

## その二 脱水マツタケ罐詰についての測定結果

### RESULTS OF THE MEASUREMENT OF THE RATE OF HEAT PENETRATION IN PROCESSING CANNED SLIGHTLY DEHYDRATED SLICED MATSUTAKE MUSHROOM.

Heat penetration into slightly dehydrated sliced "Matsutake" mushroom (*Armillaria Matsutake*) packed in No. 1 and No. 2 (Japanese can name) was determined.

The heat penetration curve obtained could be represented by a single straight line on the semi-log paper as shown in fig. I. The heat penetration data obtained were given in the table 3 and 5.

#### 第 1 節 緒 言

厚さはぼ 1 cm. 程度に切断されたマツタケ (*Armillaria Matsutake*) が機械的な方法によるか、あるいは加熱方法によるかして若干脱水されて「罐」に詰められ、注入液の添加なしに、ふた付密封され、殺菌加熱の施されたものが、ここにいう脱水マツタケ罐詰である。殺菌加熱によって生ずる罐内の熱流を支配するものは、主として熱の伝導であるとみられる。

この罐詰の熱伝達速度について測定が行われたのは 1944 年 12 月であるが、脱水マツタケの罐詰というような一見特異な罐詰について試験のなされたいきさつは下記のとおりである。

1944 年 10 月 3 日および 4 日の両日にわたって岡山県合同食品株式会社笠岡工場にて日本罐詰統制会社の主催のもとに、関係罐詰工場の技術者が参集して、輸送力増強を目的とした海軍当局者の要求にもとづいて脱水マツタケ罐詰の試製研究会が開催せられた。そのさい笠岡近在の産地より集荷したマツタケをもって試製した罐詰について、温室検査、含水量、フォルムアルデヒドの含有量 (マツタケの処理に少量のウロトロピン使用のため)、腐敗膨脹罐詰の細菌学的試験、ならびに熱伝達速度の測定等の試験が主催者日本罐詰統制会社から委嘱され、それら一連の試験が著者らの手元において実施された。その結果は、1945 年 4 月 1 日および同年 5 月 10 日の両回に日本罐詰統制会社に対して報告されたが、ここに記載のものは、そのうち著者によって行われた熱伝達速度測定結果に関するものである。

#### 第 2 節 実験材料ならびに実験方法

前記のごとく岡山県の笠岡市近在の産地から集荷した原料マツタケを 1 cm 程度に切断し、2% の食塩を含有する沸騰水中に投入して 15 ~ 25 分間加熱後に手動式 Screw Press で压榨するか、あるいは自動流動式乾燥機で 70°C 40 分間の乾燥を行うか、あるいは 5 ~ 10 ポンドの蒸気圧下で 30 分間加熱するかして、100 kgs. の生原料を 75 kgs. にその重量を圧縮する程度を目安にして脱水

し、無注液のまま罐詰としたものについて試験した。

当時のわが国情は以上のような方法にてできるかぎり重量および容積を圧縮して容器材料の節約を図り、輸送能力の増大を図ることを要求したものであった。

試験の罐型は1号罐ならびに2号罐であって、罐胴中央部に温度計をそう入して、温度計の水銀槽がちょうど罐の幾何学的中心点にあるように固定し、加熱温度  $110^{\circ}\text{C}$  において、「罐」の外部から中心部へ熱の移動する速さを各3罐ずつについて測定した。加熱には実験用小型 Retort を使用した。1号罐に詰めたものは、圧搾法によったものであるが2号罐に詰めたものは乾燥法によったものであった。しかしその含水量は遊離の水分をも含めて前者は 86.6%、後者は 86.7%で両者はその含水量において等しいものであった。

