

強飯の食味特性と保存性に及ぼす煮熟黒大豆および煮汁添加の影響

Effects of Adding Boiled Black Soybeans and their Eluate on the Sensory Characteristics and Preserved Condition of Kowameshi, Cooked Glutinous Rice

加賀谷みえ子*^s 木村友子* 内藤通孝* 菅原龍幸**

Mieko Kagaya

Tomoko Kimura

Michitaka Naito

Tatsuyuki Sugahara

The use of black soybeans and their eluate, which were expected to have functional properties, was investigated by adding to four types of Kowameshi, cooked glutinous rice, using different buffers: sample S, distilled water; sample A, pH 3; sample B, pH 5; sample C, pH 7; and sample W, soybean-free. We compared the chemical and physical properties of the cooked rice samples, and we discuss the most suitable cooking conditions.

The textural properties of sample A containing black soybeans were significantly higher than those of sample S, while Kowameshi sample C was significantly softer (both $p < 0.05$). The total polyphenol content and radical scavenging activity of Kowameshi were significantly higher with samples A and B than with sample W, showing highly significant positive correlation ($r = 0.93$). The growth of bacteria was suppressed in samples A and B when compared with sample S. A weakly acidic condition (sample B, pH 5) was suitable for rice cooking, the color tone of sample B being lighter than sample S. Although sample B was judged to be slightly acidic, no significant difference was evaluated in the taste. The preserved condition of sample B was better than that of sample S.

キーワード：強飯 Kowameshi；黒大豆 Black soybeans；食味特性 Sensory Characteristics；保存性 Preserved Condition；抗酸化性 Anti-oxidative activity

緒言

大豆は蛋白質が豊富で、栄養的価値が高い食材として評価されている。特に黒大豆は正月料理には欠かせない食材の1つであり、煮豆の「黒豆」は日本の伝統食として、おせち料理では「祝い肴」の筆頭に用いられてきた¹⁾。また、名古屋地域では現在も端午の節句には黒大豆強飯（黄飯）が行事食として作られている。食品成分表では黒大豆は栄養的には大豆として扱われているが、黒大豆の機能性やその薬効は黄大豆よりも注目されている。

黒大豆種皮の色素は、ポリフェノール構造をもつアントシアニンであり²⁾、加熱温度やpHを変化させることで退色・変色しやすく、酸性域で安定する。自然界では赤～青色の色調を示すが、酸性下で橙赤～赤紫色を呈する³⁾。このアントシアニンの美しい色調は、加工食品の着色に利用されている。

近年では、着色機能に限らず、高い抗酸化能を示すことが報告されており^{3,4)}、強酸性下で黒大豆から抽出したアントシアニンの抗酸化力は α -トコフェロールや合成抗酸化剤に匹敵するほどである。更に、黒大豆の種々の変異原物質に対する抗変異原性や視力改善作用^{3,5)}、ヒトに対する糖代謝改善作用⁶⁾、肥満抑制効果⁷⁾などが明らかにされ、

健康維持機能に留まらず、生活習慣病の治療食への応用など、より積極的な意味での方向性も考えられている。黒大豆の煮汁中にはアントシアニンが多く含まれており、抗酸化性も高いと言われている^{8,9)}。しかし、黒大豆浸漬液の煮汁が炊飯時に利用されることは少なく、煮汁ごと利用した研究は少ない。

本研究では、機能性を有する煮熟黒大豆およびその煮汁をもち米炊飯に有効利用することを目的とし、洗米・浸漬・加熱といった炊飯過程における、黒大豆・煮汁添加強飯（以下、黒大豆強飯と略記）の化学的・物理的性状および保存性を解明し、好適な調理条件を検討した。

実験方法

1. 実験試料

乾燥黒大豆は平成20年度北海道十勝産いわい黒豆、もち米は平成20年度佐賀産佐賀ひよくを、それぞれ小分けして密閉容器に入れ、5℃の低温で保存し用いた。0.05 M クエン酸・炭酸ナトリウム緩衝液（以下、緩衝液と略記）の調製にはクエン酸一水和物特級（関東化学株式会社）、炭酸ナトリウム特級（関東化学株式会社）を用いた。

2. 試料調製

各浸漬液は蒸留水及びpH 3, pH 5, pH 7の3種類の緩衝液を用いた。浸漬黒大豆の調製には、乾燥黒大豆50 gを秤量し、20倍量の蒸留水または各pH緩衝液中に7時間室温で浸漬した。煮熟黒大豆の調製は、浸漬後の黒大豆とその浸漬液を圧力鍋（フィスラー製圧力鍋ロイヤル）に入れ、最初強火で加熱し、圧力約1.8気圧に達したことを確認後、弱火に調節し、3分間加熱した。冷却後、蒸留水ま

* 椋山女学園大学
(Sugiyama Jogakuen University)

** 女子栄養大学
(Kagawa Nutrition University)

^s 連絡先 椋山女学園大学生生活科学部
〒464-8662 名古屋市千種区星が丘元町 17-3
TEL 052(781)1186 FAX 052(782)7265

