

レトルト米飯の最適炊飯時間

久延 義弘, 中野 和子, 樋口 香織, 末松 伸一

Optimum Cooking Time of Rice in Plastic Containers Heated in Retorts

Yoshihiro Hisanobu, Kazuko Nakano,
Kaori Higuchi and Shinichi Suematsu

Using heating test equipment that can simulate heat processing of rice cookers and retorts, and load test equipment that can crush the rice grain, the optimum cooking time of rice in plastic containers heated in retorts was investigated.

1. The rice under boiling was taken out at intervals of predetermined time, and it was crushed between two sheets of transparent acrylic board.

The method for estimating the optimum cooking time from the average diameter of the crushed rice was established.

2. The optimum load and loading time that crushed 10 rice grains were 50kg and 10 minutes.

3. The optimum cooking time for general rice cooking was 26.5 minutes, and that for rice in plastic containers heated in retorts was 21.5 minutes.

4. The time of 26.5 minutes was almost equal to the general cooking time of 27 minutes by rice cookers. From this fact, the time for rice in plastic containers heated in retorts was considered to be valid.

Key words : plastic, container, boiled rice, retort, rice cooking, heat process, gelatinization, rice grain, load test, crush, diameter, cooking time.

米の一般的な炊飯に関しては多くの研究があり、日本の米の場合は品種・季節・保管条件などが異なっても、炊飯条件にほとんど差はないと考えられている。

容器詰米飯に関しても、無菌化包装米飯の場合は、一般的な炊飯条件で炊きあげた米飯を無菌的に容器に充填・密封していることから、炊飯条件は一般的な炊飯と同じと考えられるが、レトルト米飯の場合は、炊飯以外に、殺菌値を確保するための加熱条件を考慮する必要がある。

そこで、最適炊飯条件の求め方を検討したうえで、一般的な炊飯で得られた米飯を無菌化包装米飯に見立てて、レトルト米飯の最適炊飯時間を求めた。

米の最適炊飯時間の求め方としては、沸騰した熱水に米粒を投入し、1分おきに10粒を取り出して、2枚の透明なガラス板に挟んで押しつぶし、その9割以上の粒で不透明な未糊化部分が、目視により見いだせなくなる時間を最少炊飯時間として、これに2分を加えた時間を最適炊飯時間とする、ランギーノ法¹⁾がある。

しかし、この方法はリゾットに代表される西洋風おじやなどに利用できるが、日本で行われている、一般的な炊飯およびレトルト米飯の最適炊飯時間の測定には、加熱条件が異なるために利

用できない。

そこで、ランギーノ法を基本的な考え方として、一般的な炊飯およびレトルト米飯の加熱時の品温の変化を再現し、品温に応じた米飯の変化を一定時間ごとに測定する方法を検討した。

実験方法

1. 試料

冷蔵保管した市販の新潟県産コシヒカリ（搗精度約92%）をイオン交換水で3回洗米し、イオン交換水に2時間浸漬して吸水させたのち、ザルにあけて10分間水を切り、試料とした。

また、紫外線殺菌装置→活性炭→イオン交換樹脂→中空糸膜を通して処理した水（処理水とする）に、クエン酸0.26%（W/V）とソルビトール3.0%（W/V）を溶解させ、注液とした。

2. 炊飯器での製造条件

市販の無菌化包装米飯を調べると、グルコン酸などのpH調整剤でpHを4.6程度に調整している製品が多いことから、無菌化包装米飯に見立てた、炊飯器で食べごろまで炊き上げた試料も、pHは4.6以下に設定した（炊飯試料とする）。

炊飯器は、松下電気産業(株)製・電子ジャー炊飯器（SR-ULH 10型）を用いて、試料194gに注液170gを加え、マニュアル通りに炊飯して、食べごろと指定されている炊飯開始から約27分後に全体をほぐした。

この時点までの重量変化は約-7%で、若干硬めの炊きあがりであるが、生米と水の比率はレトルト米飯とほぼ一致していた。

また、炊飯器の中心軸上の水面と中心および底から1cm部に温度センサーを固定して、炊飯時の温度変化を測定し、その3ヵ所・2回測定の平均値を一般的な炊飯の熱履歴とした。

