パーボイルドライスに関する研究

—炊飯特性並びにピラフ用飯米としての利用について—

佐藤康人*・高野克己*・永島俊夫**・鈴木敬彦***・馬場俊郎***・鴨居郁三*

Studies on parboiled rice

—The cooking characteristics and the use as cooking rice for pilaf—

Yasuhito SATO*, Katsumi TAKANO*, Toshio NAGASHIMA**,
Yoshihiko SUZUKI***, Toshiro BABA*** and Ikuzo KAMOI*

* *Department of Agricultural Chemistry Tokyo University of
Agriculture 1-1-1 Sakuragaoka Setagaya-ku Tokyo 156*

** *Food Processing Center, Tokyo University of Agriculture
1-1-1 Sakuragaoka Setagaya-ku, Tokyo 156*

*** *Agricultural Technical Center, ZEN-NO (The National Federation of
Agricultural Co-operative Associations)
5-5-1 Higashihachiman Hiratsuka-shi, Kanagawa 254*

The cooking characteristics of parboiled rice made from unpolished rice, and the cooking conditions suitable for pilaf were investigated.

- (1) First, the cooking characteristics of parboiled rice were studied. The results showed that the hardness value of parboiled rice was the same as unprocessed rice by using gelatinized rice cooking method. But the cohesiveness value was lower than that of unprocessed rice when ordinary cooking method and gelatinized cooking method were used.
- (2) By using commercial pilafs, the suitable physical properties for making pilaf were investigated in the form of sensory test. The results showed that the one that panelists favored most had the hardness value of 12.1~12.4 and the cohesiveness value of 0.603~0.625.
- (3) Based on the above results, the suitable cooking conditions for pilaf made from parboiled rice were as in the following, the best physical properties for pilaf were obtained by cooking the parboiled rice with the addition of water of 12.4~14.2ml against 10g of parboiled rice by using gelatinized rice cooking method. This obtained the highest valuation scores in the sensory test.

(Received July 22, 1988)

緒 言

インド、東南アジア諸国において古くから製造されているパーボイルドライスは、粳米を浸漬した後、蒸煮、

乾燥等の処理を施した米であり、未処理の粳米に較べて貯蔵性が向上すると共に、搗精時の破米率が低く、さらに浸漬時に糠層に含まれる水溶性ビタミンが胚乳部へ移行するため、ビタミン B₁含有量の多い精白米が得られ

* 東京農業大学農芸化学科 (〒156 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

** 東京農業大学総合農産加工実習所 (〒156 東京都世田谷区桜丘1-1-1)

*** 全国農業協同組合連合会 (全農), 農業技術センター (〒254 神奈川県平塚市東八幡5-5-1)

るなど、栄養学的にも優れた特性を持っている¹⁾。このような長所が有るにもかかわらず、我国でパーボイルドライスが普及しなかったのは、栽培されている品種がジャポニカタイプの短粒種のため、長粒種に比べ搗精時の破米率が低く、またパーボイルドライスの食味が日本人の嗜好に適さなかったためと考えられる。

しかし、近年の食生活の多様化に伴い、従来の米飯と食味の異なるピラフなどが普及し、これらの調理に適した加工米が要求され、また胚乳部へのビタミンB₁の移行により栄養価の向上も計れることから、パーボイルドライスが注目されてきた^{2)~5)}。

筆者らは、ジャポニカタイプの玄米より、パーボイルドライスを製造することを試み、すでにその製造条件などについては報告した⁶⁾。しかし、パーボイルドライスは通常の精白米と同様の方法で炊飯すると、硬く、粘りのない食味となり日本人の嗜好には適さない状態となるので、まず、パーボイルドライスの炊飯特性を明らかにし、次いで市販の冷凍ピラフの物性について測定を行い、良好な食味のピラフが持つ物性値を把握し、パーボイルドライスをピラフとして用いるための最適炊飯条件について検討を行った。

実験方法

1. 試料

パーボイルドライスは、玄米（トヨニシキ）を用いて製造した。すなわち、玄米を60℃にて1時間浸漬した後、100℃にて1時間蒸熱を行い、得られた蒸熱玄米について熱風乾燥（80℃で15分、60℃で15分、40℃で90分の3段階乾燥）を行い、これを研削型精米機にて搗精（搗精率92%）した。なお、対照には精白米（ササニシキ、搗精率90%）を用いた。

