

罐詰米飯の硬化と膨潤度の變化

(糧食研究 第215号 昭和19年発表)

志 賀 岩 雄
澤 山 善 二 郎

「加温しないで喫食の出来る罐詰米飯を得ることが出来れば」の夢想が余等をして先づこの試験に着手させた動機であつた。現在行はれてゐる米飯罐詰は其製法によつて多少の相違はあつても比較的短時日の間に硬化する。即ち炊飯当時の柔軟性、粘着性及び弾性の諸性質を消失して硬化し、脆くなり、飯粒に壓力を加へて壓潰すると白化して崩壊する。又炊飯当時の様な旨味が減退する。又斯様な變化は罐詰の保存せられる外圍の溫度の支配を受け、低溫に於ては變化は迅速である。櫻田、淵野兩氏は其米飯のコロイド化学的研究に於て、天然の米粒中に含有せられる澱粉はX線図に於て C- スペクトルを與へる β -澱粉であるが、かかる米を炊いて米飯を作る際に C- スペクトルとは全く相違した V- スペクトルを與へる α -澱粉に轉移する。而して β -澱粉は水に殆んど不溶性で、膨潤することも少ないが、 α -澱粉は可なり水に溶解し、しかもよく膨潤する。即ち米飯を炊く目的は天然の β -澱粉を轉じて α -澱粉に轉じ、水に容易に膨潤溶解せしめ得られる形とするものであることを述べ、又炊いた米飯を室溫或はそれ以下の溫度に貯藏すると其間に徐々に水分を失ふと失はないとに拘らず α -澱粉はもとの C- スペクトルに良く似た B- スペクトルを示す β -澱粉に戻ることを述べてゐる。米の炊飯並に炊飯後に於ける斯様な變化は、X-線図による試験によつて確定的に捉へることが出来るが、其變化の過程を追求め、数字的に記録して其有様を明かにすることが出来ない。而して余等は斯様な目的を達するために、飯のアルコール脱水粉末の膨潤度を以てするのが簡單と考へ、この方法について試験してみた。又簡単な裝置を作つて抗壓潰力の測定についても試験をしてみた。尚ほ其他の方法としては、米又は飯の浸出液の表面張力や粘度の測定法或は佐藤氏等が米及米麴について試みた濾過分析法等が考へられる。又北野氏の報告に見られる酵素による米澱粉の糖化度の測定によつても数字的に變化の過程を追跡することが出来る。余等は米飯罐詰の貯藏中に於ける變化を追求める方法として上記の如く、脱水飯粉末の膨潤度と飯の抗壓潰力について測定した簡単な實驗結果を以下に報告する。

實 験 の 部

脱水粉末資料の調製法 9g の飯を乳鉢に取り、10c. c. の純アルコールの中に入れ、乳棒を以て搗き碎き（此際炊飯後余り時間の経過しない飯では飯粒が相互に粘結し合つて餅狀になり破碎しにくい、炊飯後長時間を経過して硬化したものでは破碎が容易に出来る）硝子製濾過板付漏斗(No4)を以て吸引濾過をなし液分を出来るだけ除去し、更に今一度乳鉢内に於て 10c. c. の酒精を使用し乳棒を以て磨潰し脱水して粉末狀となし、次で再び吸引濾過によつて出来るだけ能く液を除去する。斯様にして得た脱水飯粉末の固塊を小形のスプーンの先端を以て、大型のペトリ皿の中に薄

く掻き割り落すと細末状の資料となる。之れを皿内に薄く拡げて室内に約 24 時間放置して風乾する。この風乾資料を更に乳鉢内にて磨碎して 250 メッシュの篩を通過する検体を得る様にする。以上の脱水風乾細末資料の 6 個の平均含水量は 10% であつた。

実験 1

櫻田、北野、淵野氏等が米の糊化温度の測定に於て、飯の脱水粉末 1.5g を目盛シリンダーにとり、30c.c. の水を加へ密栓し、25°C で十分振盪し、後静置して粉末を水中で沈降させ、24 時間後に其沈降容積を讀取り、膨潤度を測定する方法を使用してゐるが、余等も大体櫻田氏等の方法に従つて前記の様に於て調製した飯の脱水粉末資料 0.5g をウケナ氏比色管に取り、蒸溜水 20c.c. を注加し、硝子栓を施し、振盪機にて一定時間振盪（1 分間 130 往復、往復の長さ 260mm）し、次で垂直に比色管を直立静置し、一定時間後に沈降した飯粉末の容積を讀取り以下の様な結果を得た。但し本試験に供した飯は次の如き方法によつて炊き且つ保存したものである。