### 第 3 節 測 定 結 果

測定の結果得られた数値は表1および表2に記載のとおりである。

表 1 : 1号かん詰脱氷ワツタケにおける熱伝達速度測定結果

試験かん番号 No. 1				試験かん番号 No. 2				試験かん番号 No. 3			
時間(分)	かん心	中心温(CT)	RT-CT	時間(分)	かん心	中心温(CT)	RT-CT	時間(分)	かん心	中心温(CT)	RT-CT
測定時.....1944年12月20日											
初温 (IT) .....9°C											
レトルトの温度 (RT) .....110°C											
温度上昇時間.....32分											
かん詰総重量.....3080 gms.											
空かん重量.....335 gms.											
内容量.....2745 gms.											
0	12.8	97.2	97.2	0	11.3	98.7	98.7	0	12.7	97.3	97.3
10	16.0	94.0	94.0	10	13.0	97.0	97.0	10	15.7	94.3	94.3
20	22.0	88.0	88.0	20	17.4	92.6	92.6	20	21.0	89.0	89.0
30	31.0	79.0	79.0	30	24.2	85.8	85.8	30	28.8	81.2	81.2
40	41.0	69.0	69.0	40	34.0	76.0	76.0	40	39.0	71.0	71.0
50	51.0	59.0	59.0	50	42.5	67.5	67.5	50	49.3	60.7	60.7
60	61.0	49.0	49.0	60	52.2	57.8	57.8	60	59.0	51.0	51.0
70	70.5	39.5	39.5	70	62.2	47.8	47.8	70	69.0	41.0	41.0
80	78.6	31.4	31.4	80	70.5	39.5	39.5	80	77.6	32.4	32.4
90	84.8	25.2	25.2	90	78.6	31.4	31.4	90	83.6	26.4	26.4
100	89.6	20.4	20.4	100	84.4	25.6	25.6	100	88.7	21.3	21.3
110	93.6	16.4	16.4	110	88.7	21.3	21.3	110	92.6	17.4	17.4
120	97.0	13.0	13.0	120	92.9	17.1	17.1	120	95.9	14.1	14.1
130	99.5	10.5	10.5	130	96.0	14.0	14.0	130	98.7	11.3	11.3
140	101.5	8.5	8.5	140	98.5	11.5	11.5	140	101.0	9.0	9.0
150	103.0	7.0	7.0	150	100.5	9.5	9.5	150	103.0	7.0	7.0
160	104.3	5.7	5.7	160	102.1	7.9	7.9	160	104.0	6.0	6.0
170	105.6	4.4	4.4	170	103.7	6.3	6.3	170	105.0	5.0	5.0
180	106.5	3.5	3.5	180	104.7	5.3	5.3	180	106.0	4.0	4.0
190	107.0	3.0	3.0	190	105.5	4.5	4.5	190	107.0	3.0	3.0
200	107.8	2.2	2.2	200	106.4	3.6	3.6	200	107.7	2.3	2.3
210	108.0	2.0	2.0	210	107.0	3.0	3.0	210	108.0	2.0	2.0
220	108.5	1.5	1.5	220	107.4	2.6	2.6	220	108.5	1.5	1.5
230	109.0	1.0	1.0	230	108.0	2.0	2.0	230	109.0	1.0	1.0
240	109.0	1.0	1.0	240	108.1	1.9	1.9	240	109.0	0.8	0.8
250	109.1	0.9	0.9	250	108.4	1.6	1.6	250	109.2	0.8	0.8
260	109.3	0.7	0.7	260	109.0	1.0	1.0	260	109.4	0.6	0.6
270	109.4	0.6	0.6	270	109.0	1.0	1.0	270	109.5	0.5	0.5
280	109.4	0.5	0.5	280	109.0	0.8	0.8	280	109.6	0.4	0.4
290	109.5	—	—	290	109.2	0.6	0.6	290	—	—	—
300	—	—	—	300	109.4	—	—	300	—	—	—