たは各 pH 緩衝液で定容し、煮熟黒大豆と煮汁とに分けた。

黒大豆強飯の調製は、もち米 250 g を蒸留水で 5 回洗い、ザルにあげて約 15 分～20 分間水切りした。煮汁はもち米重量の 0.9 倍 (225 g) を用い、水切りしたもち米を加え、冷蔵庫で 16 時間浸漬した。浸漬後、煮熟黒大豆を加え、炊飯器 (三洋電機株式会社製: マイコンジャー炊飯器 ECJ-IS 35) で炊飯した。蒸留水及び pH 3, pH 5, pH 7 の 3 種類の緩衝液で調製した黒大豆および強飯は、それぞれ試料 S (基本) および試料 A, B, C とし、黒大豆無添加強飯は試料 W とした。

3. 測定方法

1) pH

pH は強飯調製過程における黒大豆浸漬前後の液、黒大豆煮熟後の煮汁、もち米浸漬後の液および炊飯後の強飯を測定した。液体は室温下で 30 ml とり、炊飯後の強飯は 30 g を乳鉢にとり、蒸留水 60 ml を加え、乳棒ですりつぶし、遠沈管に入れ、遠心分離 (1,670×g, 10 分間) 後、上澄み液を pH メーター (東亜 DKK 株式会社製: HM-25 R) で測定した。

2) 吸水率

黒大豆ともち米の吸水率は、浸漬前後の重量を測定し、浸漬前の重量で除して百分率で表した。

3) 色調

炊飯後の黒大豆皮のみを丸セルに詰め、強飯は約 10 g を丸セル (φ 35 mm, 深さ 10 mm) に、表面を平らになるように詰め、測色色差計 ((株)日本電色工業製: Color-meter NE 2000 型, O°-d 方式, JIS Z 8722-8729 による測定条件) の反射光で, L^* (明度), a^* (+赤の度合い), b^* (+黄の度合い) を測定し, ΔE を求めた。

4) 物理的特性

測定装置はクリープメータ ((株)山電製: RE 2-33005 S 型) を用いた。破断特性の測定はプランジャーくさび型 No. 49, (幅 30 mm, 先端 1 mm の平面), ロードセル 20 N, 想定歪率 99%, 試料台速度 1 mm/sec の条件で蒸留水および各 pH 緩衝液で調製した煮熟黒大豆と炊飯後の黒大豆の破断応力, 破断歪, 破断エネルギーを測定した。テクスチャー特性の測定は, プランジャー No. 3 (φ 16 mm), ロードセル 20 N, 測定歪率 70%, 試料台速度 1 mm/sec の条件で, 蒸留水および各 pH 緩衝液で調製した炊飯後の黒大豆 1 粒ずつ, 強飯はラップを敷いた丸セル (φ 35 mm) に 15 g をはかりとり, 表面を平らに成型したものの硬さ応力, 凝集性, 付着性を測定した。測定温度は $23 \pm 1^\circ\text{C}$ で行った。

5) 抗酸化性の定量

黒大豆強飯は黒大豆と強飯に分け, 一昼夜 65°C で恒温加熱乾燥させ, それぞれ粉砕器で粉末にし, 乾燥試料を作成した。但し, 油脂が多い黒大豆のみ脱脂を行った。脱脂の操作方法は, 50 ml 遠沈管に粉末にした乾燥黒大豆を約

9 g 入れ, 50 ml ヘキサンを入れて, 攪拌振盪機 (VORTEX-GENIE 2) でよく混和した。次に超音波洗浄装置を用いて, 28 kHz (5 秒), 45 kHz (5 秒), 100 kHz (1 秒) のマルチ周波数で 30 分間, 超音波照射を行った後, 遠心分離 (1,670×g, 10 分間) を行い, 上澄み液を除去した。この操作を 4 回繰り返した (ただし 2 回目以降, 超音波照射は 10 分間とした)。最後に窒素ガスを吹き当て室温で放置し, ヘキサンを十分に揮発させたものを脱脂黒大豆とし, 総ポリフェノール含量及びラジカル捕捉活性の試料とした。総ポリフェノール含量はフォーリンデニス法による比色定量法¹⁰⁾ により, 没食子酸相当量として求めた。ラジカル捕捉活性は DPPH による比色定量法¹¹⁾ で測定し, システイン相当量として算出した。

6) 官能評価

試料 S, A, B, C の黒大豆強飯を 1 人当たり約 25 g ずつ用意し, 試食に供した。パネルは年齢 21 歳の女子大学生 17 名で行った。検査は順位法¹²⁾ により, 色の濃い順, 香りの強い順, 硬い順, 粘りの強い順, 弾力の強い順, 酸味の強い順, 好ましい順を付けさせ, クレーマー検定で解析した。また, 2 点嗜好試験法の変法¹³⁾ を使って, 7 段階尺度で評価し, t 検定で解析した。質問項目は色, 香り, 硬さ, 粘り, 弾力, 酸味の違いの識別と総合的な好みとした。

7) 組織構造の観察

炊飯前のもち米および炊飯後の強飯はバイオメディカルフリーザーで -30°C に凍結後, ペンチで切片にし, 顕微鏡の試料台にのりで貼付後, 蒸着装置にセットし, 金パラジウムで蒸着した。その後, 電子顕微鏡 (HITACHI 製: Miniscope TM-1000) を用いて, 倍率 2,000 倍で観察した。

