

## 電子ジャー保温飯のビタミンと変異原性の消長

器種, 精白米及び強化米の相異\*

石井隆一郎・吉川賢太郎・上田茂登子・葉室仁子・原田幸子\*\*

### Vitamin Contents and Mutagenicity of the Cooked Rices Keeping Warm in various Electric Rice Cookers Differences by the Cookers, Various Kinds of Milled Rices and Enriched Rices\*

Ryuichiro ISHII, Kentaro YOSHIKAWA and Motoko UEDA  
Zinko HAMURO and Satiko HARADA\*\*

#### Synopsis

In order to achieve the purpose of this title, the vitamin B<sub>1</sub> and vitamin B<sub>2</sub> contents in cooked rices were determined by using the photofluorometry and the mutagenicity of these were assayed in *Salmonella typhimurium* TA 98 and TA 100 strains using the method of Ames *et al.*

In the next report the mutagenicity of the cooked white rice warmed for 24 or 36 hrs are weak, using TA 98. However in this investigation the revertant colonies per 1.2 g of the cooked rice, warmed for 36 or 48 hrs was less than 71 in TA 100 and the dose-response curves of the mutagenicity were not obtained. Even these scorched rices had little mutagenic action in TA 100. Vitamin B<sub>1</sub> retentions of the cooked white rices, warmed for 12 hrs were 76~83% in a 1.5 l cooker, 70% in a 2 l cooker, and these retentions, warmed for 36 hrs were 42~72% in the 1.5 l cooker, 49% in the 2 l cooker. On the B<sub>1</sub> contents of the warming cooked rices, these rices sampled from near the wall of the cooker were less than ones sampled from the center of the cooker. The B<sub>1</sub> retentions of brown rice, half-milled rice and undermilled rice, cooked and warmed for 12 hrs were 94%, 73~86% and 77% respectively. However, these B<sub>1</sub> contents were much higher than the cooked white rices, warmed for the same hrs. The B<sub>1</sub> retentions of the enriched rices using polyrice were 66~92% when these cooked rices warmed for 12 hrs, but the B<sub>1</sub> contents were 121~186 µg%. Throughout all the experiments the B<sub>2</sub> contents in these rices during warming reduced little. From the facts described above, the results were as follows: the limiting time of warming of cooked rice was 12 hrs because of the loss of palatability and the retention of B<sub>1</sub>. These B<sub>1</sub> contents were varied with the cooking and warming conditions and also different from the descriptions of these cookers. The B<sub>2</sub> contents did not reduce during warming in order to its thermostability.

Judging from the bioassay for B<sub>1</sub>, using common finches, the negative correlation between birds' ages and warming time of the cooked white rices was statistically significant at the level of 1% (N = 45 r = 0.463). No bird did die by the addition of B<sub>1</sub>·HCl solution to even the cooked

---

・本報告の一部は日本食品衛生学会(昭和53年5月東京)において発表した。なお、本研究の一部は本学公害研究所研究助成金によった。  
・食品栄養学科食品衛生学研究室(Lab. of Food Hygiene, Dept. of Food and Nutrition, Kinki Univ., Higashi-osaka, Osaka, 577 Japan)

rice, warmed for 36 hrs. No other harmful substance which kill even one bird was produced during warming, except the loss of B<sub>1</sub>.

## I 結 言

電子ジャーは1969年発売以来、その簡便性のために、一般家庭の必需品となりつつあり、米を主食とするわが国の食生活にエポックメイキングな喜ばしい改善をもたらしつつある。しかし、一度炊飯した飯を、保温しつつ長時間保持することは、栄養や衛生の面で何の危険も生じないのであろうか。

山野ら<sup>1)</sup>は「電気ジャーの米飯食用性の保持効果」のなかで、米飯のテクスチャーの特徴としてその硬さは経時的に増大し、附着性は経時変化はほとんど示さなかったが、微妙な変化をとらえるためにはテクスチュロメーターの感度を上げる工夫が必要とし、保存米飯に品質劣化の傾向があるとしている。官能検査結果では20.5 hrsまでは対照と有意差がなかった。

色の評価では、1日後までは色差計では色の変化はほとんどみられなかったが、米飯表面の肉眼観察では、16 hrs後でもかすかなクリーム色、23 hrs後までは対照と比較しないと色の差は感知しがたいと言う。フレーバーの評価では官能検査結果では14 hrsで対照と明確な差を示す。また、その異臭は米ぬか類似臭であって悪臭ではないという。要するに上部加熱式保温器は、炊飯直後と変わらない物理状態や食味を約1日間保持し得るとみなしている。また、衛生上の安全性についてのこの心配は1973年の新聞<sup>2)</sup>の投書にもあらわれており、これに対し、電子ジャーメーカーの松下電器産業炊飯器事業部<sup>3)</sup>では次のように答えている。

