



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	米飯物性による米の品質評価技術の開発（第2報）：湯取り炊飯法における米のねばりに係わる品質
Author(s)	清水, 直人; 木村, 俊範; オジジヨ, O.N.K.
Citation	農業機械学会誌, 62(2), 94-100 https://doi.org/10.11357/jsam1937.62.2_94
Issue Date	2000-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/68497
Type	journal article
File Information	62(2)94.pdf



米飯物性による米の品質評価技術の開発 (第2報)*

—湯取り炊飯法における米のねばりに係わる品質—

清水直人*¹・木村俊範*¹・オジジョ O. N. K.*²

要 旨

湯取り炊飯法を用い、炊飯過程の米のねばりに係わる測定を行い、米飯の粘着力に關与する理化学的要因を明らかにすることを目的とした。糊化定数と溶出固形物量の増加速度の順序が対応することが分り、糊化度や溶出固形物量が米飯の粘着力に影響を及ぼすものと考えられた。炊飯過程における米のねばりが粘着力、溶出固形物量や糊化度を用いて測定できることを示した。

[キーワード] 湯取り炊飯法, 米飯, 含水率, 糊化度, 溶出固形物量, 粘着力

Development of Rice Quality Evaluation Technique Based on Physical Properties of Cooked Rice (Part 2)*

—Rice quality related to rice stickiness during cooking on the Excess Water Cooking Method—

Naoto SHIMIZU*¹, Toshinori KIMURA*¹, O. N. K. Ojijo*²

Abstract

In order to clarify effect of rice physical properties on the cooked rice adhesion. The present paper deals with the changes in rice indices related to rice stickiness during cooking on the Excess Water Cooking Method. The correlation of rice indices is discussed. The rates of degree of rice gelatinization were found to be corresponding with the rates of TS increment. The cooked rice adhesion was considered to be affected by both degree of rice gelatinization and TS. These results led the conclusion that degree of rice gelatinization and TS can be used for the indicator of cooked rice adhesion during rice cooking process.

[Keywords] Excess Water Cooking Method, cooked rice, moisture content, degree of gelatinization, residual total solid, adhesion

* 1999年4月 第58回農業機械学会年次大会(佐賀大学)にて講演

*1 会員, 筑波大学農林工学系(〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 Tel 0298-53-7244) Inst. of Agric. and Forest Engineering, University of Tsukuba, Tenoudai 1-1-1, Tsukuba 305-8572 Japan

*2 筑波大学大学院博士課程農学研究科(〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 Tel 0298-53-7244) Doctoral Program in Agric. Sci. Inst., University of Tsukuba, Tenoudai 1-1-1, Tsukuba 305-8572 Japan

I 緒 言

米飯の粘着力の測定結果を安定させるために、試料の加工条件の設定⁶⁾および米飯のねばりの高精度測定手法の開発⁹⁾¹¹⁾¹⁶⁾¹⁷⁾が行われてきた。既報において米飯の粘着力、溶出固形物量(TS)および溶出固形物量あたりのブルーバリュウ

(IBV/TS) を用いインド型米や日本型米の品質評価を行った。炊飯特性試験により得られた TS と IBV/TS が米飯の粘着力と良く対応し⁹⁾¹⁶⁾、IBV/TS がアミロース含量と正の相関を示すので¹³⁾、米飯のねばりに係わる指標であることが提案されている⁹⁾¹⁰⁾¹⁶⁾。

炊飯過程において精白米から溶出する固形物量 (TS) が米飯の粘着力に大きな影響を及ぼす⁹⁾¹⁶⁾ことが示唆されているものの、TS と IBV/TS によりインド型米と日本型米の炊飯過程における品質を測定した報告は少ない。炊飯時には、米の内部まで澱粉を十分糊化するにたる水がなくてはならないが、米の内部にどの位の水分があればよいか確かな実験的根拠がない⁴⁾ことが指摘されている。こうした観点から、炊飯過程における米のねばりに係わる測定を行い、米飯のねばりに関与する理化学的要因を明らかにすることが求められる。

本報では、湯取り炊飯法を援用して、炊飯過程におけるインド型米と日本型米の品質測定に米飯の粘着力測定法の適用を検討する。同時に水分、糊化度および TS を指標として、米のねばりに係わる測定を行い、それらの指標間の関係について検討した。

