包装餅の General method による適正高温殺菌条件の 算出について*

山口 尹通**・生島 文雄**・小松 美博**・岸 本 昭**

Calculation of adequate processing conditions of the Heat Sterilization of Packaged "MOCHI" Rice Cake using General Method

KANEMICHI YAMAGUCHI, FUMIO IKUSHIMA, YOSHIHIRO KOMATSU
and AKIRA KISHIMOTO

Heat penetration rate to the center of packaged rice cake under the heating at various temperatures was measured. From the results of heatpenetration curves into packaged rice cake and the thermotolerance of the isolated bacteria, adequate processing times at various temperatures were calculated by Bigelow's General Method. The processing conditions for packaged rice cake were 115°C for 19.8 minutes, 120°C for 18.2 minutes, and 125°C for 15.1 minutes, respectively. The browning of rice cake, thus sterilized, was more or less greater than the customarily pastuerized, but the extent of browning was not so serious visually. (Received Aug. 25, 1970)

前報¹⁾において包装餅の変敗菌はいずれも高い耐熱性を持つことが明らかとなり、これを完全に殺滅するためには高温加熱が必要であることを知った。したがって、包装餅の完全殺菌化を計るに当たっては、変敗菌を死滅させ、しかも官能的にも栄養的にも餅の品質への悪影響を最小限度におさえ得る適正加熱殺菌条件を選定することが必要である。

従来、缶詰に対しては、その長期貯蔵商品としての性格上、殺菌が数学的に取扱われ、容器の各形状、種々の内容品について、いわゆる缶詰殺菌理論が確立されている^{2)~5)}。

今回は、包装餅変敗菌の耐熱性と各加熱温度における包装餅の熱伝達曲線を測定することにより、上記缶詰殺菌理論のうち、BIGELOW の General method により適正な殺菌条件が算出することができるのを知ったのでその結果を報告する。

実験試料および方法

1. General method 理論の概略

* 本報告をフィルム包装食品のレトルト殺菌 (第5報) とする。

** 東洋製罐東洋鋼飯総合研究所 (神奈川県横浜市保土ヶ谷区岡沢町 22-4)

Composite Research and Development Center, Toyo Seikan and Toyo Kohan Companies.
Hodogaya-ku, Yokohama.

General method に関する解説は、わが国においても二、三の成書⁶⁾⁷⁾⁸⁾にみられる。この方法は熱伝達曲線が single logarithmic heating curve にならないで broken logarithmic curve になるとき、あるいはそのいずれにもよらない不規則な熱伝達による場合にもっとも効果的であるといわれている。すなわち、食品中の加熱殺菌対象細菌の加熱致死時間が温度 T (°F) で τ 分である場合、その細菌が同一の温度で t 分間加熱されたとすると、その殺菌は t/τ だけ完成されたものとみなし、この値は連続された加熱においては温度別に加算される性質をもっと考える。この t/τ を部分殺菌率 (partial sterility) と称し A で表わす。

従って殺菌率 (sterilizing rate) は t に関して (1) 式を微分して (2) 式により求められ、更に加熱温度が変化する時は (2) 式を積分した (3) 式により与えられる。 $A=1$ になるような加熱時間を求めれば殺菌加熱必に要な加熱時間を知ることができる。

$$A = \frac{t}{\tau} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{dA}{dt} = \frac{1}{\tau}$$

(2)

$$A = \int_0^t \frac{dt}{\tau}$$

(3)

この方法によって殺菌条件を算出するためには、包装餅の熱伝達性と、対象とする変敗菌の耐熱性を知ることが必要である。

2. 包装餅の熱伝達性試験

供試包装餅は 800 g 詰が 27.5×18 cm, 200 g 詰は 13×13 cm で厚さはいずれも 1.3 cm, 水分含量約 42% のものを使用した。レトルト加熱が可能なパウチに製造直後の餅を充填したのち、いっぽうのシール部より熱電対を挿入し、その一端を餅中央部に位置せしめたのち完全にヒートシールを行なった。この包装餅をステンレス製リターナーで保持し、これをレトルト内に垂直に設置して加熱処理を行なった。加熱処理には温度自動制御型、加圧水冷式タテ型レトルト⁹⁾を用い、又レトルトおよび包装餅の温度変化の測定は直径 0.3 mm の銅-コンスタンタン熱電対を用い、理化電機製 B-54X 記録計により自動的に記録した。

3. 包装餅変敗菌の耐熱性

前報¹⁾の耐熱性細菌の試験結果を用いた。

4. 包装餅の加熱変色

包装餅を高温加熱することによる品質低下の一因子として変色度を測定した。測定は加熱処理した包装餅を 10 日間室温に放置し固化させたのち、表面の色調をカラーマシン製 CM-20 の Hunter 型光電色差計により、その *L*, *a*, *b* 成分の変化として示した。