8) 微生物試験

黒大豆強飯は炊飯直後に温度 37°C , 湿度 80% で 1, 3, 5, 7, 10, 12 日間保存した。生菌数の測定は, 一般生菌数測定用培地 (日本製薬株式会社製: コンパクトドライ「ニッスイ」TC) を用い, 衛生試験法注解¹⁴⁾ に従って希釈平板培養法で行った。培養条件は保存条件と同様の温度, 湿度で 48 時間培養し, 出現したコロニー数から計測した。大腸菌・大腸菌群の定性試験は大腸菌・大腸菌群用培地 (日本製薬株式会社製: XM-G 寒天培地「ニッスイ」) を用い, 衛生試験法注釈に準じ 24 時間培養した。出現した菌の特定はグラム染色を行い, 顕微鏡 (Olympus CX 31) で観察した。さらに, OF テスト¹⁵⁾ では 37°C , 24 時間培養後, 色の変化を観察した。

実験結果及び考察

1. 強飯作成過程における pH 変化

pH の測定結果を Table 1 に示した。黒大豆煮熟後の煮汁の pH は, 基本 S が pH 6.6, 試料 A が pH 3.3, 試料 B が pH 5.1, 試料 C が pH 9.5 で, 煮熟前の浸漬液と比べていずれも若干上昇した。試料 C の煮汁はアルカリ性を示

強飯の食味特性と保存性に及ぼす煮熟黒大豆および煮汁添加の影響

Table 1. Change of the pH during the making process of the Kowameshi

Sample	Eluate of black soybeans before heating	Eluate of black soybeans after heating	Eluate before cooking of rice	Glutinous rice in Kowameshi
S	6.0±0.05	6.6±0.07	6.5±0.10	6.5±0.05
A	3.2±0.04	3.3±0.06	4.2±0.03	4.5±0.04
B	5.0±0.04	5.1±0.04	5.5±0.07	5.8±0.04
C	7.2±0.09	9.5±0.13	7.4±0.07	8.4±0.24
W	—	—	6.5±0.03	6.4±0.02

Buffer used for soaking black soybeans;
 Sample S and W (without black soybeans) : distilled water
 Sample A : pH 3 buffer
 Sample B : pH 5 buffer
 Sample C : pH 7 buffer
 Each value represents the mean ± SD of 8 determinations

したが、もち米を煮汁に浸漬した後は、中性 (pH 7.4) に近づいた。

供食時の強飯の pH は、基本 S が 6.5、試料 A が 4.5、試料 B が 5.8、試料 C が 8.4 であり、いずれの条件も浸漬・加熱操作によって pH 値は高くなった。

2. 浸漬後の黒大豆及びもち米の吸水率の検討

乾燥黒大豆及びもち米の吸水率の測定結果を Table 2 に示した。乾燥黒大豆は浸漬液の試料 A (pH 3)、B (pH 5)、C (pH 7) は試料 S に比べて、いずれも吸水率は有意に低値となった。もち米の吸水率はいずれの試料も 28.6 % 前後で類似していた。これらの結果から、試料間で吸水率に有意差は見られず、浸漬過程での酸・アルカリの影響はみられなかった。また、重量比を調べたところ、どの試料も

Table 2. Ratio of suction water after soaking (%)

Sample	Black soybeans	Glutinous rice
S	133.8±2.2	28.6±1.7
A	107.6±2.8**	28.6±1.5
B	107.4±3.3**	28.8±2.1
C	112.3±4.2**	28.5±1.1

Sample S, A, B, C : see the legend of Table 1.

Each value represents the mean ± SD of 8 determinations

** $p < 0.01$ compared with Sample S

浸漬前後の重量比は、1.4 倍くらいになり、この値は、石井ら¹⁶⁾の 1.3~1.4 倍という報告と一致した。

3. 炊飯後の黒大豆表皮および強飯の色調変化

炊飯後の黒大豆表皮および強飯の色調測定の結果を Table 3 に示した。

黒大豆表皮の L^* 値は、基本 S に比べて酸性域の試料 A (pH 3)、B (pH 5) は有意に高くなり、 a^* 値と b^* 値も有意に増加した。 L^* の明るさの順は試料 B (pH 5) が最も明るく、次いで試料 A、基本 S、試料 C の順となり、試料 C (pH 7) は A、B と比べて有意に低値で暗色を呈した。試料 S (基本) を基準とした ΔE では、酸性が強い試料 A は 12.1 で、他の試料と比べて大きかった。明度は試料が酸性に傾くと増し、アルカリ性に傾くと低下したことから、大庭³⁾らの結果と一致した。

強飯の L^* 値および a^* 値では、試料 A、B は試料 S と比べて L^* 値・ a^* 値とも高く、明るく赤の色合いが増した。 b^* 値は試料 B・試料 C で有意に高値となり、黄の色合いが増加した。試料 C の L^* 値は試料 S と比べて有意に低く、 a^* 値は試料 A と同程度の高値を示し、明度が低く、赤の色合いが増したが、 b^* 値が著しく高く、黄の色合いが増した。基本 S を基準とした ΔE では、試料 A、B との色差は「目だって感じられる」程度であったが、試料 C と色差は「大きい」に変化した。