なお、市販ピラフは、表1に示した冷凍品7種について実験を行った。

表1 供試した市販冷凍ピラフ等

試料 No.	製造会社
1. シーフードピラフ	A
2. 海老ピラフ	A
3. チキンピラフ	B
4. カニピラフ	B
5. 海老ピラフ	B
6. ドライカレー	B
7. チャーハン	B

2. 調理及び炊飯方法

(1)市販ピラフ 試料200gを直径23cmの容器に採り、

電子レンジ（松下電気産業KK, NE-6310）にて5分間加熱後、1時間放冷したものについて測定を行った。

(2)パーボイルドライス 通常の精白米の炊飯に準じた方法（以後通常炊飯法と記す）及び α 化米に準じた方法（以後 α 化米炊飯法と記す）の2通りの方法により炊飯した。

1)通常炊飯法：試料10gをアルミ製カップ（内径44mm, 高さ40mm）に採り加水して、30分間置き、500mlの水を注加した電気炊飯器（タイガー魔法瓶KK, JCA-120）内に入れ、20分間炊飯した後、15分間蒸らし、1時間放冷して各測定を行った。

2) α 化米炊飯法：試料10gを上記と同じアルミ製カップに採り、沸騰させた熱水を加え、同様の方法で電気炊飯器により、10分間炊飯した後、20分間蒸らし、1時間放冷して各測定を行った。

3. 物性測定

レオメーター（不動工業KK, NRM2002J）を用いて、表2に示した条件で測定を行い、得られた波形を、

表2 物性測定条件

項 目	設 定 値
フルスケール	2 kg
感 度 電 圧	1.0V
クリアランス	0.1mm
プランジャー直径	15mm
プランジャー速度	2 cm/min
試 料 数	2 粒
チャート速度	30cm/min

図1 レオメーターによる標準的波形とその解析例
硬さ H (cm), 凝集性 = A2 / A1

図1に示した方法により解析して硬さ及び凝集性を求めた。

4. 官能検査

(1)市飯冷凍ピラフ 30名(男19名, 女11名, 年齢21~23歳)のパネラーにより, 表1に示した7種類の試料について, 表3に示した官能検査用紙を用い, 硬さ, 粘り及び総合の3項目を両極5点法⁷⁾により評価した。

表3 官能評価用紙

測定	年	月	日	氏名	性別	年齢	歳
				試料No.			
硬 さ	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 硬すぎる ピラフとして好ましい 柔らかすぎる </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 大きすぎる 好ましい 小さすぎる </div>						
粘 り	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 好ましい 普通 好ましくない </div>						
総 合	<div style="display: flex; justify-content: space-between; width: 100%;"> 2 1 0 -1 -2 </div>						

(2)パーボイルドライス 10名(男5名, 女5名, 年齢21~23歳)のパネラーにより, 炊飯方法及び加水量を変えて調製したパーボイルドライスの食味を, 表4に示した官能検査用紙を用い, 市飯冷凍ピラフの中で最も高い評価を得たNo.5を対照として, 順位法⁷⁾により評価した。

表4 官能評価用紙

測定	年	月	日	氏名	性別	年齢	歳
				試料No.			
ピラフとして(総合的に)							
好ましい				好ましくない			
→				→			

3. 水分測定

赤外線水分計(ケット科学KK, F-1A)を用いて, 105℃にて測定した。

結果及び考察

1. パーボイルドライスの炊飯特性

(1)炊飯方法及び加水量の物性の相関について 前記の通常炊飯法及び α 化米炊飯法により, 加水量を変えてパーボイルドライスを炊飯し, 各試料の水分含量と各物性値を測定した。