II 供試試料および実験方法

1. 供試試料

1995 年茨城県（つくば市、国際協力事業団農業研修センタ）産、初星（日本型米）およびベレパトナ（インド型米）を供試試料としてもみ形態で入手した。もみ摺りをインペラもみ摺り機（（株）大竹製作所製：型式 FCS）で行い、縦型摩擦式精米機（（株）山本製作所製：型式 VP-150）にてとう精歩留まり 90% に精米し、砕粒をシリンダーセパレータ（（株）佐竹製作所製：型式 TRG）で取り除き、整粒を以下の試験に供した¹⁶⁾。

2. 炊飯方法および理化学試験

ランギーノ（1966）¹⁴⁾や鈴木ら（1983）¹⁸⁾の方法に基づいた湯取り炊飯法を援用して各種の測定を行った。供試した精白米の含水率を 105℃・5h・5g 粉砕絶乾法により測定した。これに続いて 500ml 容のピーカに蒸留水を 200ml 入れて加熱した。約 99℃ で沸騰してから精白米試料を 10.0g 投じ、一

定時間（5.0, 7.5, 10.0, 12.5, 15.0, 17.5min）後に、目の細かい金網で米飯を、ピーカで溶出固形物を含む炊飯液を受け、さらに金網の米飯を蒸留水で洗浄して米飯と炊飯液を分離した。得られた米飯の品質を以下の項目により測定した。

(1) 米飯の含水率

135℃・2h 絶乾法を用いて測定した。

(2) 糊化度

BAP⁷⁾法を用いて測定した。

(3) 米飯の粘着力

湯取り炊飯法¹⁴⁾で調製された米飯を既報の方法¹⁷⁾を用いてテクスチャアナライザ XT2 (Stable Micro Systems Ltd. 製) により米飯の粘着力を測定した。米飯粒を 1 粒ずつ 10 粒測定して得られた粘着力の平均を米飯の粘着力とした。粘着力の平均値の変動係数は 14% 以下¹⁶⁾であった。

(4) 炊飯液の溶出固形物量 (TS)

溶出固形物が含まれる炊飯液を蒸留水で 200ml にフィルアップして、そのうち 10ml をステンレスカップに注入した。80℃ で 22 時間乾燥し、さらに 105℃ で 2 時間絶乾して固形物量を測定した。

(5) 加熱吸水率、膨張容積

竹生らの方法²⁾に準ずる既報の手法¹⁶⁾を用いて測定した。

III 理化学データの解析

米の加熱過程における米澱粉の糊化度の変化は、一次反応に従うものとし、以下に示す一次反応モデルを用いて解析した。

$$G = G_e - (G_e - G_0) \exp(-Kt) \quad (1)$$

G: 糊化度 [%]

G₀: 初期糊化度 [%]

G_e: 平衡糊化度 [%]

K: 糊化定数 [1/min]

t: 加熱時間 [min]

IV 実験結果および考察

1. 湯取り炊飯法における米のねばりに係わる指標の変化

含水率

図 1 に炊飯過程における米飯の含水率変化を示

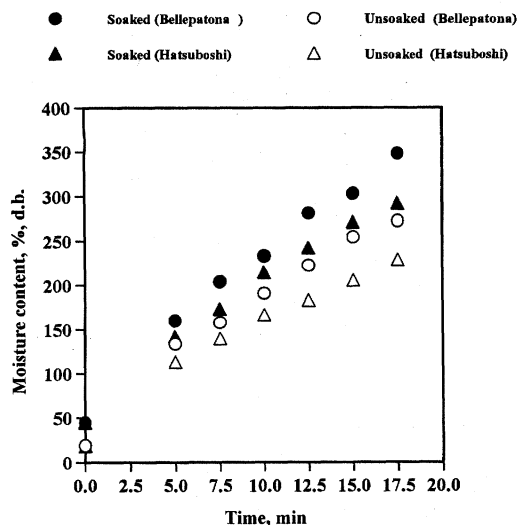


Fig. 1 Changes in rice moisture content during heating on the Excess Water Cooking Method