即ち白米 4.1g を硝子製試験管に入れ蒸溜水 5c.c. を注加し、火焰を以て密封し、次で沸騰水中にて 1 時間加熱し、更に 1 日置いて沸騰水中にて 1 時間加熱したものである。斯様にして得た飯の含水量は管の上下によつて相違するが平均して 61.2% であつた。是等の内 1 本を残し他を 3~5°C の冷蔵庫に入れ任意の時間経過後に取出し、上記の如き方法にて膨潤度を測定し、時間の経過と共に変化する飯粒の硬化状態と膨潤度の変化とを対照して見た。

第 1 表 振盪機にて 12 分間振盪後に静置した場合（静置場所の温度 12~14°C）

検品番号	試験飯の保存条件	静置 24 時間後の沈降量(c.c.)	静置 48 時間後の沈降量(c.c.)	飯粒の状態
1	炊飯後 3 時間	3.2	4.0	粘着性大、柔軟
2	冷蔵庫で 26 時間	4.3	4.5	粘着性あり
3	冷蔵庫で 48 時間	4.5	4.6	粘着性あり
4	冷蔵庫で 96 時間	4.1	4.2	粘着性殆んどなし
5	冷蔵庫で 168 時間	4.1	4.1	同上
6	冷蔵庫で 240 時間	4.1	4.1	同上

- (1) この結果に於ては静置 24 時間後に於ても、炊飯後時間の経過の少ないものに於て、沈降量の増加することを示し、この増加は炊飯後の経過時間の少ないもの程大であることを示してゐる。
- (2) 沈降量は冷蔵庫(3~5°C)にて 48 時間経過のものに於て最大となり、飯粒の硬化について感能的に観察される所と一致しない。

第 2 表 振盪機にて 20 分間振盪し静置した場合（静置温度平均約 12°C）

検品番号	試験飯の保存条件	静置 24 時間後の沈降量(c.c.)	静置 48 時間後の沈降量(c.c.)	飯粒の状態
1	炊飯後 3 時間	4.5	5.4	粘着性大、柔軟
2	冷蔵庫で 26 時間	4.4	4.6	粘着性有
3	冷蔵庫で 48 時間	4.1	4.2	粘着性有

4	冷蔵庫で 96 時間	4.1	4.1	粘着性殆んど無し
5	冷蔵庫で 168 時間	3.6	4.6	同 上
6	冷蔵庫で 240 時間	3.4	3.5	同 上

- (1) 振盪時間を 20 分間とした場合に於ける沈降量の変化は、飯の炊飯後の時間の経過につれて感能的に感知せられる物理的变化の順位に対応する結果を與へる。
- (2) 静置 24 時間後に於ても炊飯後の経過時間の少ないもの、即ち炊飯後の性質に変化のないものに於ては尚ほ沈降量を次第に増加する。

第 3 表 振盪機にて 40 分間振盪した場合 (静置温度平均約 12°C)

検品番号	試験飯の保存条件	静置 24 時間後の沈降量(c.c.)	静置 48 時間後の沈降量(c.c.)	飯粒の状態
1	炊飯後 3 時間	4.7	5.5	粘着性大、柔軟
2	冷蔵庫で 26 時間	4.2	4.4	粘着性有
3	冷蔵庫で 48 時間	4.0	4.2	粘着性有
4	冷蔵庫で 96 時間	3.9	4.0	粘着性殆んど無し
5	冷蔵庫で 168 時間	3.7	3.8	同 上
6	冷蔵庫で 240 時間	3.6	3.7	同 上

- (1) 40 分間振盪し静置したものに於ては、24 時間後に於ても尚ほ何れの検品にあつても多少其沈降量を増加する。而して其増量は炊飯後経過時間の少ないものに於て、他に比較して大であることは前 2 表の場合と同様である。

以上 3 回に亘つて行つた実験結果よりして振盪機(1 分間の往復回数 130、1 往復の長さ 260cm)によつて 20 分間程度又はそれ以上の振盪を以てし平均 12°C 程度の室温に於ては 24 時間又はそれ以上静置後其沈降量を読取るのが適當の様に思へる。放置温度の影響については試験しなかつた。併し本方法による時には結果を得るのに 24 時間又はそれ以上の時間が必要であり、其間に於ける澱粉自体の物理化学的变化の生起もあり得ると考へられるし、又比較的高温の場所或は季節に於て其ままの温度を以て試験する場合にはトルオールの如き制腐剤を添加しなければ生物学的変敗の可能性もあつて便宜な方法とは云へない。