なお, 比較のため通常の方法により炊飯した精白米(以後炊飯白米と記す)についても, 同様に測定を行った。

1)硬さに対する炊飯方法及び水分含量の影響: 結果は図2に示した。何れの試料も水分含量48~64%の範囲で

図2 炊飯パーボイルドライスの硬さに対する炊飯方法及び水分含量の影響

パーボイルドライス

○—○: 通常の炊飯方法

$$Y = 40.600 - 0.4311 \times X \quad (r = 0.94) \quad \cdots \cdots (1)$$

●—●: α 化米に準じた炊飯方法

$$Y = 40.192 - 0.4731 \times X \quad (r = 0.95) \quad \cdots \cdots (2)$$

未処理米

△—△: 通常の炊飯方法

$$Y = 37.345 - 0.4222 \times X \quad (r = 0.98) \quad \cdots \cdots (3)$$

$$Y = \text{硬さ (cm)} \quad X = \text{水分含量 (\%)} \quad \cdots \cdots$$

は, 硬さと水分含量の関係はそれぞれ図中に示した(1), (2)及び(3)の各単回帰方程式で表され, 相関係数もそれぞれ $r = 0.94$, $r = 0.95$ 及び $r = 0.98$ であった。各試料とも水分含量の増加に伴い, 硬さは減少を示したが, 通常炊飯法で炊飯したパーボイルドライスでは炊飯白米に較べ, 何れの水分時においても硬さが約26%高くなった。しかし, α 化米炊飯法で炊飯したパーボイルドライスは炊飯白米とほぼ同様の硬さを示した。

2)凝集性に対する炊飯方法及び水分含量の影響: 結果は図3に示した。何れの試料も水分含量48~64%の範囲では, 凝集性と水分含量の関係はそれぞれ図中に示した(1), (2)及び(3)の各単回帰方程式で表され, 相関係数もそれぞれ $r = 0.97$, $r = 0.97$ 及び $r = 0.94$ であった。各試料とも水分含量の増加に伴い, 凝集性は減少を示した。なお炊飯白米に較べ, 通常炊飯法で炊飯したパーボイルドライスでは, 水分含量56%の時, 凝集性は約10%低下していた。また, α 化米炊飯法で炊飯したパーボイルドライスは, 凝集性低下の割合が通常炊飯法で炊飯した場合よりも大きく, 水分含量56%の時, 炊飯白米に較べ凝集性は約22%低下していた。

従来パーボイルドライスを炊飯しても精白米の米飯に較べ硬いとされてきたが, α 化米に準じた炊飯を行うこ

図 3 炊飯パーボイルドライスの凝集性に対する炊飯方法並びに水分含量の影響
 パーボイルドライス
 ○—○：通常炊飯方法
 $Y = 1.17512 - 0.010425 \times X$ ($r = 0.97$)(1)
 ●—●：α化米に準じた炊飯方法
 $Y = 1.28040 - 0.013451 \times X$ ($r = 0.97$)(2)
 未処理米
 △—△：通常炊飯方法
 $Y = 1.00451 - 0.006448 \times X$ ($r = 0.94$)(3)
 $Y = \text{凝集性}$ $X = \text{水分含量}(\%)$

とにより、精白米と同様の硬さの米飯が得られた。一方、凝集性は、何れの炊飯方法によってもその値は炊飯白米に較べ低く、パーボイルドライスは白米に較べて、その組織がかなり脆くなっていると思われる。また、パーボイルドライスでは炊飯方法の違いによって硬さや凝集性が異なったが、これは炊飯時の加熱条件が大きく影響しているものと考えられた。

2. 市販ピラフの食味と物性値の相関

官能検査により求めた硬さ、粘り、総合評価による食味と、レオメーターにより測定した硬さ及び凝集性の値との関係から、良好な食味を持つピラフの物性特性を把握し、得られた数値の標準化を試みた。

(1)官能検査による食味の評価 市販の冷凍ピラフ7種について、硬さ、粘り及び総合の3項目について官能評価を行い、その結果を表5に示した。また硬さ、粘り及び総合の3項目の各官能評価値についてそれぞれ一元配置法により分散分析⁹⁾を行い、その結果を表6に示した。

有意水準5% ($F_{203}^{95} = 2.10$) において、硬さ ($F_{203}^{95} = 2.10 < 5.07$) 及び総合 ($F_{203}^{95} = 2.10 < 5.99$) 共に、7種の試料間に有意な差異が認められた。しかし、有意水準5% ($F_{203}^{95} = 2.10$) において、粘り ($F_{203}^{95} = 2.10 < 1.83$) では、試料間に有意な差異が認められなかった。