強飯の色調は、酸性域にある試料 A (pH 3) では、明度、赤の色合いが増してピンク色を呈し、アントシアニンの色調が酸性条件下で安定し、鮮やかな赤色に変色したためと考えられる。一方、アルカリ性域にある試料 C (pH 7) では明度は低く、黄の色合いが増して濃茶褐色を呈した。中間域にある試料 B (pH 5) は試料 S を基準とした ΔE が最も小さく、淡い薄茶色を呈した。強飯の色調変化は煮熟黒大豆表皮および煮汁の pH が大きく作用し、強飯の着色には黒大豆中のアントシアニンが影響したと考えられる。

4. 炊飯後の黒大豆および強飯の物理的特性の検討

炊飯後の黒大豆の破断特性の測定結果を Table 4-1 に示した。黒大豆の試料 A (pH 3) の破断応力および破断エネルギーは、試料 S (基本) と比較して有意に高値となり、

Table 3. Color of the skin of black soybeans and glutinous rice after cooking

Item	Sample	L^*	a^*	b^*	ΔE
Skin of black soybeans in Kowameshi	S	19.7±2.0	3.1±0.5	2.5±1.1	—
	A	23.1±1.6*	13.7±2.3***	7.3±1.8***	12.1
	B	23.3±1.4**	9.3±1.4***	7.8±1.7***	8.9
	C	15.5±1.5**	4.0±0.7	3.7±1.3	4.4
Glutinous rice in Kowameshi	S	48.9±1.9	5.7±0.4	8.3±0.7	—
	A	51.3±1.4	9.2±0.7***	7.8±0.8	4.3
	B	52.3±1.6*	6.8±0.7*	10.2±1.3*	4.0
	C	38.8±2.4***	9.1±1.4***	12.3±1.0***	11.4

Sample S, A, B, C : see the legend of Table 1.

Each value represents the mean ± SD of 6 determinations

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ compared with Sample S.

Table 4-1. Rupture properties of the cooked black soybeans

Item	Sample	Rupture properties		
		Rupture stress $\times 10^6$ (Pa)	Rupture strain (m/m)	Rupture energy $\times 10^5$ (J/m ³)
Black soybeans after cooking	S	3.43 $\pm$ 0.77	0.30 $\pm$ 0.07	5.65 $\pm$ 2.52
	A	4.68 $\pm$ 0.85***	0.33 $\pm$ 0.06	7.82 $\pm$ 2.40**
	B	3.70 $\pm$ 0.82	0.30 $\pm$ 0.14	6.21 $\pm$ 2.00
	C	2.84 $\pm$ 1.11	0.26 $\pm$ 0.15	4.95 $\pm$ 2.78

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 1.

Each value represents the mean $\pm$ SD of 20 determinations

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, compared with Sample S.

Table 4-2. Texture properties of black soybeans and glutinous rice in Kowameshi

Item	Sample	Texture properties		
		Hardness $\times 10^4$ (Pa)	Cohesiveness	Adhesiveness $\times 10^4$ (J/m ³)
Black soybeans in Kowameshi	S	3.51 $\pm$ 0.75	0.42 $\pm$ 0.22	4.60 $\pm$ 1.21
	A	4.05 $\pm$ 0.81*	0.52 $\pm$ 0.21	4.19 $\pm$ 1.19
	B	3.64 $\pm$ 0.86	0.40 $\pm$ 0.19	4.37 $\pm$ 1.43
	C	3.14 $\pm$ 1.12	0.40 $\pm$ 0.12	4.44 $\pm$ 1.34
Glutinous rice in Kowameshi	S	2.12 $\pm$ 0.33	0.55 $\pm$ 0.17	0.83 $\pm$ 0.53
	A	2.27 $\pm$ 0.27	0.59 $\pm$ 0.17	1.47 $\pm$ 0.26**
	B	2.21 $\pm$ 0.34	0.58 $\pm$ 0.12	1.03 $\pm$ 0.44
	C	1.82 $\pm$ 0.27*	0.50 $\pm$ 0.22	0.68 $\pm$ 0.22
	W	2.77 $\pm$ 0.07**	0.62 $\pm$ 0.09	1.52 $\pm$ 0.18*

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 1.

Sample W: glutinous rice after cooked using distilled water without soybeans

Each value represents the mean $\pm$ SD of 20 determinations

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, compared with Sample S.

pH が酸性に傾くにつれて、高く硬化したが、破断歪は試料間に有意な差は見られなかった。以上の結果から、黒大豆は、pH が酸性ほど硬く、特に試料 A は試料 S に比べて、有意に硬くなった。

炊飯後の黒大豆及び強飯のテクスチャー特性の測定結果を Table 4-2 に示した。黒大豆の硬さ応力は、試料 A (pH 3) のみが試料 S (基本) と比較して有意に高値となり、試料 B (pH 5) は試料 S と近い値であった。凝集性および付着性は試料間に有意差は見られなかった。強飯の硬さ応力は、pH がアルカリ性に傾くほど低値となり、軟化を示し、試料 C (pH 7) は試料 S と比較して有意に低値であった。凝集性は試料間に有意差は見られなかった。強飯の付着性は、pH が酸性に傾くにつれて高値となり、試料 A は試料 S と比べて有意に高値となった。江間ら¹⁷⁾ は、炊飯の際、粳米に夏みかん果汁 (pH 3.3 前後) を添加したことで、細胞組織が影響を受け、付着性が増加したと報告している。また、大石ら¹⁸⁾ は、糯米に酢酸を添加したことで付着性が増したと報告しており、今回の結果はこれらの報告と一致する結果となった。試料 W (黒大豆無添加強飯) のかたさ応力と付着性は、試料 S と比較して有意に高値となった。これらの結果から、強飯の pH が酸性に傾くほど若干硬くなり、粘りが増すことがわかった。また、試料