図 1 湯取り炊飯法における米の含水率の変化

Table. 1 Water uptake ratio and Volume Expansion Ratio on the Cooking Quality Test

表 1 炊飯特性試験による加熱吸水率および膨張容積

	Water uptake ratio, —	Volume expansion ratio, cm ³
Bellepatona	4.7	33.9
Hatsuboshi	4.5	31.0

した。加熱前に吸水した場合は、吸水しない場合と比較して、炊飯過程における米の時間と含水率プロットの傾きが大きかった。またベレパトナの含水率の増加速度が初星と比較して大きいことが確認された。このように、米の品種や加熱前の初期含水率が加熱中の含水率の増加速度に大きな影響を及ぼすことが分かる。

加熱吸水率と膨張容積

初星とベレパトナの炊飯特性試験による加熱吸水率と膨張容積を表 1 に示した。ベレパトナの加熱吸水率と膨張容積が初星と比較して大きかった。加熱吸水率と膨張容積との間には、正の相関関係が認められた¹⁵⁾ ($r=0.96$)。インド型米の膨張容積が日本型米と比較して大きいことが報告されている¹⁷⁾。また、Batcher ら¹⁾ や Hogan ら⁵⁾ によって、長粒種でかつ高アミロース米の加熱吸水

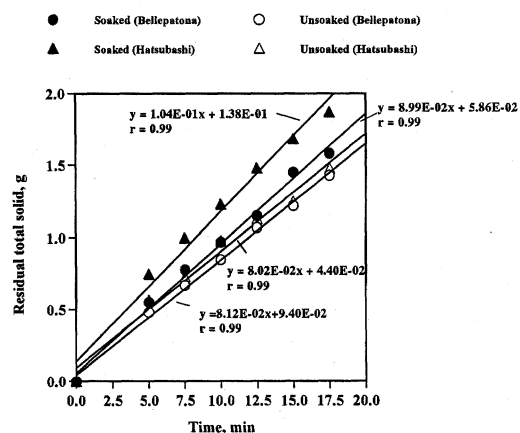


Fig. 2 Changes in residual total solid during heating on the Excess Water Cooking Method

図 2 湯取り炊飯法における溶出固形物量の変化

率や膨張容積が短・中粒種と比較して高い値を示すことが報告されている。

このことからインド型米であるベレパトナが加熱中に米粒が大きく膨潤することで米粒内部に水が入る空間が生ずるため、米の外部から水の取り込みが進み、初星と比較して含水率の増加速度が大きくなるものと推察された。

溶出固形物量

図 2 に炊飯過程における TS の変化を示した。時間と TS プロットの傾きは、加熱前に吸水した初星が大きかった。吸水したベレパトナと吸水しない場合 (ベレパトナ, 初星) で時間と TS プロットの傾きがほぼ等しく、炊飯過程における TS の変化に両者の間に違いがなかった。

糊化度

既報¹⁷⁾ では、精白米のアミロース含量と米飯の平衡糊化度との間に負の相関関係を認め、アミロース含量が米飯の糊化度に大きく影響することを見いだしている。炊飯過程における米澱粉の構造の変化は、糊化度が指標になるものと見なされる。

図 3 に炊飯過程における米飯の糊化度変化を示した。加熱前に吸水した場合の精白米の初期含水率が 49.0%, d. b., 吸水しない場合では、19.0%, d. b. であり、また両品種の糊化定数がほぼ等しかった。吸水した場合、両品種とも、糊化定数が増し、

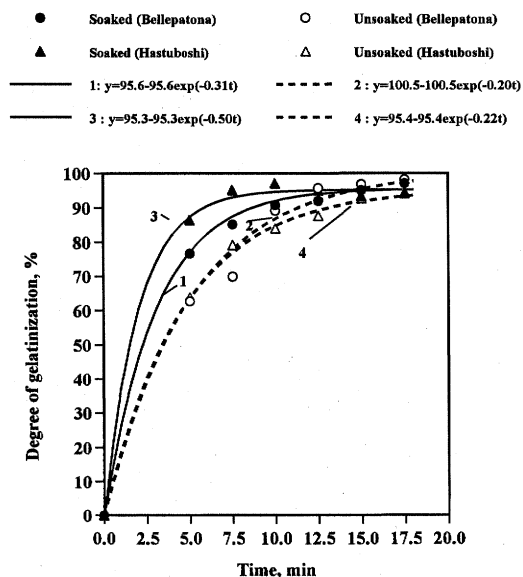


Fig. 3 Changes in degree of rice gelatinization during heating on the Excess Water Cooking Method