ご飯が黄色く変色するまでの時間は、温度が高いほど短く保温温度70°Cでは、がまんできる程度の変色が認められるまでの時間は25 hrs、80°Cでは10 hrs、56°Cでは400 hrs以上が必要だが、温度が60°C以下になると細菌の繁殖、とくに空気中の枯草菌は62~63°Cでも繁殖するので、電子ジャーの温度を70°C以下にすることはできない。電子ジャーの電源を切ったり、入れたり、また、途中で冷たいご飯を入れて温めると、細菌の繁殖に最もよい温度帯を通過することになり、ジャー自体が細菌の培養器にもなりかねない、と言って注意を促している。そして電子ジャー保存時間はせいぜい15 hrsとしている。しかし、これらのことは何れも保温飯の食味や外観上の変化を取扱って栄養成分の分

析や衛生の科学的なバイオアッセイの結果ではない。

また、各種精白米や白米などのとぎ洗い、炊飯時のビタミンの損失については、電子ジャーを使わない従来の炊飯ながら、その消失が意外に大きいことが知られている。すなわち、1944年小山ら<sup>4)</sup>は白米の軽洗でそのビタミンB<sub>1</sub>は23%を失い、普通のとぎ洗いで54%を失うとし、炊飯による損失は平均15%で、とぎ洗い、炊飯を合して18~47%の損失があるとし、玄米、7分搗米、配給米にも言及している。また、足利ら<sup>4)</sup>はとぎ洗い時のB<sub>1</sub>残存率は白米で軽洗45%、強洗34%、B<sub>2</sub>は25~38%の減少でB<sub>1</sub>に比べると少ない。炊飯によるB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>はともに10~20%の減少としている。

有本ら<sup>5)</sup>によるとこれらの損失はさらに大きく、とぎ洗い、炊飯による全損失は白米では77~91%であると言う。また、八木ら<sup>6)</sup>によると水道水による白米とぎ洗い時の損失は38%、炊飯時のそれは27%であると言う。炊飯までに、以上のB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>を損失し、さらに長時間にわたる保温によって、簡便性の代償として何が約束されているのであろうか。そこで、著者らはまず、十姉妹飼育試験によって保温飯のビタミンB<sub>1</sub>の損失とその消失による十姉妹の生存日数の短縮ならびにB<sub>1</sub>添加による生命の延長を立証し、さらに保温時に生成する突然変異原性とその抑制作用とを検討した。この変異原性は本報告では*Salmonella typhimurium* TA100について実験したが、次報では*Salmonella typhimurium* TA98を誘発するFrame-shift型について報告する。さらに本報告では電子ジャーの器種、玄米、半搗米、7分搗米、白米、白麦米とその添加白米ならびにポリライス強化白米等の炊飯後の0~36 hrs保温下のビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>などの相異などを比較検討し、ビタミン損失、変異原生成の面からその安全性を検討し、電子ジャー使用上の安全指針を作成したので以下に報告する。

## II 実験材料と実験方法

米の種類・電子ジャーの器種 米の品種、産地とその略記号は次のようである。

R 1 : 新潟県産 越路早生水稲うるち玄米

R 2 : 福島県産 豊年早生 //

R 3：福井県産 日本晴 //

R 4：福井県産 日本晴 //

上記玄米を精米所にて半搗米，7分搗米，白米に精白し実験に供した。なお，白米は未強化市販品を使用し，ポリライス（栄養強化白米，ジベンゾイルチアミン「DBT 塩酸塩」2.58 mg，ビタミン B<sub>1</sub> 1.5 mg に相当を，米 10 kg に 50 g の割合に混合するのが標準的な使用方法，武田食品工業株式会社製）は任意に白米に添加して強化米を作った。また，電子ジャーの器種と明細は Table 1 のようである。

Table 1 Description of electric rice cookers

	Cooking volume, l	100 V, watt for cooking	100 V, watt for warming
A	1.5	550	70
B	2.0	700	90
C*	2.2		18
D*	1.6		17