W は試料 S と比較して硬かったことから、黒大豆及び煮汁添加は強飯を有意に軟化させることが推察された。

5. 黒大豆強飯の抗酸化性の検討

炊飯後の黒大豆及び強飯の総ポリフェノール含量を Table 5-1 に示した。黒大豆は、試料 A (pH 3) > 試料 B (pH 5) > 試料 S (基本) > 試料 C (pH 7) の順に、総ポリフェノール含量が多く、試料 A 及び試料 B は試料 S と比較して有意に多く、試料 C は有意に少なかった。また、強飯 (試料 A, 試料 B, 試料 C) の総ポリフェノール含量を

Table 5-1. Total Polyphenols in black soybeans and glutinous rice in Kowameshi (mg/g)

Sample	Black soybeans in Kowameshi	Glutinous rice in Kowameshi
S	0.57 $\pm$ 0.02	0.06 $\pm$ 0.00***2
A	0.70 $\pm$ 0.04***1	0.07 $\pm$ 0.01***2
B	0.63 $\pm$ 0.04*1	0.07 $\pm$ 0.01***2
C	0.54 $\pm$ 0.02**1	0.06 $\pm$ 0.01***2
W	—	0.02 $\pm$ 0.00

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 4-2.

Each value represents the mean $\pm$ SD of 6 determinations

*1 $p < 0.05$, **1 $p < 0.01$,

***1 $p < 0.001$, compared with sample S in the black soybeans.

***2 $p < 0.001$, compared with sample W.

強飯の食味特性と保存性に及ぼす煮熟黒大豆および煮汁添加の影響

Table 5-2. Radical scavenging activity (mg/g)

Sample	Black soybeans in Kowameshi	Glutinous rice in Kowameshi
S	0.25±0.03	0.04±0.01 ^{**2}
A	0.30±0.05	0.05±0.01 ^{**2}
B	0.25±0.02	0.04±0.01 ^{***2}
C	0.15±0.02 ^{***1}	0.05±0.01 ^{***2}
W	—	0.01±0.00

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 4-2.

Each value represents the mean ± SD of 6 determinations

^{***1} $p < 0.001$, compared with sample S in the black soybeans.

^{**2} $p < 0.01$, ^{***2} $p < 0.001$, compared with sample W.

試料 S と比較すると、すべて差がなかったため、試料 W (黒大豆煮汁無添加) と比較したところ、いずれの試料も有意に多く、3 倍から 3.5 倍量のポリフェノール量であったことから、黒大豆中のポリフェノールが強飯に移行し、抗酸化性を高めたと推察した。以上の結果から強飯中の総ポリフェノール含量は、煮汁および黒大豆を添加することによって増加することが確認された。

炊飯後の黒大豆及び強飯のラジカル捕捉活性を Table 5-2 に示した。黒大豆および強飯 (試料 A, 試料 B, 試料 C) のラジカル捕捉活性を試料 S と比較すると、黒大豆の試料 C を除くすべてで有意差がなかった。そこで試料 W と比較したところが 4 倍から 5 倍のラジカル捕捉活性を示し、いずれも有意に抗酸化能が高かった。

さらに、黒大豆の総ポリフェノール含量とラジカル捕捉活性の相関性を調べたところ、相関係数 ($r=0.93$) が高く、正の相関が認められた ($p < 0.01$) ことから、黒大豆の抗酸化性にはポリフェノール量が寄与していることが示唆された。

6. 官能評価

1) 順位法による官能評価

炊飯条件が食味におよぼす影響を調べる目的で、炊飯後の黒大豆および強飯を順位法による官能評価した結果を Table 6 に示した。

炊飯後の黒大豆では、色の濃い順に試料 C > 試料 S > 試料 B > 試料 A であった。試料 A (pH 3) は、「色」は淡い赤褐色を呈したが、濃い茶褐色を呈した試料 C (pH 7) と黒色の試料 S (基本) は「色」が有意に濃い評価となった。試料 A (pH 3) は、「香り」と「酸味」の評価が有意に濃く、「粘り」は有意に弱く、酸味が強いために好まれない評価となった。試料 B (pH 5) は、どの評価においても他の試料と比べて優劣なく、有意差はみられなかった。これは炊飯後の黒大豆の色調の測定結果からもわかるように、pH がアルカリ性に傾くにつれ、徐々に明度が下がり、暗くなった結果と合致した。

強飯の試料 A (pH 3) は、黒大豆と同様に「香り」、「酸味」の項目が有意に高い評価であり、試料 S (基本) は、「香り」が有意に低い評価となった。「色」では明るく美しいピンク色を呈した試料 A (pH 3) および淡い薄茶色を呈した B (pH 5) が有意に薄い評価であった。試料 C (pH 7) は「色」が有意に濃い評価で、pH がアルカリ性では色が濃すぎ、色調の測定結果と比較しても黒大豆ほどではないがほぼ同様の評価が得られた。これらの結果から、香りと酸味が強い強飯の試料 A (pH 3) は、美味しさでは好まれなかった。