3. レトルト米飯の製造条件

レトルト米飯もpHは4.6以下とし、プラスチック成形容器に試料115gと注液85gを採取し、二酸化炭素75%と窒素25%の混合ガスをヘッドスペースに送気しながら、ラミネートフィルムを蓋材として、カップシーラーで密封した。

殺菌は東洋製罐(株)製・マルチレトルト（H130-C100）を用いて、110℃の熱水等圧押し上げ冷却法で加熱殺菌し、殺菌開始後5分と冷却終了直前に、容器を反転させた。

この場合も、試料中心部の温度変化を測定し、測定回数3回の平均値をレトルト米飯の熱履歴とした。

4. 米飯の状態の評価方法

試料の押しつぶした状態を観察できる荷重試験装置（Fig.1）を作成し、100mm×100mm、厚さ5mmの2枚の透明なアクリル板に試料を挟み、一定の荷重を加えて押しつぶし、試料の圧縮による変形速度（圧縮変形速度とする）が影響しない最適荷重条件を求めてから、試験に用いた。

さらに、ランギーノ法では単に試料を押しつぶして観察するだけであるが、この試験においては荷重量と荷重時間を設定し、押しつぶした試料の芯部を拡大鏡下で観察して、未糊化・糊化を判定するとともに、押しつぶした試料が基本的に楕円形に広がるので、その長径と短径を測定し加算した値の1/2を試料の直径とし、荷重試験1回につき試料10粒の平均値（平均直径とする）を求めた。

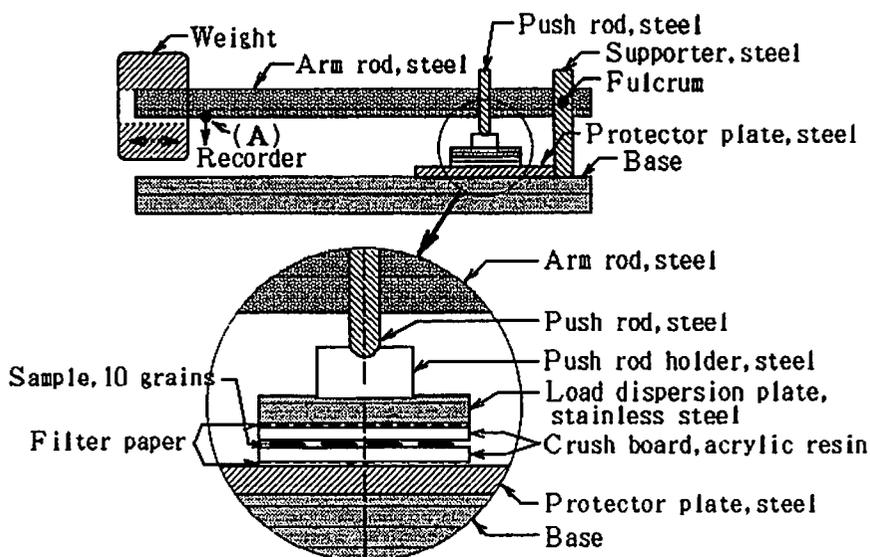


Fig. 1 Apparatus for crushing the sample.

5. 一般的な炊飯およびレトルト米飯の加熱時の状態の再現方法

ステンレス製・温度センサー付き試料採取管（試料ホルダーとする）を作成し、テフロン製・密栓付き耐圧試験管（加熱冷却管とする）に、マイクロシリンジで注液0.7mlを注入し、試料10粒（約0.29g）を採取した試料ホルダーごと加熱冷却管に挿入して、密栓した。

当初は、試料量と注液量をレトルト米飯の比率に合わせたのが、試料量が少ないうえに、付着水の影響が大きく、そのため測定値が大きく変動したので注液量を多くし、試料量と注液量の比率を一定にした。

これを昇温できる加熱装置（Fig. 2）に挿入し、一般的な炊飯およびレトルト米飯の熱履歴を再現し、1分単位で加熱冷却管を取り出し、約5℃の氷水に投入して急冷し、約40℃に到