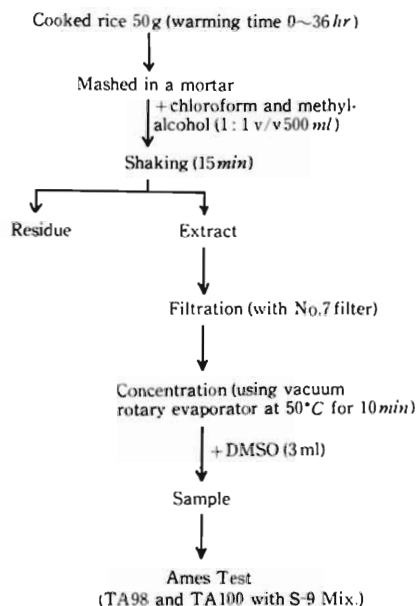
\* Electric warming pot

ビタミン B<sub>1</sub> の測定<sup>8,9)</sup> 浸出：米飯 5 g を 0.1 N 硫酸 70 ml とともに磨砕し，沸とう湯浴中に 10 min 加温，冷後 4 M 酢酸ナトリウムで pH 4.5 に調整し，白土処理タカジャスターゼ B 液 4 ml，トルエン数滴を加え，38~40°C で 1 夜酵素処理後，ろ過し，ろ液を 100 ml にメスアップして浸出液を調製した。吸着・溶出：上記浸出液 25 ml を 50~80 メッシュの精製パームチット（和光純薬ピタチェンジ B<sub>1</sub> 定量用をあらかじめ水洗，3%酢酸洗浄，25%塩化カリウム液洗浄，3%酢酸洗浄，水洗浄をし，60°C で乾燥したもの）カラムに吸着させ，沸とう中の 25%塩化カリウム・0.1 N 塩酸溶液 25 ml で B<sub>1</sub> を溶出させる。酸化・抽出・測定：B<sub>1</sub> 溶出液 5 ml にブロムシアン液 6 ml，30%水酸化ナトリウム液 4 ml，ブタノール 10 ml を加えて振とうし，酸化，抽出を行い，ブタノール層を無水硫酸ナトリウムで脱水し，生じたチオクロームを蛍光分光光度計（島津 RF500）で測定した。励起光 380 または 385 nm，蛍光を 446 nm。なお，B<sub>1</sub> 溶出液は B<sub>1</sub> 添加，主検，盲検の 3 本について同様の処理を行った。

ビタミン B<sub>2</sub> の測定<sup>8,9)</sup> 浸出：B<sub>1</sub> と同様の浸出，酵素処理液を用いた。光分解・抽出：上記の処理液 4 ml に 1.5 N 水酸化ナトリウム液 2.25 ml を加え，蛍光燈を照射して B<sub>2</sub> をルミフラビンに光分解し，これをクロロホルム 6 ml とともに振とうしてクロロホルム層にルミフラビンを抽出した。測定：

これを上記の蛍光分光光度計で，励起光 473 nm，蛍光 512 nm で測定した。この場合も，B<sub>2</sub> 添加，主検，盲検について同様の処理を行い計算した。

突然変異原性の検出 米飯からの変異原性物質の抽出は Scheme 1 のようである。すなわち，クロロホルム・メタノール（1：1）で抽出し，ロータリーエバポレーターで濃縮後，DMSO（Dimethyl sulfoxide）に転溶して AMES テストを行った。AMES テストは既報の文献<sup>10,11)</sup> に従い，*Salmonella typhimurium* TA100 で行った。*Salmonella typhimurium* TA98 の結果は次報で報告する。



Scheme 1 preparation of the extract from cooked rice for Ames test

変異原性抑制作用の検出 電子ジャーで保温中，変異原のみならず変異原抑制因子も生成する可能性も考えられるので，次のように抑制作用を検出した。

Jm-p (Jack mackerel pyrolysate) の調製：アジを 3 枚におろし，ガスロースターで片面，各 30 min ずつ黒焼きにする。この黒焦げ部分を乳鉢ですりつぶし，3 倍容のメタノール・クロロホルム（1：1）混液で抽出する。

この抽出液をロータリーエバポレーターで 65°C で濃縮，乾固後，DMSO に溶解して，アジの変異原物質エキスとして使用した。

Jm-p の変異原性の抑制：ソフトアガー 3 ml に，Jm-p の 1/20 希釈液 0.1 ml，S9 mix 0.3 ml，さらに 0.01~0.1 ml 保温飯抽出液（Scheme 1 参照）を蒸留

水で0.5 mlに希釈したものを添加混合した。これら混合ソフトアガーをよくかき混ぜ、MBB培地にまき、37°C、48 hrs培養し、His<sup>+</sup>コロニー数を計測した。

ビタミンB<sub>1</sub>のバイオアッセイ ビタミンB<sub>1</sub>の生物検定法については高田の報告<sup>14)</sup>に従い、保温時間を異にする白米飯を十姉妹に給餌し、その生存日数によるB<sub>1</sub>の残存量を予想し、B<sub>1</sub>溶液添加飯による延命状態を観察した。十姉妹はまず粟、ひえ等量混合飼料で10日間飼育し、その後12.3~15.5gの鳥をランダムに各実験区に別け、一実験区各9~12羽ずつとし、3~4羽ずつ一つのケージにいった。炊飯直後から5, 12, 24, 36 hrsと5期の保温飯を

作り、十姉妹に朝、夕2回給餌した。保温飯と水は自由に摂取せしめたが糞などはケージの下に落下させ、喫食せしめないよう留意した。室温はパネルヒーターで15~20°Cとした。

### III 実験結果

保温飯と十姉妹の生存日数<sup>7)</sup> 実験区の鳥は10日間は固形飼料(粟、ひえ等)を与えられていたが実験期に入って、急に軟かい水分の多い保温飯を与えられたため、最初の1~3日間は各実験区とも絶食して餓死するものが1~6羽もあった。喫食を続けたものは10数日生存し、B<sub>1</sub>含量に応じて11.3~14.3日間生存した。

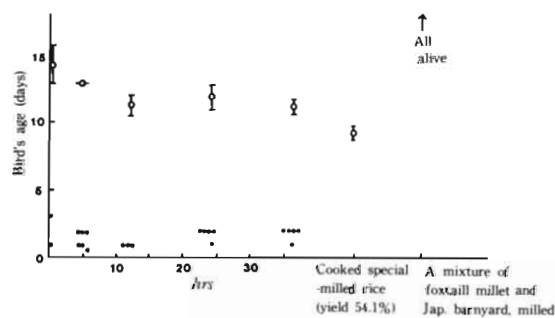


Fig. 1. Effect of warming time on the ages of Common finches. ●. Bird's age during first 1~3 days; birds starved themselves to death, as their foods suddenly changed. Vertical bars indicate the standard deviation.