試料 B (pH 5) は試料 S (基本) と比べて色は薄く、その他の項目でも優劣のない評価であった。そこで製品の美味しさの項目では両者が比較的好評であったことから、さらに官能評価を行った。

2) 2点嗜好試験法の変法による官能評価

試料 B (pH 5) および試料 S (基本) の品質の良否を比較するため 2 点嗜好試験法の変法で官能評価を行った (Fig. 1)。黒大豆、強飯ともに試料 B は試料 S と比べて「色」が有意に薄く、試料 B の強飯で「酸味」を有意に強く感じた。強飯の好ましさの評価では、試料 B は若干評価が良かった。黒大豆煮汁添加強飯は試料 B のように、見た目では色は黒すぎず淡い薄茶色で、若干酸味が感じられるものが好まれることがわかった。

Table 6. Sensory evaluation

Item	Sample	Color	Flavors	Hardness	Stickiness	Elasticity	Acidity	Taste
Black soybeans in Kowameshi	S	29 ^{**}	51	45	41	50	49	31
	A	64 ^{**}	31 [*]	35	58 ^{**}	39	22 ^{**}	68 ^{**}
	B	51	48	38	44	37	41	30
	C	26 ^{**}	40	52	27 ^{**}	44	58 ^{**}	41
Glutinous rice in Kowameshi	S	39	59 ^{**}	39	45	51	48	31
	A	56 ^{**}	27 ^{**}	50	36	25 ^{**}	20 ^{**}	66 ^{**}
	B	58 ^{**}	46	40	47	43	39	35
	C	19 ^{**}	38	41	42	51	63 ^{**}	38

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 3

17 panelists (average age of 21) ranked the black soybeans and glutinous rice in Kowameshi, in order of their palatability. Differences between the total scores were evaluated by Kramer's test.

^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$

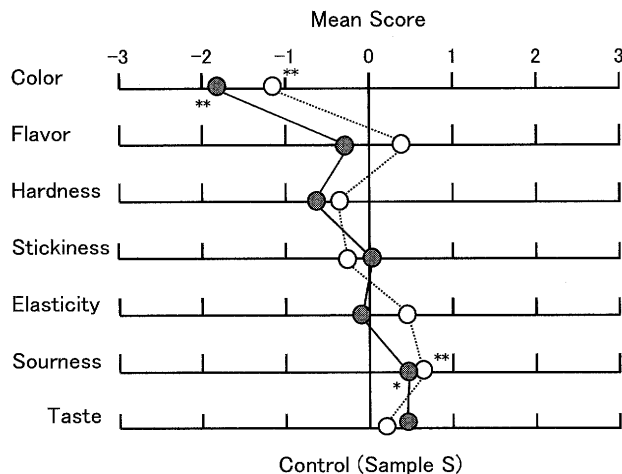


Fig. 1. Sensory evaluation of black soybeans and glutinous rice in Kowameshi

- Sample S (standard)
- Sample B : Black soybeans
- Sample B : Glutinous rice

18 panelists (average age of 21) rated the color, flavor, hardness, stickiness, elasticity, acidity intensity and taste by a 7-point scale (3, extremely strong; -3, extremely weak), and the total impression by a 7-point scale (3, extremely liked; -3, extremely disliked).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$: compared with sample S.

7. もち米および強飯の組織構造の観察

炊飯前の浸漬もち米および炊飯後の強飯（試料Sおよび試料B）の組織を観察した結果を Fig. 2-1, Fig. 2-2 に示した。煮汁に浸漬したもち米（試料Sおよび試料B）はいずれも整ったでんぷん組織の存在が観察された。一方、炊飯後の強飯の組織は、試料Sでは網目構造の中にでんぷんが存在し、弱酸性の強飯の試料B (pH 5) では軟化状態が観察された。でんぷんの網目構造が変化したことにより付着性に差異が生じたと考えられる。

8. 強飯の保存性の検討

煮大豆は栄養価が高く、腐敗の進行が早いと思われることから、保存性について一般細菌検査等を行った。一般生菌数測定培地を使い、12日間保存後、観察した各試料の菌の発生期間およびコロニー数を Table 7 に示した。試料S (基本) は炊飯後から5日目まで菌が発生し、試料A (pH 3) は炊飯後から12日間経っても菌は発生せず、試料B (pH 5) は炊飯後6~7日目に、試料C (pH 7) は炊飯後3日目で細菌が発生した。菌のコロニー数は試料1gあたりに換算すると、試料Sは 3.4×10^5 cfu/g, 試料Bは 8.0×10^2 cfu/g, 試料Cは 5.0×10^4 cfu/gとなった。そこで一般生菌数測定培地で発生した細菌をXM-G培地に接種し、大腸菌・大腸菌群の有無を調べたところ、すべて陰性であった。さらにグラム染色による菌の定性試験を行い、試料Sはグ

