

その六 モモ罐詰についての測定結果

RESULTS OF THE MEASUREMENT OF THE RATE OF HEAT PENETRATION IN PROCESSING CANNED PEACHES

Heat penetration into 'peaches in syrup' packed in No. 4 can (Japanese can name) was measured by inserting a thermometer at a geometrical center of the can, and by thrusting a thermometer into a peach positioned at the center of can.

In the first case, heat penetration curve obtained could not be represented by a single straight line on the semilog paper, as shown in fig. 2 by a curve No. II, but a very irregular curve with a hump showing occurrence of the change of the heat penetration mechanism at that portion from the one mainly by convection to the one mainly by conduction. One of the causes of the change of heat transfer mechanism seemed to be ascribed to the phenomenon that peaches gather together tightly each other by floating up and swelling as temperature rises, a small temperature drop behind the hump seemed to be resulted in by contact of the thermometer with peaches gathered together having a lower temperature than that of syrup.

In the second case, heat penetration curve obtained seemed to be represented nearly by a single straight line having fh value of 35.1 min. and k value of 0.129 cm²/min.

第 1 節 緒 言

前文、第1節の冒頭に記載したように内容物の構成からみて、一見対流の支配的な熱流によって熱の伝達が行われるとみられる型の罐詰の一つとして、ミカン罐詰と同様モモ (*Prunus Persica*) の罐詰についての測定結果が本文において取りあげられた。モモ罐詰は糖液内に大きな果肉塊片を含み、相互に混りあわない物理的に異質な二相からなり、罐の幾何学的中心点における温度は、殺菌加熱中にきわめて特異で不規則な変化をするものであることが認められた。ちなみにここに記載の測定結果は、著者によって 1952年7月27日に測定が行われ、同年8月1日岡山県立瀬戸高等学校講堂にて開催のモモ罐詰全国大会にて講演発表されたものである。

第 2 節 測定方法

今回の測定では次の方法によった。

- 1) 温度計の感温部が、罐詰中心部に位置する果肉内に穿刺するように温度計を「罐」に装置する(ふたの中心点より温度計を罐詰内にそう入)。

この測定によって得られた加熱曲線を加熱曲線 -I とする。

2) 温度計の感温部が罐詰中心部の糖液内にあるように温度計を装置する(罐胴の中心部より温度計を罐詰内にそう入)。この測定によって得られた加熱線曲を加熱曲線 -II とする。

沸騰水中に投入して3分間隔で罐詰中心の変化する温度を記録した。

使用の罐型は4号罐である。モモは白肉種で半分に切り核お除き、剥皮したものである。

第3節 測定結果

測定結果は表1のとおりである。

表1 : モモかん詰の熱伝達速度測定結果 かん型4号かん

加熱ならびに冷却時間	No. 1		No. 2	
	測定時	1952年7月27日	測定時	1952年7月27日
初温 (I T)		31°C	初温 (I T)	31°C
殺菌加熱温度 (R T)		100°C	殺菌加熱温度 (R T)	100°C
果肉量 (4個)		295 gms.	果肉量 (4個)	292 gms.s
糖液 (45%)		140gms.	糖液 (45%)	140 gms.
冷却水の温度		25.5°C	冷却水の温度	25.5°C
分	かん中心温 (C R)	R T - C T	かん中心温 (C T)	R T - C T
0	31.0	69.0	31.0	69.0
3	39.8	60.2	86.0	14.0
6	47.0	53.0	89.7	10.3
9	54.0	46.0	90.9	9.1
12	60.9	39.1	87.4	12.6
15	67.8	32.2	87.9	12.1
18	73.5	26.5	89.3	10.7
21	78.7	21.3	91.2	8.8
24	83.0	17.0	91.8	8.2
27	86.0	14.0	93.0	7.0
30	88.7	11.3	93.4	6.6
33	90.8	9.2	94.0	6.0
36	92.3	7.7	94.8	5.2
39	93.8	6.2	95.5	4.5
42	95.0	5.0	96.0	4.0
45	95.9	4.1	96.5	3.5
48	96.5	3.5	97.0	3.0
51	97.0	3.0	97.3	2.7
54	97.5	2.5	97.8	2.2
57	98.0	2.0	98.0	2.0
60	98.3	1.7	98.3	1.7
	冷 却	C T - W T	冷 却	C T - W T
63	92.9	7.1	59.2	40.8
66	80.9	19.1	47.5	52.5
69	70.8	29.2	41.8	58.2
72	61.0	39.0	38.8	61.2
75	55.5	44.5	37.5	62.5
78	51.0	49.0	36.0	64.0
81	47.0	53.0	34.9	65.1