表 5 官能検査により求めた物性評価結果

試料 No.	硬さ (平均値±標準誤差)	粘り (平均値±標準誤差)	総合 (平均値±標準誤差)
1	0.90±0.14	-0.20±0.17	-0.07±0.15
2	0.63±0.12	-0.30±0.17	0.63±0.15
3	0.80±0.13	-0.60±0.13	-0.23±0.16
4	0.70±0.12	-0.50±0.13	-0.07±0.12
5	0.20±0.09	-0.03±0.13	0.70±0.16
6	1.10±0.13	-0.50±0.14	-0.23±0.17
7	0.73±0.11	-0.33±0.13	0.07±0.14

表 6 官能検査により求めた物性評価結果の分散分析表

要 因		平方和	自由度	分 散	分散比
硬 さ	区 間	13.05	6	2.18	5.07
	誤 差	88.23	203	0.43	
	合 計	101.28	209		
粘 り	区 間	6.99	6	1.17	1.83
	誤 差	130.93	203	0.64	
	合 計	137.92	209		
総 合	区 間	25.70	6	4.28	5.99
	誤 差	138.00	203	0.68	
	合 計	163.70	209		

$F_{203}^{95} = 2.10$ (有意水準5%)

表 7 レオメーターにより求めた物性測定結果

試料No.	硬 さ (平均値±標準誤差)	凝集性 (平均値±標準誤差)
1	11.76±0.12	0.626±0.008
2	12.44±0.12	0.608±0.008
3	11.70±0.16	0.588±0.007
4	11.52±0.15	0.581±0.007
5	12.06±0.12	0.620±0.007
6	12.69±0.10	0.655±0.009
7	13.01±0.08	0.667±0.007

表 8 レオメーターにより求めた物性測定結果の分散分析表

要 因		平方和	自由度	分 散	分散比
硬 さ	区 間	37.51	6	6.25	20.16
	誤 差	40.88	133	0.31	
	合 計	78.39	139		
凝 集 性	区 間	0.1312	6	0.0219	19.91
	誤 差	0.1503	133	0.0011	
	合 計	0.2815	139		

$F_{133}^{95} = 2.19$ (有意水準5%)

(2)レオメーターによる物性値の測定 市販の冷凍ピラフ7種について、硬さ及び凝集性を測定し、その結果

表 9 官能評価値及び機器測定による物性測定値の多重範囲検定結果

硬さ (官能検査) (有意水準 5%)	試料No. 平均値	5 0.20	2 0.63	4 0.70	7 0.73	1 0.80	3 0.80	6 1.10
総合評価 (官能検査) (有意水準 5%)	試料No. 平均値	5 0.70	2 0.63	7 0.07	1 -0.07	4 -0.07	3 -0.23	6 -0.23
硬さ (機器測定) (有意水準 5%)	試料No. 平均値	4 11.52	3 11.70	1 11.76	5 12.06	2 12.44	6 12.69	7 13.01
凝集性 (機器測定) (有意水準 5%)	試料No. 平均値	4 0.581	3 0.588	2 0.608	5 0.620	1 0.626	6 0.655	7 0.667

を表 7 に示した。なお測定は 1 試料について 20 回行った。また硬さ及び凝集性の各測定値についてそれぞれ一元配置法により分散分析を行い、その結果を表 8 に示した。

有意水準 5% ($F_{1,13}=2.19$) において、硬さ ($F_{1,13}=2.19 < 20.16$) 及び凝集性 ($F_{1,13}=2.19 < 19.91$) 共に、試料間に有意な差異が認められた。

(3) 食味の良いピラフの物性値 以上のように、官能検査により得られた、硬さ及び総合評価の値並びにレオメーターにより測定した、硬さ及び凝集性の各物性値では、何れも試料間に有意な差異が認められた。そこで、次に各試料相互における有意差について検討するために、前記の一元配置法による分散分析結果を、多重範囲検定法⁹⁾にて解析を行い、その結果を表 9 に示した。