実験 2

本実験に於ては密栓の出来る目盛試験管に脱水飯粉末の 0.5g を取り、机上に軽く数回垂直に試験管を落して粉末を略一定容積 (1c. c.) に而も其上面が水平面をなす様に落着かせ、其上に極めて徐々に且つ靜に 10c. c. の蒸溜水を注入し、大体 6~15°C の室内に放置し任意の経過時間後に於て飯粉末が吸水し膨化する容積を読取り記録して見た。

第 4 表 炊飯後冷蔵庫 (平均約 4°C) に保存の期間と脱水飯粉末の膨潤度 (C.C)

試験飯保存条件	膨潤管静置時間														
	1時間	2時間	3時間	4時間	6時間	7時間	19時間	23時間	24時間	27時間	30時間	31時間	43時間	47時間	48時間
炊飯後 1 時間	1.3	1.3		1.7	2.1			3.3							4.5
冷貯 24 時間	1.9	2.4		3.2	3.7				4.6		4.7				4.7

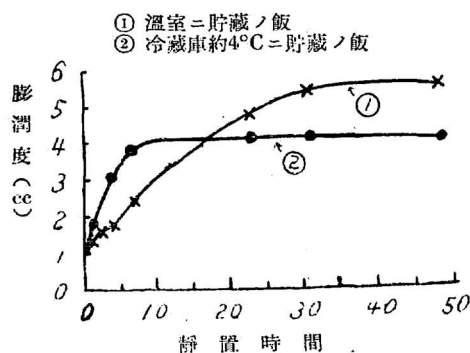
冷 貯 48 時 間	1.9	2.3		3.1		3.8			4.0			4.0		3.9
冷 貯 96 時 間	—	2.5	2.9				3.5		3.5	3.5			3.7	
冷 貯 192 時 間	1.8	2.4		2.9		3.3			3.3			3.3		3.2
冷 貯 312 時 間	2.0	2.2		2.9		3.1			3.3					3.2

第5表 炊飯後温室（約 37°C）に保存の期間と脱水飯粉末の膨潤度（c.c.）

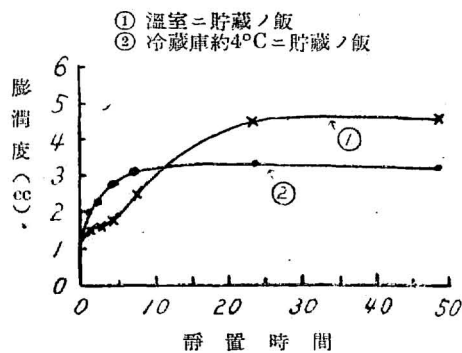
膨潤管の静置時間 試 験 飯の保存条件	1時間	2時間	3時間	4時間	6時間	7時間	19時間	23時間	24時間	27時間	30時間	31時間	43時間	47時間	48時間
炊飯後 1 時 間	1.3	1.3		1.7	2.1			3.3							4.5
温 貯 24 時 間	1.3	1.4		2.0	2.2				4.3		4.5				4.7
温 貯 48 時 間	1.4	1.5		1.8		2.5			4.8			5.3			5.3
温 貯 96 時 間		1.5	1.8				5.0		5.2	5.3			5.3		
温 貯 192 時 間	1.4	1.5		1.8		2.3			4.3			4.5			4.5
温 貯 312 時 間	1.5	1.6		1.7		2.4			4.5					4.5	

(1) 冷温（平均約 4°C）に貯蔵し、米澱粉の逆戻変化傾向を示して来たものは、活潑に且つ速かに膨潤し、そして終結するが、温室（約 37°C）に貯蔵し米澱粉が未だ逆戻変化傾向を殆んど示して来ていないと考へられるものは極めて徐々に膨潤し、其上終結迄に長時間を要する。而して或静置期間を経過すると其膨潤量—時間曲線が、冷温に貯蔵され変化したと見られる試験飯のそれよりも遙かに上方に上昇する様になる。例へば冷温及中温に 48 時間並に 312 時間それぞれ貯蔵されたものの膨潤量—時間曲線を示すと第 1 図及び第 2 図の様である。