WT = 冷却水の温度

以上の測定結果から CT と加熱時間および冷却時間との関係を "グラフ" で示すと図 1 のとおりで、 $\log(RT-CT)$ と加熱時間との関係は図 2 に示されているとおりである。

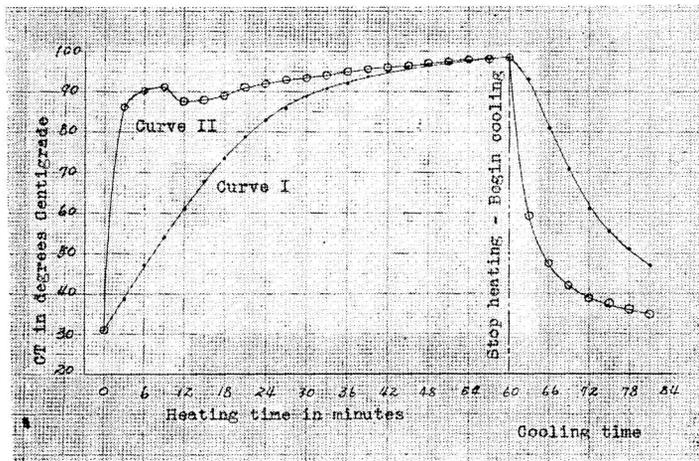


図 1 : モモかん詰における加熱ならびに冷却曲線

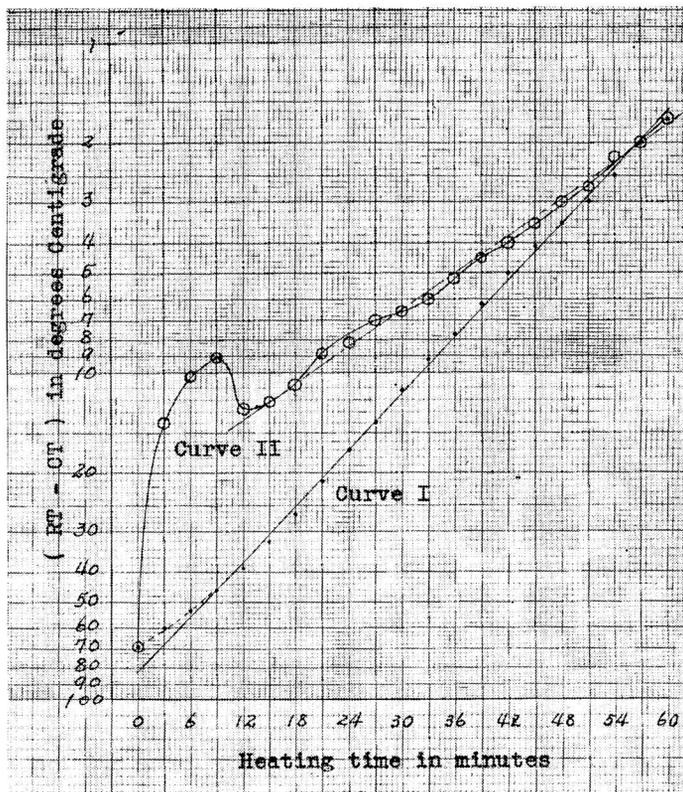


図 2 : モモかん詰 (4号かん) の加熱曲線

第 4 節 測定結果についての考察

1. 加熱曲線の性質

前文で、対流作用による熱伝達においても $\log(RT-CT)$ と加熱時間との関係を示す加熱曲線は対流のみによる場合はほぼ一本の直線であることを述べた。そしてまた静置のミカン罐詰のごときものでは加熱の最初には、対流作用による急速な温度上昇が見られるが、のちには果肉の浮上に基因する果肉相互の寄りかたまり合いが起り、熱伝導による熱の移動モードに移転することがみられた。

モモの罐詰においても図 1 および図 2 において見られるとおり、(曲線 II)、加熱初期においては対流による急速な温度上昇が見られるが、一度温度上昇が停止し、逆に降下してのちには、温度上昇がきわめて緩慢になり熱の移動が、熱伝導 (Conduction) に変化したことを示している。すなわちその変化してのちの部分に一本の直線を適用するとその fh の値が 54.1 分となり、 k の数値が $0.084\text{cm}^2/\text{min}$ となり、水の温度伝導度と等しくなる。