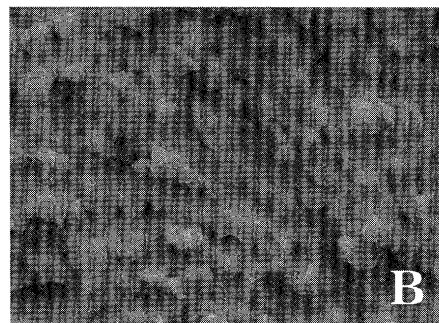
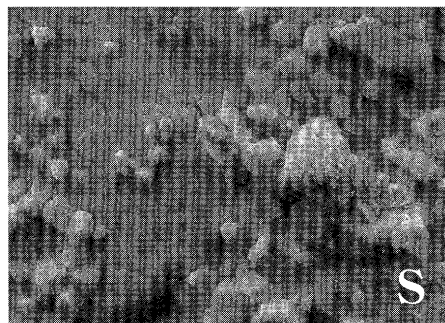


Fig 2-1. Glutinous rice before cooking ($\times 2,000$)

Sample S : distilled water

Sample B : pH 5 buffer

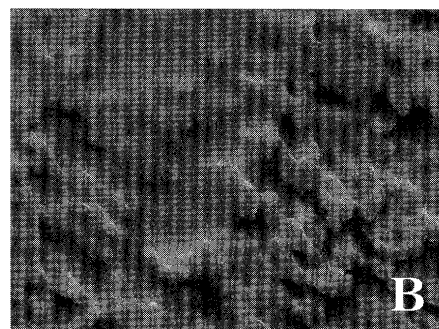
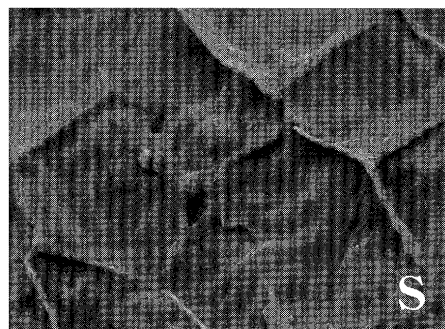


Fig. 2-2. Glutinous rice after cooking ($\times 2,000$)

Sample S : distilled water

Sample B : pH 5 buffer

強飯の食味特性と保存性に及ぼす煮熟黒大豆および煮汁添加の影響

Table 7. Preservation test of glutinous rice after cooking

Sample	Preservation period (days)	Bacterial colonies (cfu/g)
S	5	3.4×10^5
A	12	non
B	6~7	8.0×10^2
C	3	5.0×10^4

Sample S, A, B, C: see the legend of Table 3.

Preserved during 12 days in the incubator at 36-37°C.

ラム陽性桿菌，試料 B はグラム陽性桿菌，試料 C はグラム陽性球菌であることを確認した。O-F テストでは，標準菌の *Staphylococcus aureus* は，パラフィン重層の有無にかかわらず黄色を呈したので，糖（グルコース）の発酵が確認され，*Escherichia coli* は，同様に，完全な黄色を呈し，強い発酵が確認された。一方，分離された検定菌は，パラフィン重層では緑色のままで，重層無しでは上部が黄色を呈した。従って糖の酸化的分解が確認され，*Micrococcus* 属の可能性が示唆された。いずれの試料も 48 時間までに菌の発生が見られなかったことから，強飯作成後 2 日間までの安全性が確認できた。

パネラーにこの試料 A の適応性をたずねたところ，全員が酸味を強く感じたが，保存性が高く，飯の色調もピンク色も鮮やかであり，その上，黒豆添加による風味も増強される評価で，ちらし寿司や押し寿司など寿司飯用としての利用には好評であった。

要 約

煮熟黒大豆およびその煮汁をもち米炊飯に有効利用することを目的とし，洗米・浸漬・加熱といった炊飯過程における，黒大豆・煮汁添加強飯の化学的・物理学的性状および保存性を解明し，好適な調理条件を検討した。

- 1) 乾燥黒大豆の吸水率は，基本 S の吸水率が高く，もち米の吸水率はいずれも 28.5% 前後であった。
- 2) 強飯の色調は，酸性域にある試料 A (pH 3) では，明度，赤の色合いが増してピンクの桜色を呈し，一方，アルカリ性域にある試料 C (pH 7) では明度は低く，黄の色合いが増して濃茶褐色を呈した。中間域にある試料 B (pH 5) は基本 S を基準とした ΔE が最も小さく，薄い薄茶色を呈した。
- 3) 破断強度特性では，炊飯後の黒大豆の破断応力は，試料 C が最もやわらかく，pH が低いほど硬くなった。テクスチャー特性では，強飯の試料 A 及び B は基本 S に比べて，付着性が有意に高く，pH が酸性に傾くにつれて付着性が増した。
- 4) 強飯及び炊飯後の黒大豆の抗酸化性は，pH が低いほど増し，抗酸化能が向上した。総ポリフェノール含量とラジカル捕捉活性の関係では，正の相関 ($r=0.93$) が認められた。

- 5) 官能評価では強飯には酸味と香りの強いもの，弾力性があるものが有意に好まれなかったが，試料 B は基本 S と好ましさに有意な差はなかった。
- 6) 組織観察では，試料 B の強飯はでんぷん組織が大きく変化し，網目構造が確認できなかった。
- 7) 微生物試験は保存 12 日間において試料 A には菌が発生しなかった。試料 B は 6~7 日目，基本 S は 5 日目，試料 C は 3 日目で菌が発生した。グラム染色による菌の定性では基本 S 及び試料 B はグラム陽性桿菌，試料 C はグラム陽性球菌であり，O-F テストの結果から *Micrococcus* であった。