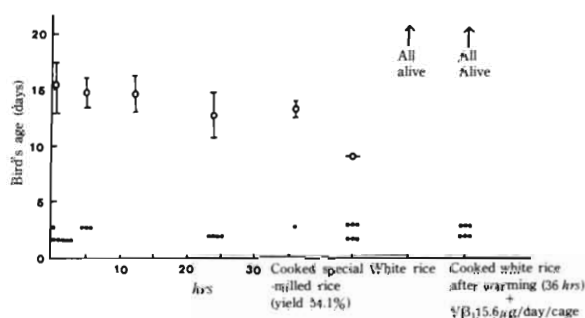


Fig. 2. Effect of warming time of the cooked white rices in electric rice cookers on the ages of Common finches. Both 1.5 l cooker and 2 l cooker were alternately used to get these cooked rices. The other description is the same as Fig. 1.

Table 2 Appearances of these cooked rices using several cookers.

	Browning					Taste				
	0	5	12	24	36 hr	0	5	12	24	36 hr
A	-	-	1	3	3	-	-	1	1	3
B	-	-	1	1	1	-	-	1	2	2
C	-	-	-	1	1	-	-	1	1	3
D	-	-	-	-	1	-	-	-	1	2
	Unpleasant smell					Appearance				
A	-	-	1	1	3	-	-	dried 1	dried 2	dried 2
B	-	-	1	2	2	-	-	not glossy	dried 1	dried 1
C	-	-	-	1	3	-	-	-	not glossy	dried 1
D	-	-	-	1	2	-	-	-	-	not glossy

- : No change.

1: A little change.

2: A medium change.

3: A bad change.

これに反して 15.6  $\mu\text{g}/\text{日}/\text{ケージ}$ の  $B_1$  溶液を, 36 hrs 保温飯に添加して与えた区は, 白米自体, および粟, ひえ混合餌料区ともに実験期間中は 1羽も死亡しなかった。このことから十姉妹への死は  $B_1$  の欠乏によるもので, 保温により十姉妹をへい死せしめるほどの有害物質は生成していないことがわかった。

**保温飯の外観・臭味・呈色** Table 2のように褐変現象(薄い黄色)は 12 hrs から始まる器種もあるが一般には 24 hrs からで, 呈味も 12 hrs からやや低下し, 臭気, 光沢を失い, やや乾燥ぎみになるのも 12 hrs からの器種もあったが, 一般には 24 hrs をすぎる頃から明確になってくる。しかし, これも炊飯条件, 水分が多いとこの傾向は弱められる。冬季における炊飯, 保温時の温度変化の一例を示すと Fig. 3 のようで, 長時間保温では 1.5 l 容ジャーでは約 90°C, 2 l 容ジャーでは 74~75°C を維持していた。

**保温飯の変異原性とその抑制作用** 次報では TA98 の変異原性を報告する予定であるが, 今回は TA100 の変異原性を検討した。その結果は Table 3, 4 および Fig. 4 のようで, とくに Fig. 4 では Dose-

response curves がえられず, Table 3, 4 に示すように, 何れもわずかに変異コロニーを誘発しているが, 対照の変異コロニー 178 に比してコロニー数が少なく, TA100 で変異原性が検出したとは言えない。また, Table 5 のように抑制作用も検出された。

保温飯の  $B_1$ ,  $B_2$  とジャーの器種・その中心部と器

Table 3 Mutagenicity of cooked rices using several kinds of rice cookers.

Cooker	hrs	Warming Temperature°C	Revertant colonies /plate* TA100
A 1.5 l	32	94 ~ 98	0
	36	94 ~ 98	68
	48	94 ~ 98	52
B 2.0 l	32	74 ~ 75	19
	36	"	60
	48	"	61
C 2.2 l	36	62 ~ 64	70
D 1.6 l	36	79 ~ 80	30

Cooked white rices were warmed for 32~48 hrs in each cooker.

The spontaneous revertants were 187 and have been subtracted, but these dose-response curves were not obtained in TA 100 strain.

\* 1.2 g cooked rice/plate, with S9 mix.

Table 4 Mutagenicity of cooked white rice after warming for 0~36 hrs in 1.5 l cooker.