第 1 図 48 時間貯蔵の膨潤度



第 2 図 312 時間貯蔵後の膨潤度



以上の如き現象は温室に貯蔵し未だ殆んど変化しないものは其粉末の親水性が大で、水和したものは水の其後に於ける滲透のしにくい様な膜壁を生成するが冷蔵庫に貯蔵され変化したものは斯様な傾向が少なく、粉末粒子間に水の滲透し行くことが容易であるためである。

(2) 温室に保存し未だ殆んど変化してゐないものと考へられる資料の粉末が水を吸収し膨化し始めると、幾つもの塊状体となつて、亂雑な方向に突き上げる様な状況を呈しながら容積を増大する傾向が大きく、従つてそれ等の塊状体間に間隙を生じ、其上膨潤体の上面には可なりの凹凸を生じて正確に容積を決定し難い。従つて本実験に於て記録した数値は膨潤体上面の凹所と凸所

との容積を読み、兩者を合して平均したものを以てしたのである。冷温に貯藏し変化したと考へらるる検体の粉末は斯様な傾向を示すことが比較的少なかつた。

(3) 本実験に於て前項に記載の如き正確な測定上の困難があつて反覆実験に於て其測定結果が如何に測定上の條件を一定に保持することに力めて見ても正確な一致を得ることが出来難く、従つて検体間に於ける瓊末の変化を検出する等云ふことは全く期待の出来ないことである。而も又本実験方法に於ても結果を得るのに長時間を必要とすることは実験1の場合と同様である。

(4) 実験1に於て見られた如く本実験に於ても、炊飯後冷温に貯藏する時には比較的速かに飯粒の硬化と共に脱水飯粉末の膨潤度を順次に低下することを示してゐるが、他方中温に貯藏されたものは殆んど変化しないものの様に觀察された。

實驗 3

本実験に於ては実験1の場合に於ける如くに、振盪機によつて一定量の脱水飯粉末を一定量の水中に振盪分散させ、次で遠心分離機にかけて、分離される沈降量(c.c.)を測定する方法を使用した。即ち次の如くである。

0.5gの脱水飯粉末を試験管に取り、8c.c.の蒸溜水を注入し、密栓して約10度位の勾配を以て試験管を水平振盪機(1分間の往復130回、1往復長260cm)に取付け、20分間振盪して分散させ円錐形の沈澱管に移し入れ、約7c.c.の水を以て洗ひ入れ、遠心分離機(沈澱管架臺廻轉車の徑は約16cm)にかけ3,000R.P.M.の廻轉数を以て30分間遠心分離を行ひ、分離沈澱された膨潤飯粉末の容積(c.c.)を読取り、比較を試みた。此際使用の蒸溜水の温度は12°C前後であつた。以上の如く決定する迄に、検品を水中に分散させるに必要な振盪時間、振盪後遠心分離機にかけける迄の経過時間の爾後の結果に及ぼす影響、遠心分離機の適當と思はれる廻轉数と時間数等についても、それぞれ実験を重ねたが煩瑣のため、それ等の結果については茲に記載しない。唯注意すべきことは資料を水中に分散させて遠心分離機にかけける迄の経過時間が長くなると、炊飯直後の飯から得た資料の如きものにあつては其結果に変化を來し、経過時間の長くなるにつれて沈降容積の減少する傾向を有してゐることが認められた。従つて分散を終れば直ちに沈澱管に移し、遠心分離機にかけることが必要であつた。但し炊飯後時日を経過し澱粉に逆戻り変化の現はれたものから得た資料に於ては斯様な傾向が殆んど認められなかつた。以上記載の方法を以て、炊飯後冷蔵庫(約4°C平均)に於ける経過時間数と膨潤度との関係について実験した結果を表示すると第6表及第7表の通りである。

第6表 炊飯後冷蔵庫(約4°C平均)に保存期間と脱水粉末の膨潤度(c.c.)

