

小豆種皮粉および蒟蒻ゲルの添加がマフィンの品質に及ぼす影響

Effects on Quality of Adding the Powdered Seed Coat of Adzuki Beans and Konnyaku Gel to Muffin.

木村友子*[§] 大藪佳苗** 佐々木弘子*** 児島雅博**** 菅原龍幸***
 Tomoko Kimura Kanae Ohyabu Hiroko Sasaki Masahiro Kojima Tatsuyuki Sugahara

The seed coat of Adzuki bean, which is removed for producing Adzuki bean jam, can be dried and milled for potential use, as a food material. We studied the effects on quality of adding the powdered seed coat and konnyaku gel to the mix for baked muffins.

The average yield of the powdered seed coat was 28.8%. The water-holding capacity and oil absorption of the powdered seed coat were respectively 3 times and 1.6 times higher than those of soft wheat flour. The powder contained a large amount of such functional components as dietary fiber, mineral compound, and polyphenols. Observation of the tissue by scanning electron microscopy indicated depressions and wrinkles on the surface of the powder particles, unlike that of wheat flour. Compared with the control muffin (no powdered seed coat added), the muffin with up to 20% of wheat flour replaced by the powdered seed coat had the hue of adzuki beans, small specific volume, hard and brittle texture inside, and was more preferred in flavor, taste and overall rating. The further addition of konnyaku gel to the muffin mix at 2.2% was favorable for the baked texture and preservation characteristics.

キーワード：小豆種皮粉 seed coat powder of adzuki beans；栄養成分 nutritional composition；マフィン muffin；物性 physical properties；食味特性 sensory properties；品質評価 quality evaluation

1. 緒言

小豆は食物繊維やアントシアニン類などの機能成分を含有しその栄養的・生理的な効果が報告¹⁾²⁾されている。小豆は製餡についての利用が70%と最も多いとされている³⁾。一方、小豆は製餡の過程で多量の小豆種皮が産業廃棄物として処理されている。小豆種皮には食物繊維含有量が多く、抗酸化力も有している³⁾ことから、健康食品素材として期待できると考えられる。しかしながら、これまでに実際に小豆種皮を食品材料として活用する研究は行われていない。そこで、小豆種皮の有効利用を計ると同時に環境負荷の低減化に資する目的で、小豆種皮の乾燥粉末化による食品素材としての利用を試みた。この小豆種皮粉について理化学的性状や機能性成分含量を調べ、併せて走査型電子顕微鏡により組織学的構造観察を行い、新規食品素材としての性状を明らかにした。更に食品への利用の量的拡大を計るために、軽食や間食として手軽に作られるマフィンに添加することを試みた。このマフィンは食感がパサッ

キやくなる欠点があることから、これを改良するために保水材として蒟蒻精粉に超音波処理により精製した蒟蒻ゲル^{4,5)}を添加した製品も同時に調製した。その結果、小豆種皮粉添加マフィンが無添加品より好まれること、小豆種皮粉添加マフィンに超音波処理した蒟蒻ゲル添加することによってマフィンの品質劣化が抑制されるなどの効果が見出されたので報告する。

2. 実験方法

(1) 機能性食品素材としての小豆種皮粉の調製

1) 小豆種皮粉の調製

小豆種皮は2002年に(株)鶴重から提供された煮熟処理直後の種皮を用いた。この小豆種皮を常圧乾燥機にて65℃で17~24時間乾燥後、テストミル(ティンミル、奈良器械製作所、自由粉碎機M-3型)にて粗挽き製粉し、更に0.5mmオープニングスクリーン使用衝撃式粉碎機にて粉碎し、粒度を20~200 μ mとした(この小豆種皮粉を以後SPAと略記する)。

2) 測定方法

i) SPAの歩留まり

歩留まり = 乾燥処理後SPAの重量(g) / 乾燥処理前のSPAの重量(g) (1)

ii) 保水力⁶⁾⁷⁾

SPA 1gに蒸留水30mlを加えて12~13時間水分平衡させた後、6,000rpmで15分間遠心分離して沈殿物の重量を測定し(2)式で求めた。

保水力 = 沈殿物の重量(g) / SPA 1g (2)