Warming hrs	Sampling spot*	Revertant colonies/plate	
		1.2 g/plate**	0.1 g/plate**
0	C	0	0
	W	0	22
5	C	0	41
	W	0	25
12	C	0	40
	W	0	1
24	C	0	17
	W	0	43
36	C	31	35
	W	43	34

\* C : Samples from the center of the cooker.

W: Samples from near the wall of the cooker.

\*\* Weight of cooked rice/plate.

The spontaneous revertants were 178 and have been subtracted, using TA 100 with S9 mix.

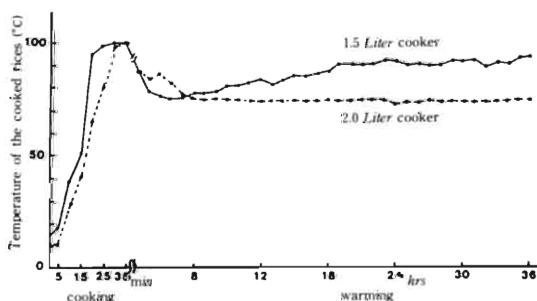


Fig. 3. Temperature change of the cooked white rice during warming using 1.5 l or 2 l volume of the cooker in winter.

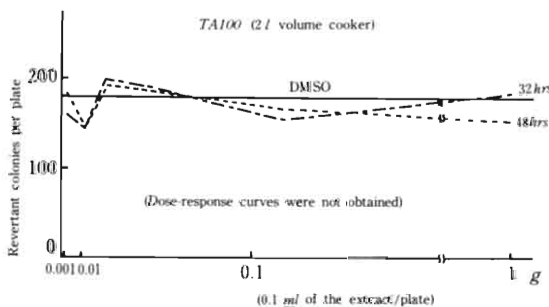


Fig. 4. Dose-response curves of the mutagenicity of the cooked rices after 32 or 48 hrs of warming.

壁 1.5 l 容ジャーと 2 l 容ジャーについて白米保温飯の比較をしたものが Table 6 である。いずれも飯そのものの見掛け上の残存率<sup>o</sup>で示した。乾物量の残存率は計算できるよう水分を付記した。

1.5 l 容ジャーでは B<sub>1</sub> の残存率は 12 hrs で 76~83%, 36 hrs で 42~72%, とくに B<sub>1</sub> の多い米は残存率も多かった。2 l 容ジャーでは 12 hrs で 70%, 36 hrs では 49% で、米の品種や炊飯条件で、必ずしも一定の残存率がえられなかった。これは炊飯直後の B<sub>1</sub> の値が低いため、わずかの B<sub>1</sub> の減少が大きく、残存率にひびくため、これは個々の例の率ではなく各例の平均値で論ずる問題であろう。B<sub>2</sub> の残存率は各例ともほとんど変わらず、36 hrs 後で、

Table 5 Inhibition of the mutagenicity\*\* of Jm-p by the rice extract\*.

rice extract ml /plate	Revertant colonies /plate
0.01 +Jm-p	680
0.1 +Jm-p	240
Jm-p	760

\* The cooked white rice was warmed for 36 hrs in 2 Liter volume cooker.

\*\* Using TA98 with S9 mix

Table 6 Comparison between 1.5 l cooker\* and 2 l cooker\* on the B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked white rices during warming.

Volume of cooker	Warming time hrs		0	5	12	24	36
1.5 l	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	35.7	33.3	27.1	26.5	25.7
		R %	100	93.3	75.9	74.2	72.0
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	11.2	11.7	8.4	10.7	10.0
		R %	100	104	75.0	95.5	89.2
R 2	Moisture %	64.3	64.6	(58.4)	(57.7)	—	
1.5 l	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	24.9	22.9	20.6	16.1	10.4
		R %	100	92.0	82.7	64.6	41.8
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	13.5	13.0	13.1	13.5	13.9
		R %	100	96.3	97.0	100	102
R 3	Moisture %	65.8	62.3	61.0	61.9	59.9	
2 l	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	27.2	23.8	19.1	15.4	13.3
		R %	100	87.5	70.2	56.6	48.9
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	14.6	13.8	12.7	13.1	12.6
		R %	100	94.5	87.0	89.7	86.3
R 3	Moisture %	63.7	63.9	63.0	62.4	—	

\* 1.5 or 2l pot: Cooking volume of each cooker.

Milling yield of the rice is 92.2%.  $\mu\text{g}\%$  and R % are on wet basis.