検品番号	飯の保存條件	測定結果(c.c.)				飯の狀態
		I	II	III	平均	
1	炊飯後1時間	7.4	7.6	7.7	7.6	粘着性大で柔軟 柔軟粘着性・但し酒精にて脱水処理の際に飯粒相互の粘結性を稍々低下し、磨碎が検品Iに比較して樂である
2	冷貯24時間	3.4	—	—	3.4	

3	冷 貯 48 時 間	2.9	2.9	2.9	2.9	尚ほ柔軟であるが潰すと微かに白化の傾向が感ぜられる。粘着性が減少し、酒精脫水処理の際に飯粒相互間の粘結性が殆んど見られぬ粘着性可成に減少する
4	冷 貯 96 時 間	2.5	2.5	2.5	2.5	
5	冷 貯 192 時 間	2.45	2.45	2.4	2.4	
6	冷 貯 312 時 間	2.2	2.2	2.2	2.2	
7	冷 貯 31 日 間	2.0	2.0	—	2.0	同 上

(1) 炊飯後1時間の試験資料に於ては沈澱層は上中下の三層に出来、下層は最も濃密で、上層のものは比較的に見て薄い。併し是等三層間の境界線は模糊として捕へ難い。上表の記載の数字は上層の界線の読みである。冷蔵庫に置いたものでは沈澱は單層であつて、界線も比較的明瞭である。

(2) 4°C 前後の低温に保存の場合には白米飯は 48 時間にて硬化の兆候を見せ、96 時間にて硬化現象を示し、192 時間以後にて可なり顯著に現はれる。其際に於ける膨潤度は 2.5c. c. 以下であつた。

(3) 本方法による時には比較的短時間内に結果を求めることが出来る利益がある。

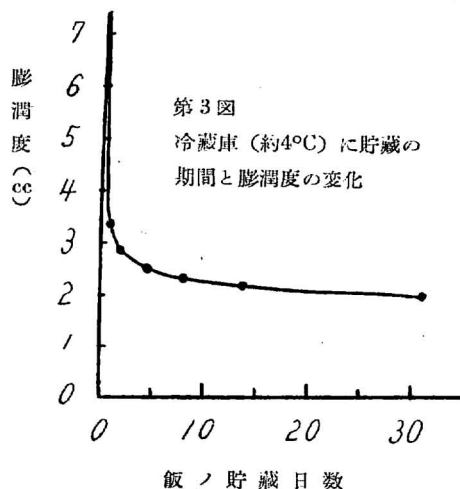
第7表 炊飯後温室(約37°C)内に保存の期間と脱水飯粉末の膨潤度(c.c.)

飯 の 保 存 期 間	炊飯後1時間	1 3 日 間	3 1 日 間	6 7 日 間	9 3 日 間
膨 潤 度 (c.c.)	7.6	6.9	7.5(3.3)	6.8(4.3, 2.7)	6.9(4.4, 2.7)
飯 の 状 態	柔軟, 粘着性	柔軟, 粘着性	柔軟, 粘着性	柔軟, 粘着性	柔軟, 粘着性

上表の結果に見られる様に、3ヶ月經過後に於ても略 37°C の温室内に保存された場合には、飯は柔軟、粘着性を保持して余り変化がなく、又膨潤度にも変化が殆んど見られない。即ち 37°C の如き比較的高温の場所に、炊飯後直ちに飯を保存すればかなりの期間に亘つて其の柔軟性、粘着性並に膨潤性を保持することの可能性を示唆する。

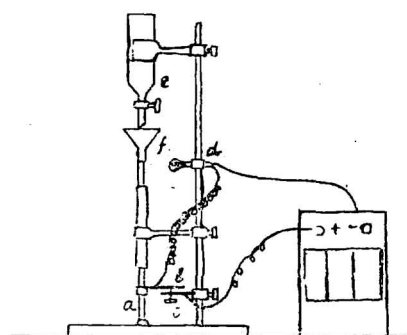
實 験 4

飯粒が荷重によつて約 0.9mm の厚さに逆壓縮され又は押潰されるに要する重量(g)を次図の如き装置を使用して測定した。本測定装置は手製のものであるから勿論嚴密な測定数値を期待することが出来ないが、必要な比較の数値が得られ炊飯後飯が一定の條件下に於て硬化する状態



を追跡することの出来るものと考へ本実験を行つて見た。

径 9mm の硝子棒 a の下端に飯粒を置き e の水銀溜より f なる漏斗形受器(二重に出来てゐて水銀を受ける容器は硝子製であつて簡単にこの装置から取りはずしが出来る)に水銀を滴下流入させ、飯の上に次第に荷重を増加する様にして、遂に飯粒が其荷重に耐へ得ないで壓縮され又は壓潰されて飯粒を載せた載物硝子と硝子棒 a の下端との間隙が 0.9mm になつた時に e の尖端が b 板に接觸し d の電球に点灯する如くに調節して置き、点灯した瞬間に e のコックを閉ちて水銀の滴下を停止し(但し此際僅かに入れ過す欠点は装置の構造上已むを得ない。