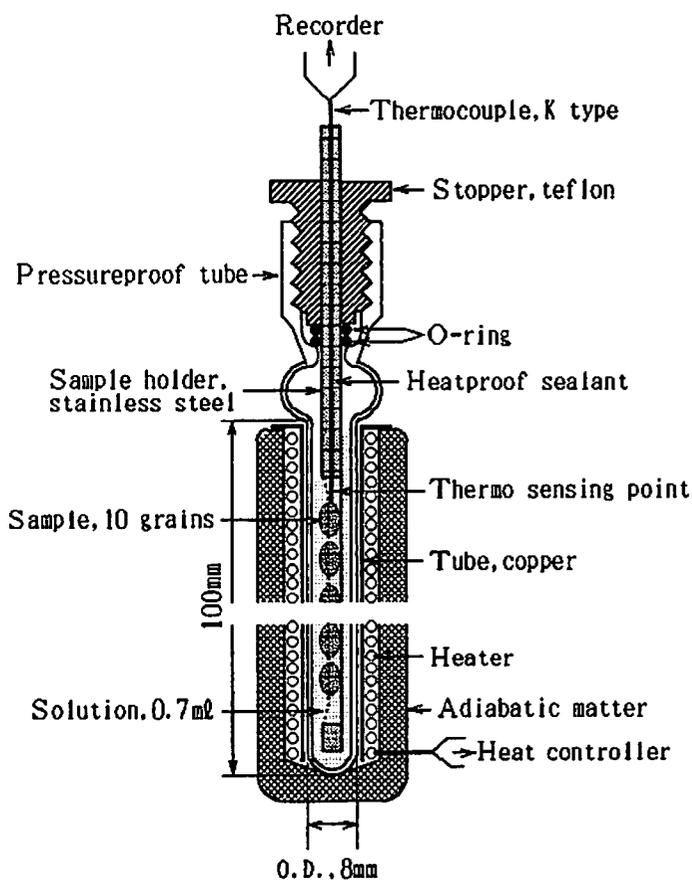


Fig. 2 Apparatus simulating the cooking process.

達後（最大で約15秒），ただちに試料を取り出した（この一連の操作を加熱冷却試験法とする）。

その試料を荷重試験装置で押しつぶし，試料の芯部に不透明な未糊化部分が見いだせなくなる過程を，目視判定して，試料10粒中に未糊化部分が見いだせなくなった粒の比率（糊化粒率とする）と，その時間および押しつぶした試料の平均直径を求めた。

結果と考察

1. 荷重試験法の最適荷重条件について

当初，3 mm厚のガラス板に試料を挟んで，荷重試験装置で押しつぶしていたが，測定に必要な荷重量が思ったよりも大きく，ガラス板では破損の危険性があったので，5 mm厚のアクリル板を用いることにした。

1) 圧縮変形速度が緩慢となる時間の求め方

試料間の圧縮変形速度の差により，試料の状態に差が生じたため，圧縮変形速度の影響を受けない条件を求めた。

Fig. 1の荷重試験装置のA点の動きを記録計に拡大して，未加熱および炊飯試料に，荷重試験装置で5 kgから100kgの荷重を40分間加え，圧縮変形速度が緩慢となる時間（荷重時間とする）を求めた。

一例として（Fig. 3），50kg荷重では，未加熱試料で約2分，炊飯試料で約9.8分までは急速に変化するが，以後わずかに変化するものの，ほぼ直線となった。

また，他の荷重量の結果も同じ傾向を示したことから，この直線と急速に変化する曲線の交わる時間を荷重時間とした。

2) 荷重量と荷重時間との関係

未加熱および炊飯試料に，荷重試験装置で5 kgから100kgの荷重を40分間加えて，荷重量と荷重時間との関係を求めた（Fig. 4）。

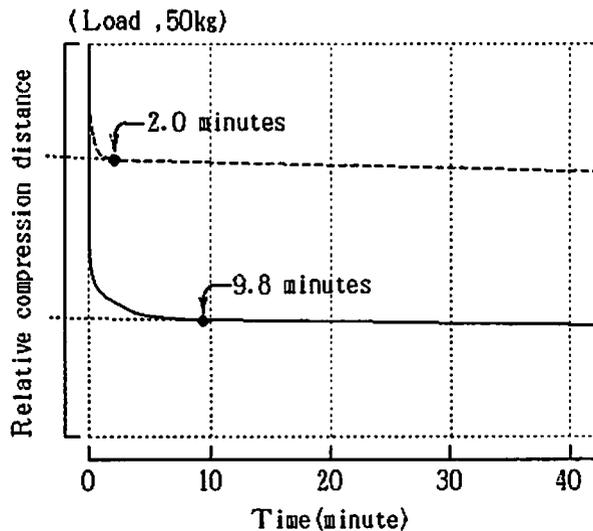


Fig. 3 Example of time course of the compression distance by the load.