以上の結果から，煮熟黒大豆およびその煮汁を利用した黒大豆強飯の炊飯過程における好適な調理条件は，試料 B (pH 5) の弱酸性の強飯が良好で，試料 S (基本) と比較して色調が薄くなり，若干酸味を感じたが美味しさでは有意差はなかった。しかも試料 B は保存性が優れていた。

謝 辞

本研究の遂行に際し，電子顕微鏡による組織観察でご協力頂きましたオザワ科学株式会社の前田明氏，実験でご協力頂きました椋山女学園大学の大林加奈氏，小木曾愛氏，松田彩加氏に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 新澤祥恵，中村喜代美 (2001)，正月の食生活におけるおせち料理の喫食状況の変化，日調科誌，**34**，89-98
- 2) 李温九，河合哉，神田ゆみこ，柴田満，富田圭子，南出隆久，大谷貴美子 (2004)，品種の異なる黒大豆種皮のラジカル消去能と鉄添加による影響について，日調科誌，**37**，41-47
- 3) 大岩理一郎，五十嵐喜治，津久井亜紀夫 (2000)，アントシアニン—食品の色と健康—，建帛社，pp. 39, 45, 46, 130
- 4) 米安實 (2006)，黒大豆の有効利用を考える，広島文教食物栄養研究会誌，**23**，36-37
- 5) 五十嵐喜治 (2008)，食品素材によるアントシアニンの成分特性と機能・利用，日調科誌，**41**，167-175
- 6) 石原万里名，鍋野(婦山)由佳，木村友子，内藤通孝 (2008)，黒大豆煮汁の糖代謝改善作用に関する研究，日本食生活学会誌，**19**，232-238
- 7) 亀山千晃，川崎博己，佐藤勝紀，四宮一昭，圓尾奈緒美，山下摂 (2004)，黒豆茶による肥満抑制効果について，*New Food Industry*，**46**，16-29
- 8) 古田収，須田郁夫，西場洋一 (1999)，黒大豆のラジカル消去能，九州農業研究成果情報，**14**，下巻，617-618
- 9) 山口直彦，中川泰代 (2004)，調理による黒大豆の全フェノール量の変化について，愛知学泉大学・短期大学紀要，**39**，55-58
- 10) M. P. Kahkonen, A. I. Hopia, H. J. vurela, J. P. Rauha, K. ihlaja, T. Skujala, and M. Heinonen, (1999), Antioxidan Activity of Plant Extracts containing Phenolic Compounds, *J. Agric. Food Chem.*, **47**, 3954-3962
- 11) Y. Takahata, M. Ohnishi-Kameyama, S. Furuta, M. Takahashi and I. Suda (2001), Highly Polymerized Procyanidins

- in Brown Soybean Seed Coat with a High Radical-Scavenging Activity, *J. Agric. Food Chem.*, **49**, 5843-5847
- 12) 大越ひろ, 神宮英夫編著 (2009), 食の官能評価入門, 光生館, 34-67
- 13) 佐藤信 (1985), 統計的官能検査法, 日科技連出版社, 37-56
- 14) 日本薬学会編 (2005), 衛生試験法・注解 2005, 金原出版株式会社, 55-74
- 15) 長谷川武治編著 (1985), 改訂版微生物の分類と同定 下巻, 学会出版センター, 116-118, 150-151
- 16) 石井久仁子, 下村道子, 山崎清子 (1978), こわ飯の性状について もち米の浸漬時間と水の補給法の影響, 家政誌, **29**, 82-88
- 17) 江間章子, 貝沼やす子 (1990), 柑橘果汁の炊飯への利用, 調理科学, **23**, 198-205
- 18) 大石恭子, 関本美貴, 香西みどり, 畑江敬子, 島田淳子 (2005), 酢酸添加による飯粒の全体および表層の物性変化について, 日調科誌, **38**, 319-323
- (平成 22 年 5 月 10 日受付, 平成 22 年 11 月 5 日受理)

和文抄録

機能性を有する黒大豆とその煮汁を有効利用するために, 4 種類の強飯 (試料 S: 基本, 試料 A: pH 3, 試料 B: pH 5, 試料 C: pH 7) および試料 W (無添加強飯) を作成し, 炊飯過程における化学的・物理的性状を比較し, 好適な調理条件を検討した。

テクスチャーは, 黒大豆の試料 A (pH 3) は試料 S (基本) と比べて有意に硬くなり ($p < 0.05$), 強飯は試料 C (pH 7) が有意に軟化した。強飯の総ポリフェノール量とラジカル捕捉活性は, 試料 S, A, B, C, は試料 W に比べて有意に高く, 2 項目間で高い相関 ($r = 0.93$) を示した。一般生菌数は S に比べて試料 A, B とともに抑制された。炊飯過程における好適な調理条件は, 試料 B (pH 5) の弱酸性の強飯が良好で, 試料 S (基本) と比較して色が薄くなり, 若干酸味を感じたが美味しさの評価では有意差はなく, 保存性も優れていた。