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

** 東海学園大学
(Tokeigakuen University)

*** 聖徳大学
(Seitoku University)

**** 愛知県食品工業技術センター
(Food Research Center, Aichi Industrial Technology Institute)

[§] 連絡先 椋山女学園大学 生活化学部 〒464-8662 名古屋市千種区星が丘元町17-3
TEL 052(781)1186 FAX 052(782)7265

iii) 吸油力⁷⁾⁸⁾

SPA 10 g にサラダ油を速度 0.04 m/s で滴下し、表面に光沢が生じる時点までの吸油した重量を測定し吸油力を求めた。

吸油力 = SPA に吸油した重量 (g) / SPA 10 g (3)

iv) 色調

測色色差計 ((株) 日本電色工業製 ND-1001 DP 型) を用いて、SPA を付属セル (直径 30 mm × 10 mm) に詰め、反射光により Hunter 表色系の L, a, b および ΔE を求めた。

v) 成分分析

SPA と小麦粉の水分は 105℃ 加熱乾燥法⁹⁾、たんぱく質はケルダール法⁹⁾、脂質は酸分解法⁹⁾、灰分は 550℃ 灼熱灰化法⁹⁾、総食物繊維はプロスキー変法⁹⁾ により求めた。無機成分は湿式及び乾式灰化後、高周波プラズマ質量分析装置 (島津 ICPMS-8500) で微量ミネラルを、原子吸光分析装置 (日立 A 2000) で、カリウム、ナトリウム、カルシウム、銅、鉄、マグネシウム、マンガン、リン、亜鉛を測定した。

vi) 総ポリフェノールの定量

茶の公定定量法である酒石酸鉄による比色定量法¹⁰⁾ により総ポリフェノール含量を求めた。試料液の抽出は試料 0.5 mg を 50 ml のメスフラスコに入れ、80℃ に熱した蒸留水 30~40 ml を加え 80℃ の恒温槽中で 30 分間抽出し、冷却後 50 ml に定容した。この抽出液を 3,000 rpm で 10 分間遠心分離し、試料溶液とした。

測定値は i) ~ vi) では同一試料について 4~5 回測定し、平均値と標準偏差を求めた。

vii) 組織構造観察

試料台に両面のカーボンテープを貼り、SPA と小麦粉をテープの上に振りかけた。真空デシケーター中で一晚脱水し十分乾燥させた後、イオンパッキング装置 (日本電

子(株) JFC-1100 E) を用い約 300 Å の厚さになるように表面に金属を蒸着させた。調製した試料を走査型電子顕微鏡 (日本電子(株) JSM-820 JEOL 型) を用いて、加速電圧 10 kV で観察した。

(2) マフィンの品質評価

1) 材料

小麦粉は薄力粉、(株) 日清製粉製バイオレット、小豆種皮粉は SPA を用いた。ベーキングパウダー (以下 B. P. と略記) は明治製菓(株)製、ショートニングとスキムミルクは雪印乳業(株)製、砂糖は(株)伊藤忠製糖製の上白糖、市販の新鮮鶏卵は東海市の佐野養鶏場産 (ハイラインジュリア種、1 個重量 65 g ± 2 g、産卵後 3 日以内のもの、卵黄係数 0.38 ~ 0.45) を用いた。蒟蒻ゲル (関越物産製) は超音波処理した蒟蒻ゲル、市販品のピュアマンナン (水分 98.2%, 食物繊維 1.7%, pH 6.5) を使用した。

2) マフィンの調製

マフィンの調製法は中里ら¹¹⁾ の方法を参考にし、材料配合割合を Table 1 に示した。①電動ミキサー (愛工舎(株)製 KM-300, No. 6 : 594 rpm/min) の付属容器にショートニングと上白糖を入れ 25℃ で 5 分間攪拌し、更に卵を加えて 4 分間攪拌した。スキムミルクを蒸留水で溶かして 40℃ の湯煎に掛けたものを加えて 30 秒間攪拌後、篩った B. P. 入り小麦粉を加えて木杓子で 50 回攪拌して、生地を調製した (基本生地 : 試料 S)。② SPA 添加試料はコントロール生地の蒸留水を加える時に小麦粉に対して 10, 20 または 30% 相当の SPA 置換して添加し生地 (試料 SPA-1, SPA-2, SPA-3) とした。③ SPA に蒟蒻ゲル添加試料は、蒸留水 (74 g) に対して蒟蒻ゲルを 3, 6, 9 または 12 g (生地全重量の 1.1%, 2.2%, 3.3% または 4.4% 相当) を置換し生地 (試料 SPA-2-①, ②, ③, ④) とした。各種の生地を 60 g ずつ、6 個のマフィン型に流し入れ、高速ガスオープン (株) リンナイ製 RCK-10 N) を用いて 170