このような現象は、この場合 (罐は横倒しにして測定)、主として果肉の熱膨脹と浮上とによって果実は相互に緊密に密接し合うことによって起り罐詰中心点における対流作用が停止されて、熱の伝達が対流から伝導に変化することによるものであると想像できる。熱の移動モードが対流から伝導に移転する直前において温度の降下の起るのは上述のごとき現象が果肉に起る結果液温よりも数度低い果肉表面が温度計の感温部の周囲に密接に接触することによるものと考えられる。

温度計の感温部を罐詰中心部に位置する果肉中に突き刺し、罐詰を縦に直立させて測定した場合の曲線 I には、多少の無理はあってもほぼ一本の直線を適用することができる。この直線の fh が 35.1 分で、 k の数値は $0.129\text{cm}^2/\text{min}$ となる。この場合では温度計の先端によって、罐詰中央部に位置した果実が支えられて、罐詰内が一定の温度に達しても、自由な浮上が起らず、それより下部に位置した果実の上昇をもはばみ、他方それより上層部に位置した果実は温度の上昇につれて浮上して、温度計穿刺果実との間に液汁で満された、より多くの間げきを生じたとみられる。したがってそのころより果実内の温度上昇率が多少とも増したような傾向が看取されるが全般的にみて、温度計穿刺果実には全加熱時間をつうじて対流作用による熱の伝達が行われ、果肉表面から果肉中心部へは熱伝導によって熱の移動が行われたものと考えられる。

温度計の無穿刺の実際の罐詰では一定の温度に達すれば果肉は浮上作用を起し、かつ果肉の熱膨脹によって果肉相互間には密接な接触状態を生じて、曲線 I とはかなり相違した加熱曲線を描くのではないかと考えられる。

2. モモ罐詰の殺菌加熱程度

a. 果実罐詰の pH と、殺菌加熱の不十分な罐詰の変敗に関する微生物の種類

果実罐詰の部大分は pH4.5 以下の酸性群にはいるが、ナシ、マンゴウ、およびモモ、また果実ではなく野菜ではあるが果実と同様に取り扱われるトマトのうちには、4.5 以上に高いものもあって、それらの罐詰において時たま加熱不十分に原因する変敗罐詰発生問題が伝えられる。酸性群の

罐詰においてもその pH の範囲によって変敗に関与する微生物の種類が多少とも相違し、また加熱処理に対する抵抗力に相違があるからである。

pH の範囲と殺菌加熱の不十分な果実罐詰の変敗に関与する微生物の種類をその重要度の順位にしたがって記載すると以下のごとくである。

pH 4.5-pH 3.7

1. 芽胞生成菌

a. *Cl. butyricum* (*Cl. pasteurianum*)

b. *B. thermoacidurans*

2. 芽胞不生成菌

a. *Leuconostoc mesenteroides*

b. *Lactobacillus plantarum*

c. その他 (球菌を含む)

3. 酵 母

pH 3.7以下

1. 酵 母

2. 無芽胞細菌

3. 黴

a. *Byssochlamys fulva*

b. *Penicillium* sp.

pH が 4.5-5.0 の範囲では Flat sour producing bacteria, Thermophilic anaerobes および Putrefactive anaerobes 等芽胞を形成する細菌が問題になり、pH が 5 以上のものでは Putrefactive anaerobes, Thermophilic anaerobes, Sulfide spoilage organisms および Flat sour spoilage bacteria 等の芽胞形成菌が関与する。

b. モモかん詰の pH 値と、殺菌加熱不足による変敗に関与する微生物。

モモ罐詰の pH 値の範囲は、アメリカ②で 651 罐について調査した結果によると、平均値は 3.7 最高値は 4.2 最低値は 3.3 である。イギリスの Adam ①が行った 26 の Sample についての測定によると 3.6-4.3 である。著者の測定結果ではアメリカ種おうにくどう (黄肉桃) で 3.2-3.6 (6 種類12罐)、梶浦の改良種かんとう(罐桃)で 3.3-4.3 (16罐)、ナカヤマキントウ (中山金桃) で 3.9-4.2 (2罐)、ハクトウ (白桃) で 4.2-4.4 (3罐)、白肉種オオクボ (大久保) で 4.0-4.2 (14罐)、望月の測定結果⑦ではヤマシタ (山下)×メシムス54 で 4.8、また大貫⑧が各種のモモの生原料の pH を調査した結果によると表 2 のとおりである。

表 2 : 生モモの pH 値 (大貫による)

種	類	平均	最低	最高
リ	カク	3.8	3.6	4.4
キ	ン ト	3.8	3.6	4.0
オ	オクボ	4.3	3.6	4.6
ハ	ク ト	4.6	4.2	4.8