1.5 l 容ジャー 89~102% であった。1.5 l 容ジャー内部の器壁近くと中心部での保温飯の B<sub>1</sub> 残存率では、器壁の方がわずかに低下していた。B<sub>2</sub> のそれはほとんど変らなかった (Table 7)。

新, 旧白米保温飯の B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> Table 7, 8 を比較すると、何れの保温時でも古米の B<sub>1</sub> が低い。古米は新米の精白後約 8 ヶ月を経たものを使用した。B<sub>2</sub> はほとんど変化はなかった。

7 分搗米, 半搗米の保温飯の B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> 1.5 l 容ジャーでの結果は Table 9, 10 のようである。7 分搗米の 12 hrs 後の B<sub>1</sub> の残存率は 77%, 36 hrs 後は 59% であったが、半搗米のそれは 12 hrs 後で 73~86%, 36 hrs 後で 35~67% とかなりの変動を示した。やはり加水量, 吸水時間など炊飯条件が影響していると思われるが、一方では炊飯時の含有 B<sub>1</sub> 量そのものにも関係している。しかし白米飯と異なり、炊飯時の B<sub>1</sub> および保温中の B<sub>1</sub> 含量が多いことも、精白度の低いほど B<sub>1</sub> が多いこととともに特徴的である。

玄米の保温飯の B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> Table 11 のようである。R1 は通常の炊飯条件では、玄米は内部まで、熱が通りにくいいため、一度炊飯後、温湯を加え、さらに炊飯した。そのため、やや水分が多く、この事が B<sub>1</sub> の残存率をかなり高いものにしてている。12 hrs 後で

Table 7 Effect of location of the rice in the cooker\* on B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked white rice.

Rice No.	Location	Warming time hrs	0	5	12	24	36
R 3	Center	B <sub>1</sub> $\mu\text{g}\%$	24.8	22.9	20.4	16.7	11.0
		R %	100	92.4	82.2	67.3	44.2
		Moisture %	67.5	62.9	61.0	62.1	60.2
	Wall	B <sub>1</sub> $\mu\text{g}\%$	24.2	22.3	19.3	14.9	9.7
		R %	100	92.1	79.8	61.6	39.9
		Moisture %	67.6	63.0	60.9	62.1	60.1
	Center	B <sub>2</sub> $\mu\text{g}\%$	14.2	13.7	13.2	14.4	14.1
		R %	100	96.2	93.0	101.4	99.1
		B <sub>2</sub> $\mu\text{g}\%$	14.4	13.8	13.1	14.0	14.2
	Wall	R %	100	96.1	91.0	97.2	98.7

Center : A sample from the center of the cooker.

Wall : A sample near the wall of the cooker.

\* 1.5 l of cooking volume.

Table 8 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked old-milled white rice during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36
R 3	B <sub>1</sub> $\mu\text{g}\%$	20.7	18.9	16.1	8.8	7.4
	R %	100	91.3	77.8	42.5	35.7
	B <sub>2</sub> $\mu\text{g}\%$	13.0	12.7	12.2	13.2	12.5
	R %	100	97.7	93.8	101.5	96.2
	Moisture %	64.0				61.1

Table 9 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked under-milled rice\* during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36
R 2	B <sub>1</sub> $\mu\text{g}\%$	39.3	36.6	30.3	26.5	23.3
	R %	100	93.1	77.1	67.4	59.3
	B <sub>2</sub> $\mu\text{g}\%$	10.3	10.2	10.3	10.4	9.9
	R %	100	99.0	100	101	96.1

\* Milling yield 94.14%.

94%, 36 hrs 後でも 71% であった。しかし、R3 は通常の炊飯条件を一回行っただけで、硬いめの飯となり、そのため内部まで充分水分が通らなかったためか、B<sub>1</sub> の残存率が R1 に比べても、また一般の保温飯に比べても著しく低下し、炊飯条件、とくに含水率がジャーの B<sub>1</sub> 破壊に大きな影響を与えていることを知った。

白麦米，ポリライス強化白米の保温飯の B<sub>1</sub>，B<sub>2</sub>

Table 12 は白麦米，Table 13 はポリライス強化白米の保温飯の成績で、白麦米の添加が全容積の 1/6 であった関係で、やや B<sub>1</sub> が増加した程度であったが、さらに添加量をあげれば B<sub>1</sub> 強化の目的を達することも可能である。さらに、B<sub>1</sub> 残存率も上昇したが、炊飯直後の B<sub>1</sub> 自体が低値であるため、そのままの高い残存率が多量の白麦米添加の場合でも、同様の結果を生むかは検討を要する。ポリライス強化白米

Table 10 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked half-milled rices during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36	
R 1	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	74.9	64.4	59.7	52.1	46.6
		R %	100	94.5	85.9	75.0	67.1
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	13.1	13.0	12.0	12.7	11.8
		R %	100	99.1	92.1	96.4	90.0
	Moisture %		66.6	66.0	65.8	65.5	—
	R 2	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	93.9	74.5	68.6	43.8
R %			100	79.3	73.0	46.6	34.5
B <sub>2</sub>		$\mu\text{g}\%$	13.3	12.5	11.1	13.0	13.8
		R %	100	94.0	83.5	97.7	104
Moisture %		64.0	64.0	64.0	64.0	61.2	
R 3		B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	83.0	80.0	69.4	46.8
	R %		100	96.4	83.6	56.4	37.6
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	15.2	13.4	14.7	15.5	14.9
		R %	100	87.9	96.1	101	97.4
	Moisture %		64.0	64.0	64.0	64.0	61.2

Milling yield: R 1, R 3 96.0%, R 2 95.3%.