実験結果および考察

1. 包装餅の熱伝達性

248°F (120°C) 加熱のときの包装餅の熱伝達試験を 800 g, 200 g について行なった結果を第 1 図に示す。

包装餅の熱伝達の様式は純粋な伝導加熱食品の場合に得られる simple logarithmic heating curve ではなく、勾配の相違する二つの直線より成り立つ broken logarithmic curve となっている。比較的純粋な伝導加熱食

品と考えられる包装餅がこのような曲線となることについては明らかではないが TANIKAWA¹⁰⁾ も魚肉ソーセージで同様な結果を報告している。図中の *j* 値は測定点の位置、食品の種類、食品初温の分布についての関数であ

Fig. 1. Heating curves-packaged rice cake

Fig. 2. Thermal death time curves

り, また f 値は熱伝達速度の指標となるものであるが, いずれも 200 g 詰包装餅のほうが熱伝達性にすぐれていることが明らかである。

2. 加熱致死時間曲線 (TDT 曲線)

前報¹⁾の包装餅変敗菌の耐熱性試験結果から加熱致死時間曲線を第2図に示す。

いずれも死滅時間と加熱温度との間には直線関係が認められる。

3. 殺菌時間の算出

一例として, 239°F (115°C) のときの加熱時間を, 殺菌対象細菌を *Bac. coagulans* とし, 800 g 詰について算出すると次のようである。

まず, 第3図の左側に縦軸 Y に包装餅の中心温度(°F)を, 横軸 X に加熱時間を取り 239°F (115°C) 加熱時の熱伝達曲線を作製する。この図の右側に縦の Y' 軸は Y 軸と同じスケールにて細菌の加熱温度を取り, 横の X' 軸には加熱致死時間をとって第2図の結果に基づいて *Bac. coagulans* の加熱致死時間曲線を描く。次に X' 軸上の各時間の逆数をとったものを殺菌率とし上部の X'' 軸に画く。

第3図の左側にある加熱時間の点より垂線を立て, 熱伝達曲線との交点を求め, この交点より X' 軸に平行に線を延して右側の加熱致死時間曲線との交点を求める。この交点よりさらに上部へ垂線を立て X'' 軸上の殺菌率を求める。これによって包装餅を, ある温度において加熱した場合の各加熱時間における変敗菌の殺菌率が知り得る。この加熱温度における殺菌率曲線を第4図に示す。

第4図で縦軸の殺菌率 0.05 を仮に 1 cm とすると, 殺菌率 1.00 の場合 20 cm に相当し, いっぽう, 加熱時間は5分を 1 cm に目盛るとすると殺菌面積の1単位は $20/5=4\text{ cm}^2$ となり, これは縦軸で 0.1 の殺菌率, 横軸で 10 分の加熱時間で囲まれる面積 ($0.1 \times 10=1$) に相当し, この面積において致死量 $A=1$ となり殺菌が完全に行なわれたことになる。したがって, これら殺菌率曲線下の面積を各時間ごとに測定し, その面積が単位殺菌面積になるような加熱時間を求めれば, 完全殺菌に必要な加熱時間を知り得る。

第4図では 19.8 分後において $A=1$ となり, この加熱時間で完全殺菌が行なわれることになる。

115°C, 120°C, 125°C 加熱の場合の加熱時間を 800 g

Fig. 3. Adequate processing time of packaged rice cake in the Processing at 239°F (115°C)

Fig. 4. Lethality curve of *B. coagulans* isolated from spoiled rice cake

Table 1. Adequate processing time of packaged rice cake

B. coagulans employed

Processing temp.°F (°C)	Processing time, min	
	800 g-pack	200 g-pack
<i>B. coagulans</i> employed	239 (115)	19.8 (9.8)* 12.6 (2.6)
	248 (120)	18.2 (8.2) 12.5 (2.5)
	257 (125)	15.1 (5.1) 12.4 (2.4)
<i>B. subtilis</i>	239 (115)	56.0 (46.0) 37.5 (27.5)
	248 (120)	38.2 (28.2) 23.2 (13.2)
	257 (125)	24.2 (14.2) 19.5 (9.5)

* Processing time after 10-min. come-up time

Fig. 5. Spoilage results

詰と200 g 詰, 対象細菌を *Bac. coagulans*, *Bac. subtilis* のそれぞれについて同様に算出した結果を第1表に示す。

4. 算出殺菌条件の妥当性

レトルト加熱が可能なパウチで包装された包装餅を各種条件で加熱処理を行ない, 37°C 恒温室に2カ月間放置したのち, その変敗を判定し算出した殺菌条件の妥当性を検討した結果を第5図に示す。