第 4 図
飯の抗圧潰力測定装置 概略図

い。電氣を使用して自動的に水銀の滴下を停止する様な機構を此装置に付加すれば、以上の欠点が改善され余程正確化されるものと思ふ) f 内に入つた水銀の重量を秤量し、それに f 及 a なる装置の重量を加算したものを以て、飯粒が荷重のために壓縮又は壓潰(硬化現象を生じたものは白化して破碎する)される際の重量とした。今之れを假りに飯粒の抗壓潰力と呼ぶことにする。

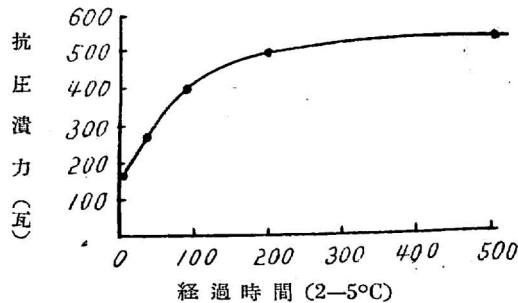
白米 4.1g と水 5cc とを試験管内に溶封し、100°C 60 分間の加熱を約 1 日間隔に 2 回繰返し行ひ、3~5°C の冷蔵庫に入れ、貯藏時間の経過と上記の抗壓潰力の変化を測定して見た。第 8 表に見る如く飯粒の抗壓潰力は個体間の差の極端に大きなものがあるからして、比較的良く全体を代表する程度の測定結果を得るためには 100 回程度の測定が必要と思はれたが、それに要する時間が大変であるため 10 粒の飯粒についての測定に止めた。

第 8 表 炊飯後の経過時間と飯粒の抗壓潰力(g)の変化

検品 番号	保存条件	抗 圧 潰 力 (g)			飯 の 状 態
		平 均	最 大	最 小	
1	加熱後 4 時間	165	206	127	柔軟で粘着性
2	冷 貯 46 時間	273	356	158	粘着性減少し、圧潰により僅かに白化の感あり
3	冷 貯 94 時間	407	624	265	圧潰すると白化して崩壊、尚ほ多少粘着性あり
4	冷 貯 213 時間	491	577	413	圧潰すると白化して崩壊、極く僅かに粘着性あり
5	冷 貯 497 時間	508	576	317	圧潰すると白化して崩壊、粘着性殆んどなし

上表の結果を図に描くと第 5 図の如くなる。図に於て見られる様に、3~5°C の様な低温に於ては、1 週間乃至 10 日間を過ぎると、飯の硬化曲線の変化が、極めて緩慢になるが、それ迄は可なり急激な変化をするものであることが見られる。斯様な変化傾向は膨潤度曲線(第 3 図)に於ても同様に認められる。

第5図 飯の貯蔵と抗圧潰力



試験結果の摘要と考案

(1) 以上の実験結果よりして罐詰飯の貯蔵中に於ける硬化現象を追跡して数字的に之れを記録して、罐詰飯硬化現象研究の一資料を得やうとするには実験3及4の方法が比較的利用の價值あるものの様に考へる。

(2) 本実験に於て罐詰飯の硬化現象に対する保存温度の影響の大であることを知つた。そして4°C前後の低温に於ては既に24時間経過すれば其兆候を示し、4日間も経過すると可成り硬化する。然るに37°Cの温室内に保存する場合には3ヶ月を経過しても殆んど硬化現象を示さない。従つて罐詰飯の硬化速度の遲速を論ずる場合に其罐詰の保存された環境の温度を無視するならば無意義に等しいと云へる。

(3) 實際的方法としての可否を別とすれば炊飯罐詰の製造後直ちに或一定温度以上の温度を保持する場所に保存すれば飯の硬化を阻止する一つの方法となり得る。而して其の温度限界を見出すことが興味が有り、そして必要な此後に残された問題の一つである。(昭和19年4月)

文 献

- (1) 櫻田一郎、淵野桂六、理研彙報：12, 10, 761—770. 昭和8年
- (2) 北野登志雄、理研彙報：13, 3, 235—249. 昭和9年
- (3) 櫻田一郎、北野登志雄、淵野桂六、理研彙報：14, 15, 361—373. 昭和10年
- (4) 佐藤静一、渡邊與五郎、醸造学雑誌：15, 3, 180—183. 昭和12年
佐藤静一、竹内孝三、醸造学雑誌：15, 4, 296—300. 昭和12年