図3 湯取り炊飯法における米の糊化度の変化

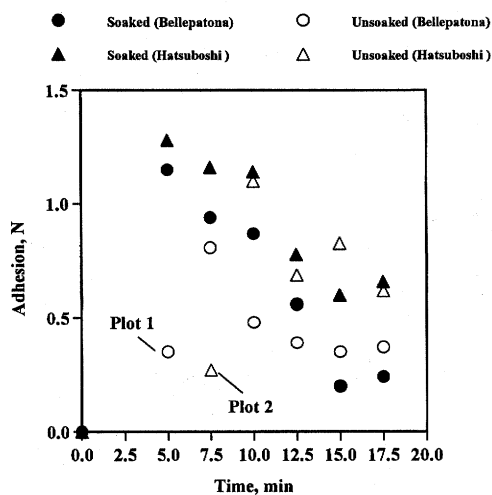


Fig. 4 Changes in rice adhesion during heating on the Excess Water Cooking Method

図4 湯取り炊飯法における米の粘着力の変化

初星の糊化定数 (0.50 [1/min]) はベレパトナ (0.31 [1/min]) の糊化定数より大きくなることを確認された。

加熱中、精白米粒内の澱粉粒は周囲から水を奪って膨潤し、糊化する⁴⁾ことが知られている。

そのため粒全体が糊化するためには米の中心部まで水が供給されている必要がある。上記の結果から、吸水した場合の糊化定数が吸水しない場合と比較して大きくなることが確認され、初期含水率が糊化定数に及ぼす影響が大きいことが分かった。さらに糊化定数は、TSの増加速度の順序と対応しており、炊飯過程での米飯の糊化度とTSとの間に関係があることが示唆された。

粘着力

炊飯過程における米飯のねばりの測定に、米飯の粘着力測定法を適用した結果を図4に示した。加熱前に吸水した米の場合、両品種ともに加熱時間の増加とともに米飯の粘着力が減少した。吸水しない場合、Plot 1と2を除いて、炊飯時間の増加とともに米飯の粘着力が減少した。普通炊飯法で調製され、平衡糊化度が80%以下の米飯では、大きな粘着力は得られないものの、糊化度が80%以上で米飯の粘着力が急激に増加することを前報¹⁷⁾で報告した。Plot 1と2の米飯の糊化度が70%以下であり、これらの米飯試料の糊化が不十分なため粘着力が大きな値を示さなかったものと考えられた。

テクスチュロメータを用いて測定された米飯の付着性は、普通炊飯と比べて湯取り炊飯の方が低いことが鈴木ら¹⁸⁾、安田ら¹⁹⁾によって報告されている。つまり、炊飯過程において精白米から溶出する固形物が米飯の粘着力に大きく影響することがわかる。

湯取り炊飯法では、米飯粒と精白米から溶出した固形物が分離される。さらに炊飯時間の増加とともにTSが増すことが確認された(図2)。したがって湯取り炊飯法を用いて調製された米飯の場合、固形物が炊飯液中に放出され炊飯時間の増加とともに粘着力を生じさせる固形物が減少するため、米飯の粘着力が低下する。

2. 米のねばりに係わる指標間の関係 含水率とTSとの関係

図5に含水率とTSの関係を示した。含水率の増加とともにTSが増加する。含水率とTSプロットにおいて初星(日本型米)がベレパトナ(インド型米)の上位に位置しており、初星が低い含水率で高いTS値を示した。

含水率とTSのプロットが初星とベレパトナで

大きく相違するのは、含水率の増加速度はベレパトナが大きく、TSの増加速度は初星が大きく、各速度の順序が対応していないためである。湯取り炊飯法においては米から炊飯中に固形物が流出し、その代わりに水が入る¹⁹⁾ことが知られている。図5に示された結果から、炊飯過程で精白米から固形物が流出し、その代わり米の外部から入る水の割合が品種により異なることが明らかになった。