以上のごとくモモ罐詰の平均 pH 値は 3.7 またはそれ以上にあるので、殺菌加熱不十分によるモモ罐詰の変敗に関与する微生物として、*Cl. butyricum* のごとき有芽胞耐熱性細菌が警戒されねばならない。ことにわが国にて生産されるモモ罐詰の最大部分を占める白肉種のモモの pH 値は高く、おおくは *Cl. butyricum* の発芽を許すような高い pH 4.2 以上にあり、ときには 4.6 またはそれ以上の pH 値を示すものもあるので、とくに注意を要する。ほかに *Lauconostoc mesenteroides* および *Lactobacillus plantarum* のような無芽胞細菌および酵母等が変敗原因体として重要性を有している。モモ罐詰の変敗を起したものとして過去の記録中には *B. macerans-polymyxa* group ⑩ *Leuconostoc mesenteroides* ④、無芽胞桿菌 ⑥ および酵母 ⑤ 等がある。また酪酸菌によるものではなかったかと考えられるものに未発表の志賀の試験結果 (1937年12月2-3日、広島竹原町、合名会社大沢罐詰製造所の膨脹ハクトウ (白桃) 罐詰につき試験、桿菌多数存在し一種の臭気を有していたがはなはだしく不快なものではなく、もっとも特徴的な現象とみられたのは膨脹度は大で5罐についてガス分析を行った結果いずれも水素ガスの含有割合がきわめて高く、平均 76.2 % を占め、炭酸ガス量は 16.8 % であったこと、*Cl. Pasteurianum* による膨脹罐詰に類似している。これより以前に岡山市、大黒罐詰所にて製造の製品で膨脹したものは、炭酸ガス 67.3-68.5%、水素ガス 0.-0.6 % であった) がある。以上のうち芽胞を形成し、耐熱力の大きな酪酸菌 *Cl. Pasteurianum* がモモ罐詰の殺菌を取り扱ううえにおいて問題視されねばならない。とくに白桃、オオクボ、その他比較的 pH 値の高い罐詰の生産をなすわが国において警戒されねばならないのがこの *Cl. pasteurianum* ではないかと考えられる。この細菌芽胞は酸性液中においても比較的 pH 値の高いときにはかなり強い抵抗力を有していることが Townsend ⑨ による表 3 の結果によって知ることができる。

死滅時間と生残時間との中間値の対数と、加熱温度との関係曲線を加熱温度致死時間曲線と定め、曲線の勾配 (z) と F_{100} (100°C において破壊に要する時間数 (分)) とを求めると表 4 に記載のごとき数値が得られた。ただし直線は 95°C における死滅時間と生残時間との中間値を通るように描いたが、他の 2 点においても生残時間以上の点をよぎる。

表 3 : Cl. pasteurianum. Winogradsky. の加熱致死時間 (Townsend)

Canned apricot juice を heating medium とし、芽胞濃度=20,000/tube (=2c.c.)

pH	Brix	90°C		95°C		100°C	
		生残時間 (分)	死滅時間 (分)	生残時間 (分)	死滅時間 (分)	生残時間 (分)	死滅時間 (分)
4.15	22°	45	60	15	20	4	7
4.50	22°	120	150	35	45	7	10

表 4 : Cl. pasteurianum 加熱温度致死時間曲線

pH	Brix	z	F ₁₀₀
4.15	22°	10.21	5.66
4.50	22°	8.33	10.04

細菌芽胞は果肉の表面のみに存在し、果肉深部に存在しないものと仮定し、Curve 2 について、前表 4 に所載の加熱温度致死時間曲線を利用して、各加熱時間ごとにおける加熱致死時間を算出し致死率を計算して、致死率—時間曲線を描き、Bigelow ら③の graphical method によって殺菌を完結するに要する時間を求めると下の表 5 のごとくになる。

表 5 : Cl. pasteurianum を対象にしての殺菌加熱時間計算 (かん型 = 4 号かん)

medium			加熱時間 (分)
pH	4.15	Brix 22	38min./100°C (= R T)
pH	4.50	Brix 22	60min.以上/100°C (= R T)