115°C~125°C では, *Bac. coagulans* を対象として算出された殺菌条件以下で処理されたものは変敗しているのに対して, それ以上で処理されたものではよく変敗せずに保存されていることから, この方法を用いることにより, 包装餅の殺菌条件が算出され得ることが明らかである。また, この際, *Bac. subtilis* を対象細菌として採用した場合, 加剰加熱となることとなり, 主細菌叢である *Bac. coagulans* を殺菌対象とすべきであることもわかる。110°C 以下の加熱処理では 110°C で 40 分, 105°C で 60 分の加熱処理では完全に殺菌し得ないことがわかったので, 第5図にみられる算出殺菌条件の加熱温度と加熱時間の直線関係は, 厳密には双曲線の一分であることが推察される。

これら *Bac. coagulans* を対象として算出された殺菌条件を実際に採用する場合は, 原料の汚染度も異なることから, LANG¹¹⁾ のいうように計算値に安全率として 20% を加算して加熱処理するのが適当であろう。

Fig. 6. Effect of processing conditions on browning of rice cake (I)

Fig. 7. Effects of processing conditions on browning of rice cake (II)

5. 包装餅の加熱変色

適正殺菌条件を検討するため, 殺菌条件と変色との関係を検討した結果を第6図, 第7図に示す。

第6図では, 各加熱温度の算出加熱時間で処理したときの変色を明度 (L) の変化で検討しようとするものであるが, いずれの場合も現行品 (85°C, 30 分処理品) に比して明度の低下が認められる。また, 安全率を見込むことによっても若干明度は低下するようである。が, そのなかで, 115°C 処理する場合がもっとも良好である。

また, 第7図からは, 加熱条件が苛酷なものほど成分の変化が大きく黄色の増大がみられる。この場合も 115°C で処理されたもののがもっとも変色度合が小さい。ただ図中実線範囲にある包装餅相互間の変色度合を肉眼的に区別することは困難であり, また, その変色も商品

性を損うものではないが、120°C-30分、125°C-30分での加熱処理包装餅では褐変が著しく、商品としての許容限界をこえるようである。したがって、*Bac. coagulans*を対象にして算出された条件を採用する限り、それが即、製品の品質低下を最低におさえ、しかも完全殺菌を行ない得る、いわゆる適正殺菌条件であるわけである。品質低下の一因子として餅の“こし”について検討することが必要であるが、これについては次回に報告する。

要 約

レトルト加熱が可能なパウチを使用した包装餅の完全貯蔵を期するための適正殺菌条件を算出する一連の実験を行なった。

(1) 包装餅の熱伝達曲線は Broken logarithmic heating curve となり、小袋になるほど熱伝達性はよい。

(2) General method により殺菌条件を算出し、その妥当性を検討したところ、主細菌叢である *Bac. coagulans* を殺菌対象細菌とすることが望ましく、800 g 詰では、115°C で 19.8 分、120°C で 18.2 分、125°C で 15.1 分であることを知った。

(3) 高温加熱処理による品質低下の一指標として加熱変色をとりあげ、 L 、 a 、 b 値で検討したところ、一定に come up time を 10 分とする場合、115°C 処理のものよりも現行品に近いことがわかったが、算出殺菌条件を採用する限り肉眼的には相違はなく、またそのいずれもが充分な商品性を具有するものであることが明らか

となった。

本報を發表するにあたり、發表を許可された東洋製罐、東洋鋼鋸綜合研究所吉崎鴻造所長および有益なご助言をいただいた北村陽一 研究部長に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 山口尹通・生島文雄・小松美博: 食品工誌, 18, (2), 26 (1971).
- 2) BIGELOW, et al.: *National Canner Ass., Bull.* 16L
- 3) BALL, C. O.: *National Res. Council, Bull.* 7, (37), (1923).
- 4) OLSON, F. C. W. and STEVENS, H. P.: *Food Res.*, 2, (2), 115 (1948).
- 5) STUMBO, C. R.: *Food Technol.*, 2, (2), 115 (1948).
- 6) 谷川英一・元広輝重・秋場 稔: 缶詰製造学, (恒星社厚生閣) p.164 (1969).
- 7) 野中順三九・三善清旭: 缶詰殺菌の理論と実際, (厚生閣), p. 38 (1963).
- 8) 芝崎 勲: 食品殺菌工学 (光琳書院), p. 70 (1967).
- 9) 山野善正・小松美博: 食品工誌, 16(3) 112 (1969).
- 10) TANIKAWA, E.: *Advances in Food Research*, 12, 404 (1963).
- 11) LANG, O. W.: *Univ. of Calif. Pub.*, 2, (1), 1~174.

(昭和 45 年 4 月 18 日, 日本食品工業学会第 17 回大会において発表)

(1970 年 8 月 25 日受理)