表 2 : 2号かん詰脱水ワッタタケにおける熱伝達速度測定結果

試験かん番号 No. 1				試験かん番号 No. 2				試験かん番号 No. 3						
測定時 初温 (IT)	1944年12月29日 10°C	測定時 初温 (IT)	1944年12月30日 10°C	測定時 初温 (IT)	1944年12月31日 9°C	時間 (分)	かん 心 温(CT)	RT-C T	時間 (分)	かん 心 温(CT)	RT-C T	時間 (分)	かん 心 温(CT)	RT-C T
レトルトの温度 (RT)	110°C	レトルトの温度 (RT)	110°C	レトルトの温度 (RT)	110°C	0	13.6	96.4	0	13.2	96.8	0	12.3	97.7
温度上昇時間	12.5分	温度上昇時間	12.8分	温度上昇時間	10.8分	5	17.4	92.6	5	16.8	93.2	5	16.0	94.0
かん詰総重量	880 gms.	かん詰総重量	870 gms.	かん詰総重量	900 gms.	10	24.0	86.0	10	23.5	86.5	10	22.2	87.8
空かん重量	120 gms.	空かん重量	120 gms.	空かん重量	130 gms.	15	32.3	77.7	15	30.8	79.2	15	30.8	79.2
内容量	760 gms.	内容量	750 gms.	内容量	770 gms.	20	42.0	68.0	20	40.0	70.0	20	40.0	70.0
時間 (分) <td></td> <td>時間 (分) <td></td> <td>時間 (分) <td></td> <td>25</td> <td>51.3</td> <td>58.7</td> <td>25</td> <td>54.6</td> <td>55.4</td> <td>25</td> <td>50.0</td> <td>60.0</td> </td></td>		時間 (分) <td></td> <td>時間 (分) <td></td> <td>25</td> <td>51.3</td> <td>58.7</td> <td>25</td> <td>54.6</td> <td>55.4</td> <td>25</td> <td>50.0</td> <td>60.0</td> </td>		時間 (分) <td></td> <td>25</td> <td>51.3</td> <td>58.7</td> <td>25</td> <td>54.6</td> <td>55.4</td> <td>25</td> <td>50.0</td> <td>60.0</td>		25	51.3	58.7	25	54.6	55.4	25	50.0	60.0
0		0		0		30	60.7	49.3	30	65.0	45.0	30	61.2	48.8
5		5		5		40	78.1	31.9	40	82.1	27.9	40	77.2	32.8
10		10		10		50	88.8	21.2	50	93.1	16.9	50	87.4	22.6
15		15		15		60	95.5	14.5	60	100.0	10.0	60	95.2	14.8
20		20		20		70	101.0	9.0	70	104.0	6.0	70	100.5	9.5
25		25		25		80	104.0	6.0	80	106.7	3.3	80	103.5	6.5
30		30		30		90	106.3	3.7	90	108.0	2.0	90	106.0	4.0
40		40		40		100	107.6	2.4	100	108.7	1.3	100	107.4	2.6
50		50		50		110	108.3	1.7	110	109.0	1.0	110	108.0	2.0
60		60		60		120	109.0	1.0	120	109.3	0.7	120	109.0	1.0