含水率と糊化度との関係

炊飯過程における含水率と糊化度との関係を図6に示した。加熱前に吸水した初星のプロットは、最も左側に位置していた。吸水したベレパトナのプロットが最も右側に位置していた。吸水しない場合、含水率の増加と糊化度の増加傾向には両品種間には違いがなかった。吸水しない場合、炊飯過程における米の含水率と糊化度との関係について、Priestley (1975)¹²⁾がもみと精白米を用いて、時期を同じくして、木村 (1976)⁸⁾がもみを用いて検討しており、それらの含水率と糊化度の関係は著者らの結果と一致しており、図6で得られた結果が妥当であると考えられた。

含水率と糊化度のプロットが初星とベレパトナで、相違する原因を含水率の増加速度と糊化定数に基づいて整理すると以下になる。すなわち、加熱前に吸水した場合、初星では、含水率の増加速度が中庸で、糊化定数が大きいため、炊飯過程における米の含水率が低く、糊化度が高く推移する。ベレパトナでは、初星とは異なり含水率の増加速度が大きく、糊化定数が中庸なため、吸水が進んで含水率が大きくなると、高い糊化度が示されない。

米の吸水に関しては短粒種と長粒種の粒径の違いが吸水速度に及ぼす影響が大きいことが知られており、長粒種の方が短粒種より吸水速度が大きい⁷⁾。インド型米であるベレパトナは、長粒種であり、日本型米である初星と比べて大きな吸水速度を示した。

アミロース含量の多い長粒種は糊化開始温度が高い³⁾ことから、アミロース含量の多いインド型米は糊化温度が高く、糊化定数が小さくなる。このため、インド型米であるベレパトナの糊化速度が初星と比べて遅い。

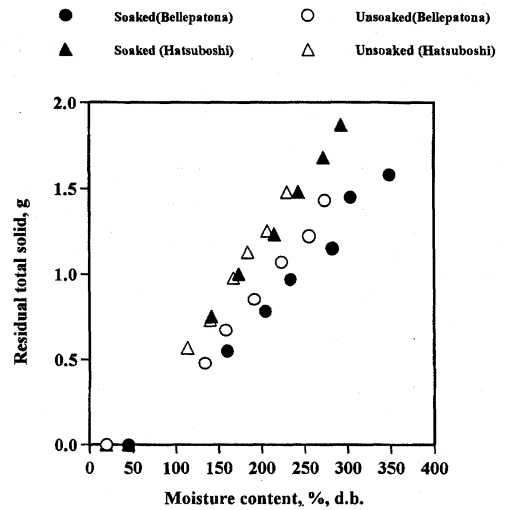


Fig. 5 Effect of rice moisture content on the residual total solid in cooking liquid

図5 含水率が溶出固形物量に及ぼす影響

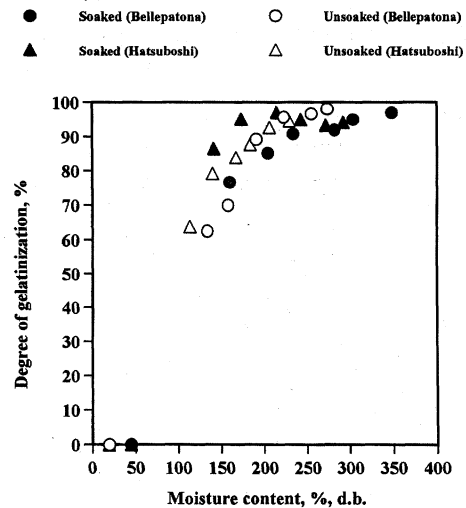


Fig. 6 Effect of rice moisture content on the degree of rice gelatinization

図6 含水率が糊化度に及ぼす影響

こうしたことから、日本型米である初星とインド型米であるベレパトナで、吸水速度と糊化速度の違いが生じ、糊化定数と含水率の増加速度の順序が対応せず、図6のような結果が得られたと考えられる。