Table 11 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked brown rices during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36	
R 1*	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	135	124	128	103	95.6
		R %	100	91.7	94.3	76.2	70.7
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	22.4	20.6	21.2	21.3	19.2
		R %	100	92.0	94.6	95.1	85.7
	Moisture %		65.0	64.8	63.5	62.7	—
	R 3**	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	147	133	94.4	57.6
R %			100	90.5	64.2	40.5	25.0
B <sub>2</sub>		$\mu\text{g}\%$	18.8	18.6	19.1	18.2	16.9
		R %	100	98.9	102	96.8	89.9
Moisture %		62.9	62.5	62.9	61.6	59.5	

\* Ordinary cooking was repeated twice with addition of hot water.

\*\* Ordinary cooking was not suitable for the brown rice.

はポリライスそのものが B<sub>1</sub> 強化用に製造されただけあって十分に強化の目的を達していた。ただし、R1, R2 のように保温中の B<sub>1</sub> の残存率に大きな変動がみられた。これはポリライス自体が白米に対し、1/200 と言う少量の添加のため、分析用の試料がポリライスを均一に含んでいない場合もあり、分析以前の問題が介在するものと思われる。そこで、R3 では炊飯、保温時にポリライスを白米の中心部に集め、分析時に白米飯とポリライス飯を 200 : 1 の割合に

採取して分析に供した。それによると、12 hrs 後で 92%、24 hrs 後で 47% の残存率で、十分に強化の目的を果していた。

#### IV 考 察

十姉妹の飼育試験により、その生存日数と保温時間は危険率 1% で負の相関があった (N=45,  $\gamma=0.463$ )。また、36 hrs 保温飯に B<sub>1</sub> 溶液を添加すると一羽もへい死せず、保温により鳥をへい死せしめる物



Table 12 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked 'Hakubakumai' added white rice\* during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36	
Added white rice	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	16.4	15.7	14.7	13.9	13.1
		R %	100	95.7	89.6	84.8	79.9
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	12.0	13.0	11.0	10.9	10.8
		R %	100	108	91.7	90.8	89.9
	Moisture %		64.9				60.1
	White rice (R 1)	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	14.2	11.8	11.3	7.6
R %			100	83.8	80.0	53.8	51.5
B <sub>2</sub>		$\mu\text{g}\%$	12.0	11.0	10.5	11.0	9.9
		R %	100	93.3	87.5	91.7	82.5
Moisture %		64.6				61.2	

\* White rice B<sub>1</sub> 64.4  $\mu\text{g}\%$ , Hakubakumai B<sub>1</sub> 111.3  $\mu\text{g}\%$ .

White rice containing low B<sub>1</sub> content was enriched with Hakubakumai. (White rice and Hakubakumai, 5: 1)

Table 13 B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> retention of the cooked enriched white rices\* during warming in 1.5 l cooker.

Rice No.	Warming time hrs	0	5	12	24	36	
R 1	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	405	361	268	(121)	(67.0)
		R %	100	89.3	66.2	(29.8)	(16.5)
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	18.9	19.6	17.2	17.7	15.4
		R %	100	103.7	91.0	93.7	81.5
	Moisture %		64.0	63.5	63.1	58.5	56.1
	R 2	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	255	—	253	194
R %			100		99.0	76.0	59.7
B <sub>2</sub>		$\mu\text{g}\%$	18.5	—	17.5	18.3	16.0
		R %	100		94.6	98.9	86.5
R 3	B <sub>1</sub>	$\mu\text{g}\%$	399	389	365	186	127
		R %	100	97.4	91.5	46.6	31.9
	B <sub>2</sub>	$\mu\text{g}\%$	24.5	22.4	23.4	23.0	22.8
		R %	100	91.4	95.7	93.9	93.1

\* All enriched rice samples were made of polyrice and white rice, and R1 and R2 samples were mixed unequally, but R3 sample was well mixed equally when analysed.

R: Retention.

質は生成せず，B<sub>1</sub>の消失によるB<sub>1</sub>欠乏死のみが観察された。

また，一般に炊飯後，保温飯の外観，臭味，呈色は炊飯時の含水条件によって異なり，B<sub>1</sub>の残存率にも大きな影響を与えた。これは耐熱性のないB<sub>1</sub>がとくに破壊され，ジャー内部が高温になるほど大きかった。従って高水分条件で保温した場合は残存率

が高かった。加温飯の変異原性は次報ではTA98について報告するが本報では，TA100による変異原性を検討した。何れも対照のDMSOの2倍にも達せず，その上Dose-response curvesもえられずTA100の変異原性，Base-change型の変異は多くて疑陽性の程度であった。また，単糖類の焼成物の変異原性はS9 mix無添加の方が誘発されやすいと言