——, The sample boiled to be good for eating by the rice cooker.

-----, The sample uncooked.

●, The time at which the change of the compression distance became slow.

未加熱試料の場合は、5 kg付近の約14分を最大として、荷重量が増えるほど荷重時間は短くなることを認めた。

炊飯試料の場合は、20kg未満では荷重時間が設定範囲を越えるので結果から省いたが、全体の傾向としては、未加熱試料と同様、荷重量が増えるほど荷重時間は短くなることを認めた。

このことから、未加熱から炊飯試料にわたって、20kg以上の荷重量を一定時間加えれば、荷重試験での糊化粒率測定において、圧縮変形時間の差の影響は無視できると考えた。

3) 荷重量と糊化粒率が100%になる時間との関係

加熱冷却試験法で、一般的な炊飯での熱履歴を再現し、得られた試料に荷重試験装置で20kgから100kgの荷重を加え、押しつぶした試料の糊化粒率が100%になる時間（全糊化時間とする）を求めた（Fig. 4）。

この場合の荷重時間は、条件内で最も時間が長い、20kg時の33分までとした。

30kg未満では、試料の押しつぶしが不十分であるために、試料が透明または半透明にならず、試料の芯部付近にある、白く糸状の未糊化部分が見えなくなり、目視判定ができず、全糊化時間を求めることができなかった。

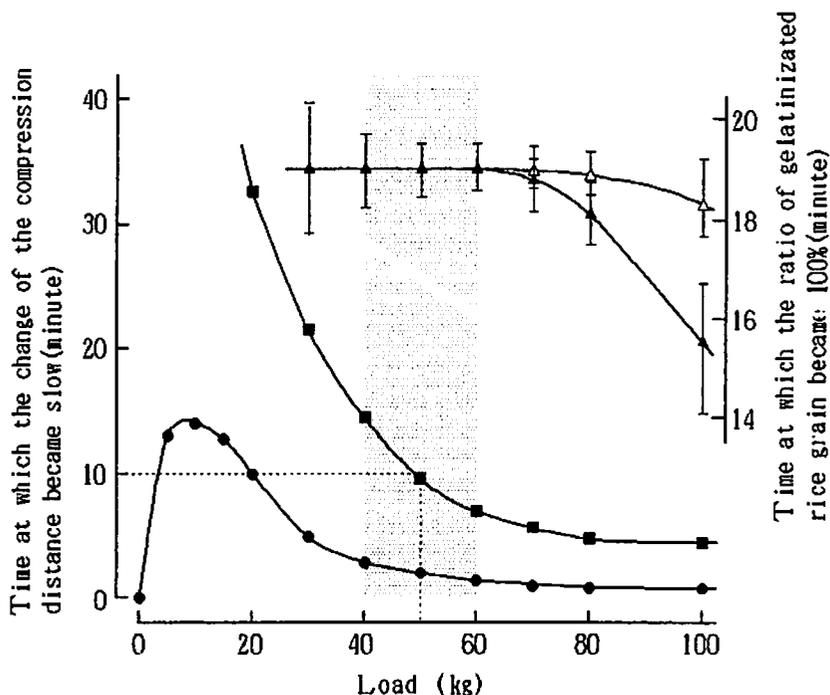


Fig. 4 Relationship between load weight and loading time for judging the ratio of gelatinized rice grain.

●, The sample boiled to be good for eating by the rice cooker.

■, The sample uncooked.

▲, The case in which the result of crushing was inspected visually.

△, The case in which the result of dyeing by the iodine followed crushing was inspected visually.