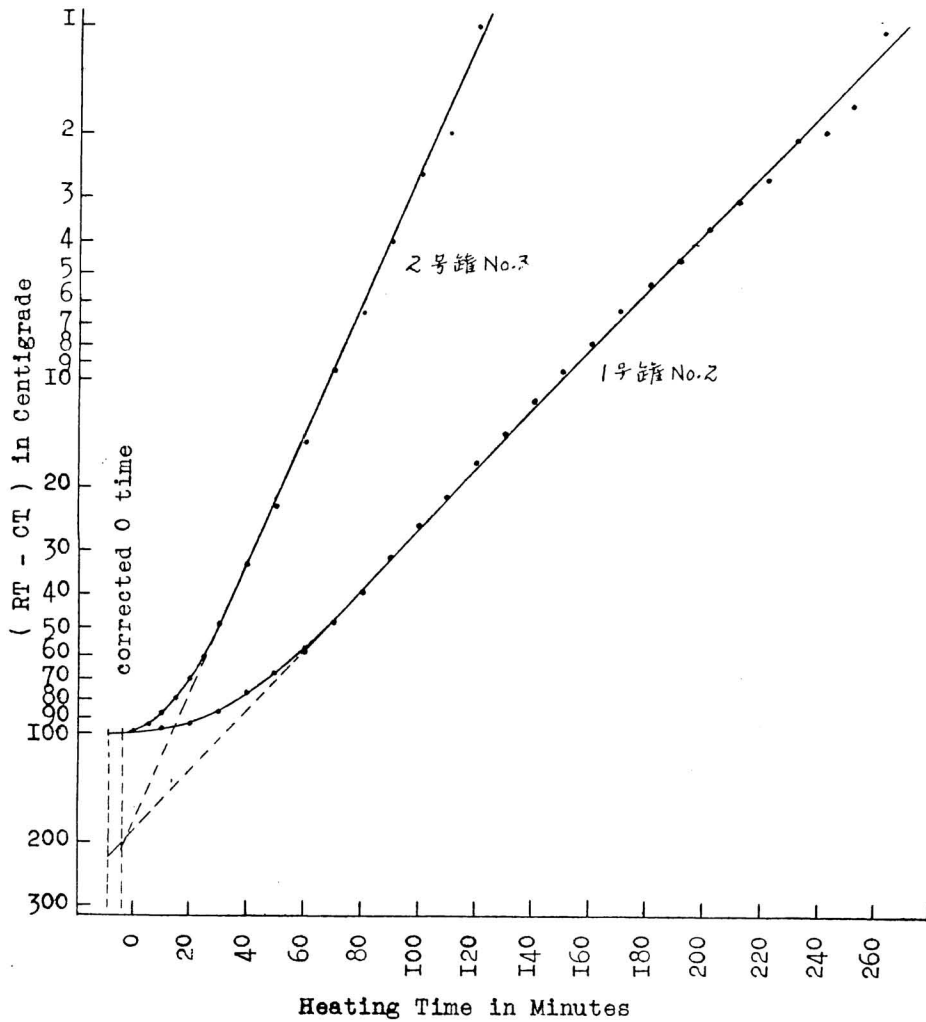


図 1 : 脱水マツタケかん詰の加熱曲線

第 4 節 実験結果についての考察

1号罐についての測定値、ならびに2号罐についての測定値によって (RT-CT) と加熱時間との関係曲線、すなわち加熱曲線を片側対数方眼紙上に (RT-CT) を対数側にとって描くと、加熱初期の部分を除けば、いずれも直線をなすことが認められる。(図1参照)

この直線の決定には平均法を採用した。念のため次にその1例として1号罐 No. 2 の検罐について著者の行った平均法を掲記する。

直線をなす加熱曲線は次の式によって示すことができる。

$$t = fh [\log jI - \log (RT-CT)] \quad (1)$$

式1において  $fh = a$ ,  $\log jI = b$  と置き、簡単にすると

$$t = a [b - \log(RT - CT)]$$

〔 2 〕

表 1 の測定数値を式 2 に代入すると、直線をなす部分は以下のようなになる：

60 = a (b - 1.76193)	170 = a (b - 0.79934)
70 = a (b - 1.67943)	180 = a (b - 0.72428)
80 = a (b - 1.59660)	190 = a (b - 0.65321)
90 = a (b - 1.49693)	200 = a (b - 0.55630)
100 = a (b - 1.40824)	210 = a (b - 0.47712)
110 = a (b - 1.32838)	220 = a (b - 0.41497)
120 = a (b - 1.23300)	230 = a (b - 0.30103)
130 = a (b - 1.14613)	240 = a (b - 0.27875)
140 = a (b - 1.06070)	250 = a (b - 0.20412)
150 = a (b - 0.97772)	260 = a (b - 0.00000)
160 = a (b - 0.89763)	270 = a (b - 0.00000)

$$(計) \quad 1210 = a(11b - 14.58669)$$

$$(計) \quad 2420 = a(11b - 4.40912)$$

左右両計の差を求めると

$$2420 = a (11b - 4.40912)$$

$$-1210 = a (11b - 14.58669)$$

$$1210 = a (14.58669 - 4.40912) = 10.17757a$$

$$a = 1210 / 10.17757 = 118.89$$

$$\therefore fh = 118.89$$

上の合計式に a の数値を代入すると

$$1210 = 118.89 (11b - 14.58669)$$

$$b = \frac{1210 + 14.58669 \times 118.89}{118.89 \times 11} = 2.25134$$

$$b = \log jI = 2.25134$$

$$jI = 178.38$$

$$I = RT - IT = 110 - 9 = 101$$

$$j = jI / I = 178.38 / 101 = 1.766$$

以上で fh と j とが算出されたから、1号罐 No. 2 検罐の加熱曲線が決定されたことになる。すなわち以下のとおりである。

$$t = 118.9 [\log(1.766 \times I) - \log(RT - CT)]$$

以上計算によって得られた j の値 = 1.766 についてであるが、以上の計算における加熱時間はレトルトの温度が RT = 110°C に到達した時をもって 0 時として計算されているが、RT に到達する以前の、すなわち温度上昇時における加熱があるから、この期間における加熱を無視する訳には