う報告<sup>12)</sup>があるが、次報では、TA100による保温飯の変異原性についてS9 mixの有無による相異を調べているが有意差がえられなかった。保温飯の保温は1.5 lジャーが高温94~98°C(夏季)で、2 lジャーが74°Cで、より低温であり、B<sub>1</sub>残存率、変異原の生成抑制には低温が好ましかったが、B<sub>1</sub>の残存率では器種の相異よりも炊飯保温時の保有水量の方が大きな影響を与えるようである。7分搗米、半搗米、玄米になるほどB<sub>1</sub>含量が多く、それなりに主食からのB<sub>1</sub>摂取を高めるものと言えよう。また、ポリライスB<sub>1</sub>強化白米飯はとくにB<sub>1</sub>が多く、強化の目的を果していた。昭和51年5月制定、56年1月改正のJIS<sup>13)</sup>では保温温度71±6°C、保温時間12 hrsと定めているが栄養学的または衛生学的な根拠は示されていない。

## V 要 約

電子ジャー保温飯のビタミンB<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>と変異原性の消長について、ジャーの器種、各種精白米及びポリライス強化白米などによる相異を検討して次の結果をえた。

1. 保温飯の変異原性は、TA100についてはDose-response curvesはえられず、36時間では多くても疑陽性程度であった。

2. 1.5 l容ジャーと2 l容ジャーの比較では、前者が94~98°C(夏季)、90°C(冬季、Fig. 3)で保温し、後者が常に約74°Cの低温保温で、これが変異原性に影響を与えたが、B<sub>1</sub>の残存率にはむしろジャー内の含水量の影響の方が大きかった。また、B<sub>2</sub>は耐熱性のため保温中ほとんど大きな減少はみられなかった。

3. 7分搗米、半搗米の保温飯はそれなりに多くのB<sub>1</sub>を残存しており、精白度の低い方が保温後も多くのB<sub>1</sub>を確保していた。

4. 玄米飯はその吸水率が悪い関係から2度炊飯を行った。2度目の炊飯にはさらに温湯を添加したため、含水率が多くB<sub>1</sub>残存率が良好であったが通常のような1回炊飯では高温のためかB<sub>1</sub>の破壊が多かった。

5. 白米飯はそれなりの添加効果を示し、ポリライス強化白米飯はその目的どおり、多量のB<sub>1</sub>を強化し保持しており、12 hrs保温後でも370 µg%のB<sub>1</sub>を含んでいた。

6. 電子ジャーの保温限度はその米の食味、ビタミンの損失などから考えて12 hrsどまりであり、また、保温温度も低温における腐敗の進行からみて約

74°Cが望ましい。

7. 十姉妹による保温飯のみの給餌試験では、生存日数と保温時間とは負の相関があった( $\alpha=0.01$ )。

8. 保温によりB<sub>1</sub>を消失し、B<sub>1</sub>欠乏によるへい死が観察されたがB<sub>1</sub>を添加するとへい死は起らなかった。従って十姉妹をへい死せしめる有害物質は生成しなかった。

終りに、変異原検出用菌を分譲下さり、AMESテストに懇切なご指導をいただきました国立遺伝学研究所賀田恒夫博士に深謝し、当研究室ビタミン研究班の学生諸君の熱心な協力に感謝いたします。

## 文 献

- (1) 山野善正・高川美智子・福井義明：日本食品工業誌，19，40~42 (1972)。
- (2) 朝日新聞：1973年7月11日号
- (3) 小山美津子：大阪市生活科研報告，16(2)，1~14 (1944)。
- (4) 足利千枝・外山マサ・田仲よし・寺井綾：大阪市衛研事業成績：80 (1959)。
- (5) 有本邦太郎・松室秀夫・伊藤啓二・林令子・田中清枝・横井正雄・津田けい：国立栄養研：33~34 (1951)。
- (6) N. YAGI and Y. ITOKAWA: J. Nutri. Sci. Vitaminol., 25, 281~287 (1979)。
- (7) 石井隆一郎・吉川賢太郎・原田幸子・葉室仁子：日食衛27回講演要旨，10 (1974)。
- (8) 日本薬学会：衛生試験法注解，143~149，金原出版 (1973)。
- (9) 神立 誠：最新食品分析，138~162，同文書院 (1968)。
- (10) B.E. AMES, J. MCCANN and E. YAMASAKI: Mutation Res., 31, 347~363 (1975)。
- (11) B.E. AMES, W.E. DURSTON, E. YAMASAKI and F.D. LEE: Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 70, 2281~2285 (1973)。
- (12) M. NAGAO, T. YAHAGI, T. KAWACHI, Y. SEINO, M. HONDA, N. MATSUKURA, K. WAKABAYASHI, K. TSUJI and T. KOSUGE: in "Progress in Genetic Toxicology" (D. Scott, B.A. Bridges and F.H. Sobels, ed.) 259, Elsevier / North-Holl and. Amsterdam (1977)。
- (13) 日本工業標準調査会：JIS S 2202, 1~18 (1981) 改正。(1976. 5制定)。
- (14) 高田亮平：醸造学雑誌，19，199~216 (1941)。