▨, The region seemed to be able to judge the ratio of gelatinized rice grain only by the visual observation.

┆, Standard deviation of 5 determinations.

しかし、30kgから60kgの範囲内において、バラツキはあるが、平均値が約19分と一定の値を示したことから、この時間が一般的な炊飯の全糊化時間と考えた。

ただし、60kgを越えると全糊化時間が短くなる傾向があり、目視で判定できる限界の荷重量と考えた。

原因は、試料の芯部付近に白く糸状に見えるはずの未糊化部分が、分散し広がり過ぎて見えにくくなったためと考えた。

4) ヨード染色からみた全糊化時間について

そこで、未糊化デンプンと糊化デンプンの、ヨードに対する反応速度の差を利用して、染色試験を実施した。

ただし、ヨードの蒸気が試料に直接接触すると、反応速度が早すぎるために、未糊化部分と糊化部分を区別できなくなったので、低密度ポリエチレンのガスバリアー性を利用して、反応を遅らせる方法を用いた。

試料を40 μ m厚の低密度ポリエチレンフィルム（PEとする）で挟み、結果と考察1.3)と同じ試験を実施したのち、押しつぶした試料を挟み込んだPEを、アクリル板とスポンジを用いて押さえ込み、四辺をヒートシールして密封し（簡易真空包装とする）、試料がヨードの蒸気と直接接触しないようにした。

これを、ヨードの蒸気で満たしたヨード染色試験装置（Fig. 5）内で、5分間反応させ、黒または濃緑色を背景として、染色されにくい未糊化部分を目視判定した（Fig. 4）。

結果と考察1.3)で判定できなかった、荷重量が60kgから80kgまでの範囲内においても、平均値は約19分となり、荷重量が30kgから60kgの範囲内と同じ値を示した。

このことから、試料の芯部付近に見えるはずの、白く糸状の未糊化部分が分散し広がり過ぎると、ヨード染色しない目視法では、全糊化時間が見掛け上、短くなったと考えられる。

ただし、ヨード染色しても荷重量が80kgを越えると、全糊化時間が若干短くなる傾向があったので、ヨード染色する目視判定にも、限界荷重があると考えられる。

以上の結果、操作の簡便性や再現性を考えて、荷重量が40kgから60kgの範囲内であれば、ヨード染色なしの目視判定のみで、試料の糊化粒率や全糊化時間が測定できると考えた。

また、荷重量が増えるほど荷重時間は短くなり、操作性は良くなるが、Fig. 4の結果から、全糊化時間が若干変動する70kg側にある60kgよりも、50kgの方が信頼性は高いと考えられるので、この時の荷重時間約9.8分を単純化して、10分を最適荷重時間とした。

すなわち、試料10粒に対して、荷重量50kgで荷重時間10分が、荷重試験法で糊化粒率や全糊

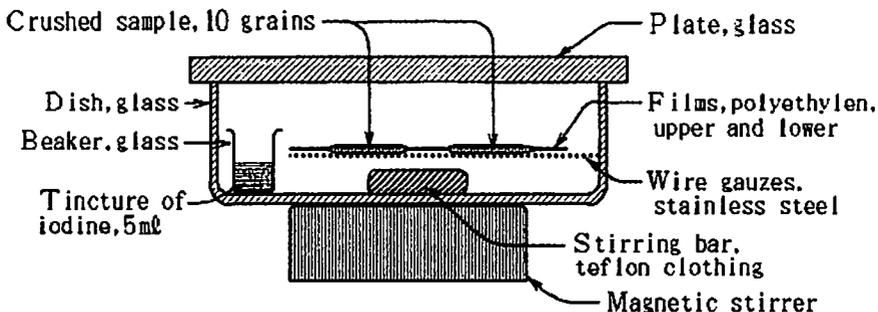


Fig. 5 Apparatus for dyeing by the iodine.