ゆかないので、その加熱時間数を RT で加熱したと等値の時間数に換算して、上の加熱時間に合算することが正しい。Ball ② にしたがって温度上昇時の 42% をもって 110°C での加熱等値時間とすると、

$$22.5 \text{ 分 (温度上昇時間)} \times 0.42 = 9.45 \text{ 分}$$

そこで j の値の計算では、加熱時間ごとに 9.45 分を加算したものを使用することにする

$$b = \frac{1210 + 11 \times 9.45 + 14.58669 \times 118.89}{118.89 \times 11}$$

$$= 2.33043$$

$$\log j = 2.33043, \quad jI = 214.01,$$

$$j = 214.01 / 101 = 2.1189 \approx 2.12$$

この値は、この種の測定値としては、理論値 (2.04) にかなりよく一致しているものとみてよく、したがってこの両値に関する限り、そのわずかな差について、ここで論議することは、被検体の物理的状態や、測定の精度の点から考えて意味のないことで、適当でない。しかし、ときには、かなり理論値に比較して実験値が大きくなるような例もあるので、実験値が理論値より大きくなるひとつの原因と目される「温度上昇時間を RT 加熱等価時間に換算する換算率」の問題について、この実験において得られた測定値を例にとり、少しく考えてみたいと思う。

およそ実験値の理論値からの偏りに関してその原因と目されるものには(1)罐詰の初温度が均等でない(温度勾配が表面から中心点へ向って下降する場合には j の値は小さくなり、それとは逆に温度勾配が表面から中心点へ向って上昇の場合には j の値は大きくなる)。(2)レトルトの温度上昇時間を殺菌加熱時間に加算するか、しないかによる影響(あたかも本例のごとき場合で、加算しなければ理論値より小さくなり、上昇時間をそのまま加算すれば、過大になる。したがって上昇時間を殺菌温度での加熱と等価の時間数に換算して、加算する)。(3)真の漸近値を使用しないで曲線に接線を引くこと(4)測温点の中心点からの偏り等が考えられるが、理論値より大きくなる原因としては(1)の原因中罐表面から中心点への温度勾配が上昇している場合と、(2)の原因中温度上昇に要した時間数を殺菌温度での加熱と等価の時間数に換算する割合に対するレトルトの温度上昇状態の影響とが考えられる。

前者の原因については論議を必要としないであろうが、後者の点については検討する必要があると考える。

罐詰の表面が瞬時に殺菌加熱温度 (RT) にさらされるという条件のもとにおいて、j の値が理論上 2.04 になるはずであるが、実地の罐詰の殺菌加熱においては、RT で罐詰の表面が加熱されるまでに、若干の時間を必要とするので、j の実験値をもとめるさいには、レトルトの温度上昇時間を、瞬時に罐詰表面が RT にさらされたとき、等価の時間数に換算することが必要になる。そして、その換算率が問題になるのである。この問題については Ball (1923 年) ② および Alstrand & Benjamin (1945) ① の研究がある。Alstrand & Benjamin の実験結果では、温度上昇時間の殺菌温度での加熱時間への換算率は 18% から 78% に達する差が、レトルトの温度上昇状態によって生

ずることが示されている。脱水マツタケ罐詰についての実験結果では温度上昇時間を無視すると、 $j$  の値は理論値より小さく温度上昇時間をそのまま加熱時間数に加算して  $j$  の値をだすと理論値よりはるかに大きくなり、温度上昇時間の 42% を加熱時間数に加算した場合に、理論値に近似することになる。この種の実験結果において理論値に全く合致する数値が得られるはずがなく、たとえ得られたにしても偶然と思われるが、いまかりに  $j=2.04$  が得られたものと仮定し、この値よりの偏りが、ただたんに〔レトルトの温度上昇時間〕の殺菌温度等価時間への換算率の推定値の適当でないことによるものとのみ考え、 $j=2.04$  を得るために必要な〔レトルトの温度上昇時間〕の換算率を計算してみると以下のようなになる。

$$\log jI = \log (2.04 \times 101) = \log 206.04 = 2.31395$$

$$2.31395 = \frac{1210 + 11x + 14.58669 \times 118.89}{118.89 \times 11}$$

上の式から  $x$  の値を求めると  $x=7.4$  が得られる。

すなわち〔レトルトの温度上昇時間〕における加熱効果を、殺菌温度で加熱の 7.4 分に相当するものとして、殺菌加熱時間数に加算すれば理論値と一致した  $j$  の値の得られることを示す。この例における温度上昇時間は 22.5 分であるから  $(7.4/22.5) \times 100 = 32.8$  (%) が必要な換算率ということになる。

以上のような計算を行って  $fh$  と  $j$  について得られた結果を各試験罐ごとに示すと表 3 のごとくになる。

表 3 脱水マツタケかん詰の加熱曲線 ( $fh$  および  $j$ )