糊化度とTSとの関係

糊化度とTSとの関係を図7に示した。糊化度とTSとの関連性は強く、糊化度が80%以上に

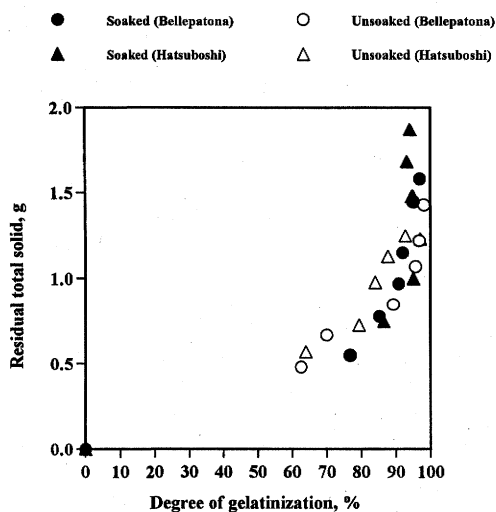


Fig. 7 Effect of degree of rice gelatinization on the residual total solid in cooking liquid
図 7 糊化度が溶出固形物量に及ぼす影響

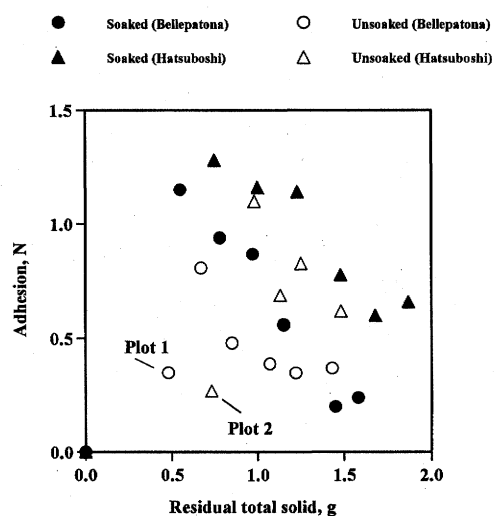


Fig. 9 Effect of residual total solid on rice adhesion
図 9 溶出固形物量が粘着力に及ぼす影響

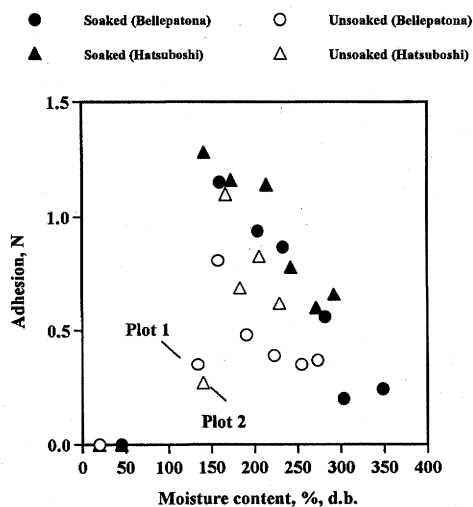


Fig. 8 Effect of rice moisture content on rice adhesion
図 8 含水率が粘着力に及ぼす影響

なると TS が急激に増加することが特徴的であった。

炊飯過程における含水率や TS に基づいて米飯の粘着力変化を整理すると以下ようになる。図 8 に含水率と米飯の粘着力との関係を示した。糊化が不十分な Plot 1 と Plot 2 を除いた試料の場合、含水率の増加とともに米飯の粘着力が減少した。図 9 に TS と米飯の粘着力との関係を示し

た。TS の増加とともに米飯の粘着力が減少した。

湯取り炊飯法を援用した場合、糊化度が 80% 以上の範囲で、精白米から多くの固形物が溶出し、これが米飯の粘着力の減少に大きな影響を及ぼすことが確認された。こうしたことから米のねばりの指標であると考えられてきた TS に糊化度が及ぼす影響が大きいことが分かった。

V 摘 要

湯取り炊飯法を援用して、含水率、糊化度、TS、粘着力を指標として、炊飯過程におけるインド型米と日本型米の米のねばりに係わる測定を行い、それらの指標間の関係について検討し、次の結果を得た。