官能検査による硬さでは、最も評価値の良かった試料は No. 5 で、以下 2, 4, 7, 1, 3, 6 の順となり、有意水準 5% では、各試料間に有意差の認められない No. 5 及び 2 並びに No. 2, 4, 7, 1, 3 及び 6 の各 2 グループに分かれた。また総合評価では、最も評価値の良かったものは No. 5 で、以下 2, 7, 1, 4, 3, 6 の順となり、有意水準 5% では No. 5 及び 2 の 2 試料、No. 2 及び 7 の 2 試料並びに No. 7, 1, 4, 3 及び 6 の 5 試料の 3 グループに分かれた。

また、レオメーターによる硬さの測定では、最小値を示したのは No. 4 で、以下 3, 1, 5, 2, 6, 7 の順に大きな値を示し、有意水準 5% では試料間に有意差の認められない No. 4, 3 及び 1, No. 1 及び 5, No. 5 及び 2, No. 2 及び 6 並びに No. 6 及び 7 の 5 グループに分かれた。また凝集性では最小値を示したのは No. 4 で、以下 3, 2, 5, 1, 6, 7 の順に大きな値を示し、有意水準 5% では No. 4, 3 及び 2 の 3 試料、No. 2, 5 及び 1 の 3 試料、No. 1 及び 6 の 2 試料並びに No. 6 及び 7 の 2 試料の各グループ内では有意差の認められない 4 グループに分かれた。

以上のように、官能検査による硬さ及び総合評価にお

いて、食味の良好なピラフとして最も評価の高かったグループは、No. 5 及び 2 のグループであった。またこの No. 5 及び 2 は、レオメーターによる測定で求めた硬さ及び凝集性の各物性値が、何れも各試料の物性測定値におけるほぼ中央値を示しており、さらに両試料間には有意差は認められなかった。これらの官能検査及び機器測定の結果を総合すると、ピラフとして良好な物性を示す試料は、官能評価値が最も高く、機器測定値でも有意差の見られなかった No. 2 及び 5 の 2 種であった。そこでこの No. 2 及び 5 を用いて良好なピラフの有する物性値を推定した。すなわち、No. 2 及び 5 の各物性値より、硬さ及び凝集性の平均値の信頼区間^{9), 9)}を求め、その結果を表 10 に示した。

表 10 No. 2 及び No. 5 をベースにして算出した食味良好なピラフの物性値

項 目	平 均	標準偏差	平均値の信頼区間 (有意水準 5%)
硬 さ	12.23	0.5678	12.05 < m < 12.41
凝集性	0.614	0.0036	0.603 < m < 0.625

その結果、良好なピラフの有する物性値は、硬さが $12.05 < m < 12.41$ 、凝集性が $0.603 < m < 0.625$ であると推定された。

3. ピラフ用パーボイルドライスの炊飯条件

以上の結果を基に、パーボイルドライスのピラフ向き炊飯条件について検討した。良好な食味のピラフが持つ物性値は、硬さ 12.05~12.41 凝集性 0.603~0.625 であり、炊飯白米は、水分含量 59~60% の時、硬さ 12.06~12.39、凝集性 0.618~0.623 となり、ほぼこの条件を満たしていた。しかし、パーボイルドライスは、その特有の硬く、脆い物性のため、通常炊飯法及び α 化米炊飯法の何れの方法で炊飯しても、先に市販ピラフを用いて標

準化した良好な食味のピラフが示す硬さ及び凝集性の両物性値を同時に満たす条件を得る事ができなかった。そこでピラフ向けのパーボイルドライス独自の炊飯条件を、先に求めた食味の良いピラフの有する物性値を参考にし、またパーボイルドライスの硬さが改善され炊飯白米とほぼ同様の硬さを示すようになる α 化米炊飯法を用いて次の試験を行った。すなわち先に標準化した硬さ及び凝集性をそれぞれ満たす条件を把握するため、パーボイルドライス10gに沸騰水8.8ml, 10.6ml, 12.4ml及び14.2mlを加えて炊飯した4種の試料について物性並びに官能検査を行い、パーボイルドライスにおけるピラフ向き炊飯条件について検討した。