かん型	$fh$	$j$ の 値		$j=2.04$ 〔レトルトの温度上昇時間〕の殺菌加熱時間への加算率 (%)	
		レトルトの温度上昇時間を無視した場合	レトルトの温度上昇時間の 42% を加熱時間に加算した場合		
一 号 か ん	№. 1	105.4	1.791	2.38	19
	№. 2	118.9	1.766	2.12	33
	№. 3	104.7	1.914	2.55	9
平 均	109.7	1.824	2.35	20	
二 号 か ん	№. 1	53.3	1.845	2.29	19
	№. 2	46.9	1.945	2.48	8
	№. 3	54.6	1.787	2.20	27
平 均	51.6	1.859	2.32	18	

平均値からすると、 $j$  の値は罐型によって相違しないことを示している。

$j$  の値を 2.04 として〔レトルトの温度上昇時間〕を殺菌温度での加熱等価時間数に換算すべき割合を求めたところ平均値でほぼ 20% なる数値が得られた。



fh の罐型間における関係は緒論の第9式によって

$$fh'' = fh' \frac{d_2^2 \cdot f''n}{d_1^2 \cdot f'n}$$

であるから  $d^2 \cdot fn$  をまず兩種罐型について計算すると

表 4

か ん 型	①	②	③	④	⑤
	d	d <sup>2</sup>	h	N=h/d	N <sup>2</sup>
1 号	15.3	234.09	16.1	1.0522	1.10712
2 号	9.9	98.01	11.3	1.1414	1.3028

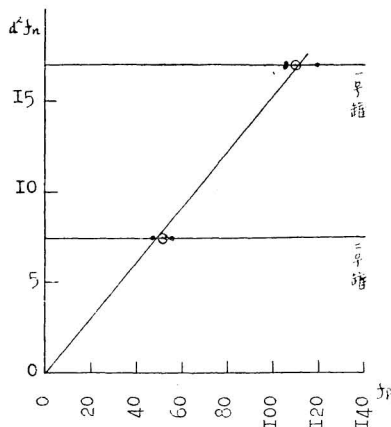
か ん 型	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
	2.303×N <sup>2</sup>	23.136×N <sup>2</sup>	⑦+9.87	fh = $\frac{⑥}{⑧}$	d <sup>2</sup> · fh
1 号	2.5497	25.6143	35.4843	0.07218	16.8976
2 号	3.0003	30.1414	40.0114	0.07533	7.3830

上表の  $d^2 \cdot fn$  の数値を利用して2号罐の fh の平均値 51.6 をもって1号罐の fh を計算してみると

$$51.6 \times \frac{16.8976}{7.383} = 118.1$$

となり、最高値の1号罐の No. 2 検罐の fh とほぼ一致する数値を与え平均値より多少高い結果を与えるが、だいたいにおいて上掲の式を満足させる関係が、罐型と fh との間においてみられることが次の図2からも了解できる。

図 2 : fh とかん型との関係



次に温度伝導度  $k$  を計算すると以下のような結果が得られる。

表 5 : かん詰脱水マツタケの温度伝導度  $k$  ( $\text{cm}^2/\text{min.}$ )

かん型	$d^2 \cdot fn$	$fh$	$k$	$k$ の 平均 値
1	16.8976	105.35	0.16039	} 0.1546
1	"	118.89	0.14213	
1	"	104.67	0.16144	
2	7.3830	54.64	0.13512	} 0.14366
2	"	53.345	0.13840	
2	"	46.89	0.15745	

次にこの実験の結果得られたところの加熱曲線を、殺菌加熱程度の決定ならびに検討に、適用してみたい。

さいわい1号罐に詰めた脱水マツタケ罐詰について、殺菌加熱程度と膨脹罐発生率について試験した表6のごとき結果があるのでその結果を基礎にして検討してみることとする。

表 6 : 1号かんに詰めた脱水マツタケかん詰の  
殺菌加熱程度と膨脹かん発生率

殺菌加熱程度		試 験 か ん 数	膨 脹 か ん 数	膨 脹 かん 発 生 率 (%)	備 考
温 度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	時 間 (分)				
115	40	17	17	100	熱間充てんを行 った。ITはほ ぼ $60^{\circ}\text{C}$ と考 えてよい。
"	70	16	3	18.8	
"	100	24	1	4.2	
"	130	20	0	0	
"	160	18	0	0	
120	40	21	12	57.1	
"	70	16	1	6.3	
"	100	15	0	0	