1. 炊飯過程での米の糊化定数は、加熱前に吸水した初星（日本型米）が大きく、ベレパトナ（インド型米）と吸水しない場合（初星、ベレパトナ）では、ほぼ等しかった。

2. 湯取り炊飯法を用いて調製した米飯の場合、粘着力を生じさせる固形物が炊飯時間の増加とともに減少するため、炊飯時間の増加とともに米飯の粘着力が低下する。

3. 糊化定数が TS の増加速度の順序と対応すること、糊化度が 80% 以上の範囲で糊化度の増加とともに TS が急激に上昇することが分かり、

米飯の糊化度とTSとの関連性が強いことが明らかになった。

4. 米飯のねばりに係わる指標間の関係について検討し、炊飯過程において糊化度の増加がTSの増加に大きな影響を及ぼすことが分かり、糊化度やTSと米飯の粘着力との関係が明らかになった。以上の結果から、水分、糊化度および米飯の粘着力に基づいて炊飯中の米のねばりに係わる測定ができるものと考えられた。

参 考 文 献

- 1) Batcher, O.M., P.A. Deary, and E.H. Dawson: Cooking Quality of 26 Varieties of Milled Rice, *Cereal Chem.*, 34, 277-285, 1957
- 2) 竹生新治郎, 岩崎哲也, 谷 達夫: 米の炊飯嗜好性に関する研究 (第1報), *栄養と食糧*, 13(3), 137-140, 1960
- 3) 竹生新治郎, 堀内久弥, 谷 達夫: 穀類澱粉の性状に関する研究 (第3報), *日本農芸化学会誌*, 32(4), 268-272, 1958
- 4) 檜作 進: 炊飯とでんぷんの老化, *調理科学*, 3(4), 1970
- 5) Hogan, J.T. and R.W. Planck: Hydration Characteristics of Rice as Influenced by Variety and Drying Method, *Cereal Chem.*, 35, 469-482, 1958
- 6) 稲津 脩: 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究, *北海道立農業試験場報告*, 66, 10-13, 1988
- 7) 貝沼圭二, 松永暁子, 板川正秀, 小林昭一: β -アミラーゼ-プルラナーゼ (BAP) 系を用いた澱粉の糊化度, 老化度の新規測定法, *澱粉科学*, 28(4), 235-240, 1981
- 8) 木村俊範: パーボイルドライス 製造, 貯蔵と品質, *農業機械学会誌*, 40(4), 603-609, 1979
- 9) 木村俊範, 清水直人, 吉崎 繁, 種谷真一: 米質評価における米飯のねばりに関する実験的研究 (第1報), *農業施設*, 27(1), 3-10, 1996
- 10) 小林明晴, 鈴木保宏, 小林 陽, 三浦清之, 大坪研一: 北陸地域の新形質米の品質特性, *日本食品科学工学会誌*, 45(8), 484-493, 1998
- 11) 岡留博司, 豊島英親, 須藤 充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末 登, 大坪研一: 米飯1粒による高度米飯物性測定方法の開発 (第2報), *日本食品科学工学会誌*, 45(7), 389-407, 1998
- 12) Priestley, R.J.: Moisture requirement for gelatinization of rice, *Starch*, 27(12), 416-419, 1975
- 13) 大坪研一, 豊島英親, 岡留博司: 外国米の品質, *食品の包装*, 26(1), 8-16, 1994
- 14) Ranghino, F.: Valutazione della resistenza del riso alla cottura, in base al tempo di gelatinizzazione, *Riso*, 15, 117, 1966
- 15) 清水直人: 理化学的手法による米の品質評価技術の開発, *筑波大学博士論文*, 57, 1996
- 16) 清水直人, 木村俊範, 大坪研一, 前川孝昭, 吉崎 繁: 米質評価における米飯のねばりに関する実験的研究 (第2報), *農業施設*, 28(1), 31-38, 1997
- 17) 清水直人, 木村俊範, 大坪研一, 豊島英親: 米飯物性による米の品質評価技術の開発 (第1報), *農業機械学会誌*, 59(6), 75-82, 1997
- 18) 鈴木 裕, 支岐淳一, 井上タツ: 湯取り法と普通炊法とで炊飯したインド亜種モチ米およびウルチ米と日本亜種ウルチ米の硬さと粘りについて, *日本栄養・食糧学会誌*, 36(5), 389-392, 1983
- 19) 安田淑子, 下村道子, 山崎清子: 湯取り法による米飯について, *家政学雑誌*, 27(1), 29-32, 1976

(原稿受理: 1999年6月10日・質問期限: 2000年5月31日)