普通 4 号罐のモモ罐詰の殺菌に採用されている加熱程度は 100 °C では、20-30 分程度であるから、Cl. pasteurianum の芽胞によって相当濃度に汚染され、しかも pH 4.0 以上 (Cl. pasteurianum は pH 3.7 程度迄生育可能であるが、発芽可能限界点については、pH4.2 または 4.1 とする説と、4.5 または 4.4 とする説とがある。) であれば、殺菌加熱不十分による変敗罐詰をだす危険性が表 5 の計算結果から考えられる。

pH 4.5 またはそれ以上では、かかる場合、果肉組織や風味やを商品的価値のないまでに破壊せずには、殺菌加熱をすることが困難になることも上表 5 の結果から云える。したがって耐酸耐熱性の強い細菌芽胞によって濃厚に汚染されることのないようにすることが肝要であるが、眼に見えぬ細菌を対象とすることであるから、いつなごときその被害を受けないとも保し難いので pH 値の節調を行って pH を 4.0 以下にすること、ならびに罐を適当な速度で廻転させ、あるいはその他

の方法で内容をかくはんして熱の伝達を加速することが必要である。

かくすることによって、加熱による悪変化の認められない、品質のすぐれた罐詰を得ることができるであろう。

第 5 節 摘 要

1. 1952年7月27日著者によって行われたモモ罐詰の熱伝達速度の測定結果について記載し、あわせて殺菌加熱不足に原因した罐詰の変敗に関与する微生物について検討し、モモ罐詰に必要な殺菌加熱程度についての算定を行った。
2. 前に記載のミカン罐詰の場合と同様、モモ罐詰の場合においても、「罐」の幾何学的中心点においては、加熱の前期には、対流作用が罐内の熱流を支配するので罐詰の中心温度が急上昇するがある温度に到達すると起る果肉の浮上と、膨熱脹とによる現象によって対流が妨げられ、熱伝導による熱流が支配的となるため、罐詰中心温度の上昇速度がきわめて緩慢になり、温度伝導度 k は水のそれにほぼ等しい $0.084 \text{ cm}^2/\text{min}$. に低下することが認められた。そして以上のような現象が一たん起ると、果肉に穿刺した温度計で測定した場合よりも温度上昇速度の低下の起ることは、かなり大きな、しかも強く密接した果肉の塊団を形成することを意味するものと考えられる。見掛上対流作用による熱流が支配的であるように見えても以上のような現象の起る罐詰において、罐詰内温度上昇の最遅点として、「罐」の底部に近く測温点を設定して測定を行うと、のちの殺菌加熱時間の算定結果にかなりの誤差が生ずることになる。
3. モモ罐詰の加熱曲線 (No. 2) は熱流の型の転移点において温度降下の起っている現象がミカン罐詰と比較して特異な点である。温度上昇がその転移点附近に達すると、それまで、温度計の感温部をひたしていた液の温度よりも数度低い果肉が浮上し或いは膨脹して、温度計の感温部に密接して、温度降下を起させるものと推定できる。
しかしミカン罐詰では糖液に浮遊の果肉はモモとは比較にならぬ小粒であるため、果肉表面温度は液温と比較して大差はないであろうから、モモと同様な浮上密集現象が起って、熱流の型の転移が起っても、温度降下が生じないものとみられる。
4. 罐詰モモの pH 値の範囲から考えて、果実としては比較的高い pH 域にあるリカク、ハクトウおよびオオクボ種のようなわが国で多産される白肉種のモモの罐詰においては、耐酸、耐熱性の有芽胞菌である酪酸菌、とくに *Cl. pasteurianum* が警戒されねばならない。もしも以上のような細菌芽胞によって濃厚に汚染され、しかも pH が 4.2 以上の場合には、その殺菌にかなり長時間の加熱 (pH 4.2 Brix 22° の場合 4 号罐で 100°C 38分、pH 4.5, Brix 22° の場合は 100°C 60分以上) が必要となるであろう。

文 献

- 1) Adam, B. W. Food XIX (220), 4-7, Jan., 1950

- 2) American Can Co. The Canned Food Reference Manual, 3rd. Ed., 523, 1949.
- 3) Bigelow, W. D., et al. Nat. Cannery Assoc. Bul. 16 L. 1920.
- 4) Fabian, F. W., & Henderson, R. H. Food Res. 15 (5), 415-17, 1950.
- 5) 原広生、千葉医学会雑誌 15 (2), 187-231, 1937.
- 6) Kefford, J. F., & Murrell, W. G. Food Technol. in Aust. 7(9), 491-8, 1955.
- 7) 望月技師、日本罐協資料、40, 8-12, 1952年10月8日
- 8) 大貫新太、日本罐協、中、四国支部会報 No. 1, 20-27. 1951年11月30日
- 9) Townsend, Ch. T. Food Res. 4, 231-7 1939.
- 10) Vaughn, R.H., et al. Food Res. 17(6), 560-70, 1952.
- 11) Schultz, O. T., and Olson, F. C. W. Food Res., 5 (4), 56-64, 1940.