この実験結果において最も熱伝達速度の小さかった1号罐 No. 2 の検罐の加熱曲線は次のとおりである。

$$t = 118.9 (\log (2.12 \times I) - \log (RT - CT)) \quad [3]$$

この結果から、次の式を利用して各殺菌加熱程度の殺菌値 (F<sub>0</sub> value) を計算すると表7のごとくになる。

$$F_0 = \frac{fh}{(fh/U) \cdot Fi} \quad [4]$$

$$Fi = \log^{-1} \frac{250 - RT}{z} \quad [5]$$

(fh/U) は g または log g によって決まる数値で

$$\log g = \log jI - B_B / fh \quad [6]$$

表7：表6に所載の殺菌加熱程度の殺菌値 (F<sub>0</sub>)

殺菌加熱程度		計 算 条 件								F <sub>0</sub>	F
温 度 (°F)	時 間 (分)	fh	z	j	I T (°F)	R T (°F)	温度上 昇時間 (分)	温度上昇 時間のR T加熱等 値時間 (分)	R T加熱 全時間数	z = 18° F	z = 16.4° F
239	100	118.9	18	2.12	140	239	15	6	106	0.17	0.10
〃	130	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	136	1.03	0.69
〃	160	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	166	3.24	2.39
248	100	〃	〃	〃	〃	248	20	8.4	108.4	0.45	0.29
〃	130	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	138.4	3.01	2.24

注： 239° F = 115° C      248° F = 120° C      140° F = 60° C

gより (fh/U) を求めるには Ball ③の (fh/U) : g 関係数値表を利用

m + g = 180° F とす。

表6に記載の殺菌加熱試験結果によると、115° C 40分加熱で100%、115° C 70分加熱で19%、115° C 100分加熱で4%の膨脹罐詰を出し、130分の加熱に至って膨脹罐発生率がゼロになっているが、これは試験罐詰数20罐についての結果であるから、推計学上の知識に従えば、どのような加熱処理を受けた大数の罐詰中からは、ゼロから16.7%の範囲で膨脹罐発生の可能性が推測できる、それに加えて、表7に所載のF<sub>0</sub>値は1.03であるからCl. botulinumのF<sub>0</sub>値2.78に比しはるかに低いので115° C 130分の加熱は安全な殺菌加熱程度とは表6および表7のいずれの結果からも単純に結論をくだせない。しかしその次の殺菌加熱程度115° C 160分では表7においてF<sub>0</sub>値は3.24になっているから確実というよりはやや過度になっている。

次に120° Cでは40分加熱で15%、70分加熱で6%の膨脹罐を発生し、加熱100分にいたって膨脹罐発生率はゼロになっているが、表7に所載のF<sub>0</sub>の値は0.45という低い値であるし、また膨脹罐の発生を見なかったさいの試験罐詰数は15罐であるから、大数の罐詰では0~2.1.8%の範囲での膨脹罐の発生が、予想されるので表6の結果から120° C 100分の加熱程度をもって安全

であるとは結論できない。しかし次の殺菌加熱程度、すなわち 120°C 130分 の加熱は表7においても F<sub>0</sub>値は 3.01 を示しているので安全であるといえることができる。

$$B_B = fh(\log jI - \log g) \quad [7]$$

なる式と、Cl. botulinum の加熱致死時間資料と、この実験結果から得られた測定値とから Cl. botulinum の芽胞に対して、過不足のない1号罐詰脱水マツタケ罐の殺菌加熱程度を計算すると

表 8 : 脱水マツタケかん詰1号かんの殺菌加熱程度

殺菌温度 (RT) °C	温度上昇時間 (分)	温度上昇時間の RT 加熱等値時間数 (分)	RT 保持時間 (分)	全時間 (分)
115	15	6	155	161
120	20	8.4	129	137.4

次に膨脹脱水マツタケ罐詰からの分離菌中最強の耐熱力を代表する D 菌 (通性嫌気性桿菌で菌端に芽胞を形成、グラム染色陽性、この菌による膨脹罐は腐敗臭甚しい) の z=16.4 F=1.35 であったが、この菌を対象に必要な殺菌加熱程度を計算して以下のような結果が得られた。

表 9 : 脱水マツタケかん詰1号かんの殺菌加熱程度

(D菌に関し計算)

殺菌温度 (RT) °C	温度上昇時間 (分)	温度上昇時間の RT 加熱等値時間数 (分)	RT 保持時間 (分)	全時間 (分)
115	15	6	145	151
120	20	8.4	121.4	129.8