化時間を測定する場合の、最適荷重条件と考えた。

2. 熱履歴と糊化粒率について

加熱冷却試験法を用いて、一般的な炊飯およびレトルト米飯の熱履歴を再現し、得られた試料に荷重試験装置で50kg・10分間の荷重を加え、押しつぶした試料を目視判定して、糊化粒率の変化を調べた (Fig. 6)。

一般的な炊飯およびレトルト米飯の熱履歴とも、品温が85℃を越えると糊化粒率が増加し、この温度以下では全て未糊化粒と考えられる。

また、85℃以上の熱履歴からみると、加熱開始後約17分までは、一般的な炊飯の方がレトルト米飯より熱履歴が大きいので、糊化粒率の増加開始時間が約9分とレトルト米飯の約12分より早くなるが、増加を始めてからの約4分間は熱履歴に関係なく、ほとんど同じ増加速度を示した。

ただし、一般的な炊飯では加熱開始後約14分を過ぎたあたりから、糊化粒率の増加速度が急に遅くなり、糊化粒率が増加を始めてから全糊化時間までの時間が約11分に対し、レトルト米飯では約9分と早くなった。

そのため、全糊化時間は一般的な炊飯で約19分、レトルト米飯で約20分と、ほとんど差がなかった。

これは、一般的な炊飯では、加熱開始後約10分で100℃に到達するものの、大気圧下での加熱であるために、以後100℃を維持しているのに対し、レトルト米飯では加熱開始後約17分で100℃を越えるために、糊化粒率の増加速度が、一般的な炊飯より早くなったと考えられる。

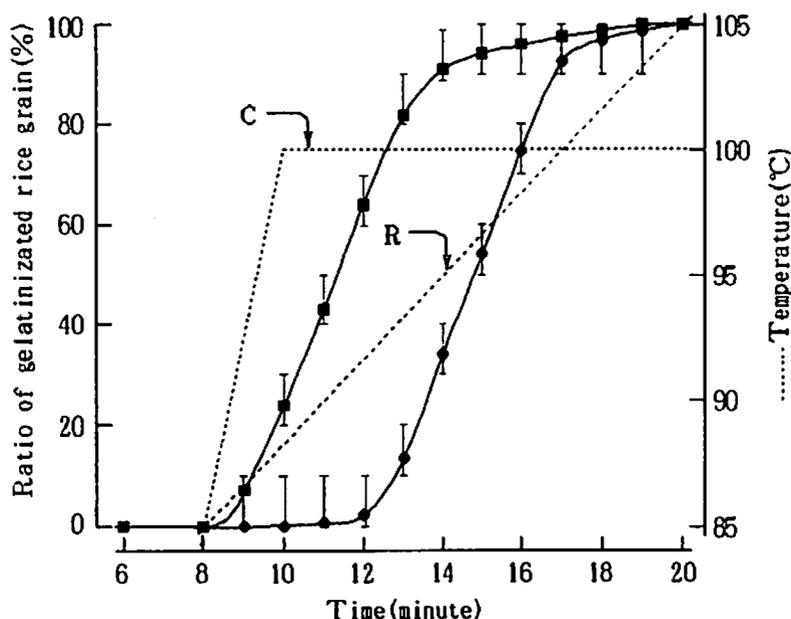


Fig. 6 Relationship between heat process and ratio of gelatinized rice grain.

- , The case in which sample was heated under the thermal condition of the rice cooker.
- , The case in which sample was heated under the thermal condition of the retort.
- C, The heating curve of the rice cooker.
- R, The heating curve of the retort.
- ┃, Standard deviation of 5 determinations.

3. 最適炊飯時間について

一般的な炊飯での全糊化時間は約19分であったが、同じ炊飯条件である炊飯試料の炊飯時間が約27分と、時間的に差があった。

これは手法は物理的であるが、今回実施した試験のように、白化しているデンプンが透明な糊状になる化学的な糊化と、食味での炊きあがり状態とでは、デンプン分子の広がりには差があり、化学的な糊化が完了した時点でも、炊きあがっているとは言えず、デンプン分子がある範囲まで広がる必要があり、糊化状態だけで炊飯条件を求めることに無理があった。

この試験においても、全糊化時間が炊きあげ時間とはいえず、荷重を加えて押しつぶした試料の面積・直径などに差があった。

そこで、加熱冷却試験法を用いて、一般的な炊飯およびレトルト米飯の熱履歴をさらに延長して再現し、得られた試料に荷重試験装置で50kg・10分間の荷重を加え、押しつぶした試料の平均直径を求めた (Fig. 7)。

