の据付調整に非常なお骨折を煩わした本学の村上勝氏に対しても厚く謝意を表します。

文 献

- 1) Ball, C. O., 1938. Advancement in Sterilization Methods for Canned Foods. Food Res., 3, 13-15.
- 2) Bigelow, W. D., et al., 1920. Heat Penetration in Processing Canned Foods. NCA. Bull. 16-L, Washington, U.S.A.
- 3) Stumbo, C. R., 1965. Thermobacteriology in Food Processing. p-116, Academic Press. New York, U.S.A.
- 4) Ball, C. O., 1923. Thermal Process Time For Canned Foods. National Res. Council, Bull. 7, Part 1, No.37.
Ball, C. O., 1928. Mathematical Solution of Problems on Thermal Processing of Canned Foods. Univ. Calif. Pub. in Public Health 1 (2).
Ball, C. O., & Olson, F. C. W., 1957. Sterilization in Food Technology. MacGraw Hill Book Co., Inc., New York, U.S.A.
Cheftel, H., & Thomas, G., 1963. Principes et Méthodes pour l'établissement des barèmes de sterilisation des Conserves Alimentaires., Paris, France.
志賀岩雄訳, 1967. 缶詰食品の殺菌算定の原理と方法. 東洋食品工業短期大学. 兵庫県川西市.