以上の諸計算および表6に記載の実験結果から Cl. botulinum に関して殺菌加熱程度を計算して得られた数値が実地に殺菌加熱程度を決定する場合の有益な資料となることが了解できる。

## 第 5 節 摘 要

1. 無注液の脱水マツタケ罐詰 (遊離水分を含めて 85.7~86.6 %の水分含有) の熱伝達速度の測定を行い、その結果得られた加熱曲線の性質について検討し、またその実地の適用性について検討した。
2. 本測定の結果得られた log (RT-CT) と加熱時間との関係曲線は加熱の初期を除くと、近似的に直線をなすことが認められた。「罐」の形体の大きい関係もあるが、加熱曲線の勾配 fh がかなり大きく、脱水マツタケ罐詰は主として熱伝導によって熱伝達のおこなわれる罐詰の一例とみられた。

3. 脱水マツタケ罐詰の加熱曲線の  $j$  の実験値は平均して、理論値より若干高い数値を与えた。その原因として、a) 加熱直前の温度分布は罐表面から罐中心点へ向って上向きの温度傾斜がある。b) レトルトの温度上昇時間を殺菌温度での加熱等値時間に換算する換算率が適当でない。など考えられるが、この測定の場合では a の原因は考えられない、レトルトの温度上昇時間を殺菌温度での加熱等値時間に換算する換算率に問題があるものとして、その点について検討した。
4. 温度伝導度  $k$  の平均値は  $0.144-0.155 \text{ cm}^2/\text{min}$  なる数値を与え、後述のつぶしカンショ罐詰および育児食罐詰と比較して若干高い。このことは内容物に付着の水分の局所対流が影響しているものと考えられた。
5. 加熱曲線の勾配  $fh$  と  $d^2 \cdot fn$  とは、この測定に使用の 1 号罐と 2 号罐との兩種罐型間において比例関係をもつことが認められた。
6.  $F_0=0.17$  に相当する加熱殺菌 ( $106 \text{ min}/115^\circ\text{C}$ ) の施された試験罐詰中から 4.2 % に相当する膨脹罐詰が発生し、施された加熱殺菌の  $F_0$  値が低下するにつれて膨脹罐の発生率を増加した。他方  $F_0=0.45$   $F_0=1.03$  およびそれ以上の  $F_0$  値をもった加熱の施された試験罐詰中からは一罐の膨脹罐の発生もみられなかった。しかし *Cl. botulinum* の熱に対する性質 ( $z=18^\circ\text{F}$ ,  $F_0=2.78$  分)、および脱水マツタケ罐詰の膨脹罐詰から分離した *D* 菌の熱に対する性質 ( $z=16.4^\circ\text{F}$ ,  $F_0=1.35$  分) から考えて、膨脹罐の発生しなかった試験罐詰に適用された殺菌加熱の程度であっても、問題菌の接種試験の結果ではないのであるから、 $F_0$  値の低すぎるものは安全とは云えない、すなわち問題菌によってある濃度に汚染された場合には、加えられた殺菌加熱の  $F_0$  値の低い罐詰は変敗する危険性をはらんでいる。推計学上から云っても、小数の罐詰の温室検査で、たとえ膨脹罐詰が発生しなくとも、多数の罐詰を対象とした場合、上の温室検査結果から、膨脹罐詰発生の可能性がないとは云えないのであるから必要な  $F_0$  値を満足させるに十分な殺菌加熱程度を採用すべきである点が強調された。

すなわち  $115^\circ\text{C}$  の殺菌温度採用の場合でいえば、106 分の加熱までは膨脹罐詰が発生し、136 分の加熱程度にいたって膨脹罐詰の発生が見られなくなったが、*Cl. botulinum* を対象としては 161 分以上の加熱、*D* 菌を対象としては 151 分以上の加熱の必要である点が強調された。

主として熱伝導による熱流の支配的な非酸性内容物であって、しかも大きな罐型に詰められた罐詰を殺菌するには、比較的高温で、いかに長時間の加熱を必要とするものであるかが以上によって示されたものと思う。

#### 文 献

- 1) Alstrand, D. V., and Benjamin, H. A., *Food Res.*, 14 (3), 253, 1949.
- 2) Ball, C. O., *Bull. Nat. Res. Council*, 7, Pt. 1, No. 37, 1923.
- 3) *Idem.*, *Univ. Calif. Pub. in Publ. Health*, 1, 2, 1928.