表11 ピラフ向き炊飯パーボイルドライスの物性値並びに官能評価結果

加水量(ml)	水分(%)	硬 さ	凝集性	合計得点	平均得点
8.8	49.3	16.95	0.617	34	3.4
10.6	52.7	15.35	0.572	31	3.1
12.4	56.1	13.75	0.526	16	1.6
14.2	59.5	12.25	0.480	19	1.9

表12 官能検査により求めたピラフ向き物性評価結果の分散分析表

要 因	平方和	自由度	分 散	分散比
区 間	23.40	3	7.80	10.56
誤 差	26.60	36	0.74	
合 計	50.00	39		

$F_{3,36} = 2.47$ (有意水準5%)

表13 官能検査により求めたピラフ向き物性評価値の多重範囲検定結果

加水量 (ml)	8.8	10.6	14.2	12.4
平均得点	3.4	3.1	1.9	1.6
(有意水準5%)				

得られた物性値並びに官能検査結果を表11に示した。またその官能評価値を一元配置法により分散分析を行い、その結果を表12に示した。その結果、有意水準5% ($F_{3,36} = 2.47$) において、官能評価値 ($F_{3,36} = 2.47 < 10.56$) では、試料間に有意な差異が認められた。そこで試料間相互の差異について検討するため、その分散分析結果を多重範囲検定法により解析し、その結果を表13に示した。

有意水準5%の時、加水量8.8ml及び10.6mlの2試料間(以下A区分と記す)に、また加水量12.4ml及び14.2mlの2試料間(以下B区分と記す)にそれぞれ有意差は認められず、A、B両区分では有意な差異が認め

られたので、官能評価値が高く、良好な食味と評価されたB区分、すなわち加水量12.4~14.2mlで炊飯したパーボイルドライスがピラフとして良好であると推察された。またこのB区分の物性値は硬さが12.15~13.75、凝集性が0.480~0.526であり、先に求めた良好なピラフの物性値と比較すると、硬さはほぼ一致し、凝集性は低い値を示した。

このことから、ピラフの食味には凝集性に比べ硬さの要因が大きく影響していると考えられるが、さらに先に標準化した食味良好なピラフの両物性値が得られる様なパーボイルドライスの製造条件についても検討することが必要と考える。

要 約

ジャポニカ種玄米より調製したパーボイルドライスの炊飯特性を明らかにすると共に、そのピラフ向き炊飯条件について検討した。

(1)まずパーボイルドライスの炊飯特性について検討した。その結果、パーボイルドライスは α 化米炊飯法により、炊飯白米と同様の硬さを得ることが判った。しかし凝集性は、何れの炊飯方法を用いても、炊飯白米に比べ低い値を示した。

(2)市販ピラフを用い、ピラフとしての良好な物性値を求めたところ、硬さ12.05~12.41、凝集性0.603~0.625の物性を示すものが好まれた。

(3)以上の結果を基に、パーボイルドライスにおけるピラフ向き炊飯条件を検討した。その結果、加水量12.4~14.2mlで α 化米炊飯法により炊飯したパーボイルドライスが、ピラフとして適当な硬さを示し、官能検査でも高い評価を得ることが明らかとなった。

参 考 文 献

- 1) 荒井克祐：熱帯農研集報，No. 20. 22 (1970)
- 2) 木村俊範・松田従三・池内義則・吉田富穂：農業機械学会誌，37(4)，557 (1976)
- 3) 木村俊範・松田従三・池内義則・吉田富穂：農業機械学会誌，38(1)，47 (1977)
- 4) 木村俊範・松田従三・池内義則・吉田富穂：農業機械学会誌，38(3)，379 (1977)
- 5) 木村俊範・松田従三・池内義則・吉田富穂：農業機械学会誌，40(4)，603 (1979)
- 6) 永島俊夫・高野克己・鈴木敬彦・馬場俊郎・鴨居郁三：東京農大農学集報，28(2)，238 (1983)
- 7) 島田保子・川島晶子・亀城和子・村山篤子：最新調理学実験 (学建書院) (1975)
- 8) 柴田寛三：新・生物統計学序説 (創文) (1983)
- 9) 国沢清典・岩崎 隆：統計学入門 (広川書店) (1982)

(昭和63年7月22日受理)