炊飯試料の平均直径を基準にすると、一般的な炊飯では加熱開始から約26.5分、レトルト米飯では約21.5分で、試料の平均直径が基準値に到達することを認めた。

特に、一般的な炊飯の約26.5分は、炊飯試料の炊飯時間約27分に一致していることから、加熱冷却試験法で熱履歴を再現し、試料10粒に荷重量50kg・10分の荷重を加えて押しつぶした試料の平均直径を測定することにより、レトルト米飯の最適炊飯時間が求められると考えた。

このことから、110℃熱水加熱での200g容器詰レトルト米飯の加熱開始からの時間は、約21.5分

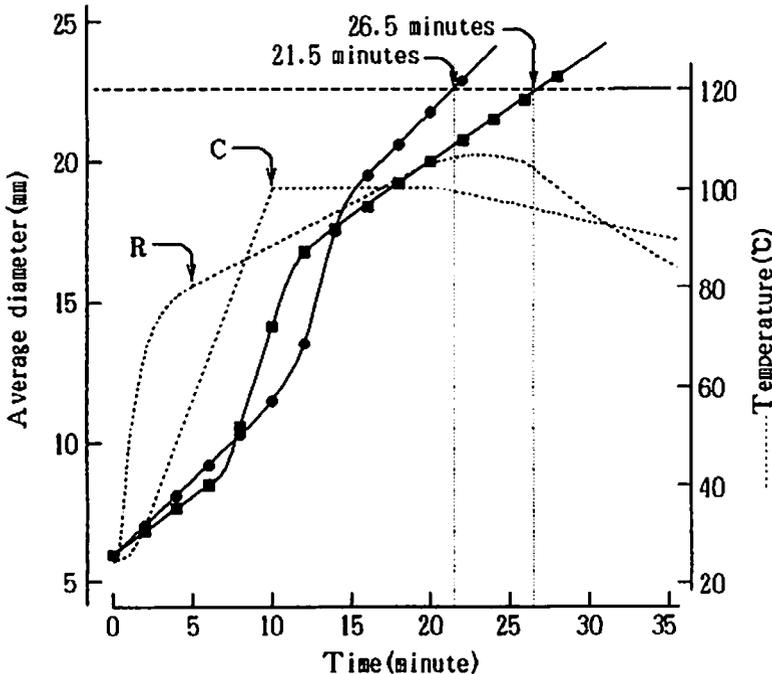


Fig. 7 Relationship between heat process and average diameter of crushed samples.

■, The case in which sample was heated under the thermal condition of the rice cooker.

●, The case in which sample was heated under the thermal condition of the retort.

C, The heating curve of the rice cooker.

R, The heating curve of the retort.

-----, The average diameter of crushed samples after cooking by the rice cooker.

が最適炊飯時間であると言える。

ただし、ランギーノ法では糊化粒率90%到達時間に2分を加算した時間を最適炊飯時間としているが、この方法での全糊化時間から最適炊飯時間までは、一般的な炊飯で約7.5分、レトルト米飯で約1.5分と、加熱条件によって差のあることから、ランギーノ法のように糊化粒率から最適炊飯時間を求めることはできなかった。

要 約

炊飯器および110℃の熱水で加熱するレトルト米飯の熱履歴を再現できる耐圧加熱試験装置と、飯粒を押しつぶす荷重試験装置を用いて、レトルト米飯の最適炊飯時間を求めた。

1. 加熱・冷却中の飯粒を一定時間毎に取り出して、2枚の透明なアクリル板に挟んで押しつぶし、その平均直径から最適炊飯時間を求める方法を確立した。
2. 飯粒を押しつぶす最適荷重条件は、米飯10粒に対し、荷重量50kg、荷重時間10分であった。
3. この方法で最適炊飯時間を求めた結果、一般的な炊飯で約26.5分、レトルト米飯で約21.5分であった。
4. 一般的な炊飯の26.5分は、炊飯器で食べごろまで炊き上げた時間と一致していることから、レトルト米飯の値も正しいと考えた。

文 献

- 1) 石谷孝佑・藤木正一：米飯食品辞典，(株)サイエンスフォーラム，279，(1995)。