Table 1. Formulas of the muffin samples

(g)

Sample	Wheat flour	SPA ¹⁾	Baking powder	Shortening	Sugar	Egg	Skim milk	Distilled water	Konnyaku gel ²⁾
S (Control)	100	0	3	30	28	30	8	74	0
SPA-1	90	10	3	30	28	30	8	74	10
SPA-2	80	20	3	30	28	30	8	74	0
SPA-3	70	30	3	30	28	30	8	74	0
SPA-2-①	80	20	3	30	28	30	8	71	3
SPA-2-②	80	20	3	30	28	30	8	68	6
SPA-2-③	80	20	3	30	28	30	8	65	9
SPA-2-④	80	20	3	30	28	30	8	62	12

¹⁾ SPA : seed coat powder of adzuki beans

²⁾ Konnyaku : commercial "Pier mannan" Kannetsy Co., moisture 98.2%, dietart fiber 1.7%, pH 6.5 ± 0.5

小豆種皮粉および蒟蒻ゲルの添加がマフィンの品質に及ぼす影響

℃で20分間焙焼した。焙焼後の製品を布巾で覆い室温で23℃±1℃に2時間放置後、マフィン型から出し、ただちに試料とした。

3) マフィンの保存試験

試料S(小麦粉100%), 試料SPA-2(小麦粉80%, SPA20%) 試料SPA-2-②(小麦粉80%, SPA20%, 蒟蒻ゲル2.2%)を約半分に切り(25g±1g), ポリエチレンの袋に詰めヒートシールした。保存条件は既報¹²⁾に準じた。即ち、温度30℃, 湿度80%RHの条件下に保存し、カビの発生を観察した。保存条件の設定には硫酸アンモニウム飽和水をデシケーターに入れ、このデシケーターを恒温中に保持した。

4) 測定方法

i) マフィン焙焼中の生地中央部の温度

焙焼中のマフィン中央部および庫内温度の変化を温度測定用センサー(安立計器株式会社, BS-9M, SE-6871)で測定し、集録装置(AM-7002)で記録した。

ii) 比容積

マフィンの体積は菜種法¹³⁾で測定し、次式で比容積を求めた。

$$\text{比容積 (ml/g)} = \frac{\text{マフィンの体積 (ml)}}{\text{マフィンの重量 (g)}} \quad (4)$$

iii) 焙焼後の重量減少率

重量減少率は(5)式により求めた。

$$\text{重量減少率 (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{マフィンの重量 (g)}}{\text{生地重量 (g)}} \times 100 \right) \quad (5)$$

iv) 水分量

105℃加熱乾燥法⁹⁾で求めた。

v) 色調

マフィンの内層の色は中央部を超音波サンプルカッター(山電株式会社 USC-3305型)で厚さ1cmに切り、測色色差計を用いて2-2)-iv)に準じ求めた。

vi) 物理的特性

焙焼した試料を布巾で覆い室温で放冷後、密閉容器に入れ24時間保存してから硬い上端部を超音波サンプルカッターで除き、高さ1.5cmに切断し、破断測定用は1.5cm×3cm, テクスチャー測定用は2.5cm×2.5cmの試料片とした。測定装置はクリープメータ(株式会社山電製 RE2-33005S型)を用いた。テクスチャー測定は硬さ(圧縮応

力), 凝集性を求めた。測定はプランジャーNo.3(直径16mm)用い、測定歪率70%, 試料台速度1mm/sec, 運動回数2回の条件で行った。破断応力, 破断歪ではプランジャーはくさび型No.3, 接触面積は30mm², 圧縮率99%, 圧縮速度1mm/secの条件で測定した。測定温度は23℃±1℃で行った。

vii) 組織構造の観察

走査型電子顕微鏡(日本電子株式会社 JSM-820 JEOL:SEM)を用いて試料S, 試料SPA-2, 試料SPA-2-②を500倍で観察した。各試料の中心部を2mm×2mm×1mmに切断しガラス瓶に入れ、脱水・脱脂のためにアセトンを加え約3分間放置後アセトンを除去し、ヘキサンを加え約3分間放置した。処理した試料を真空デシケーターで16時間乾燥させた。この乾燥試料を試料台に蒸着させ、300Åの厚みに(イオンパッチング装置, 日本電子株式会社, JFC-1100E)を用いて金蒸着した。調製した試料をSEMにより加速電圧10kVで観察した。

viii) 官能評価

試料S, SPA-2, SPA-3, SPA-2-①, ②, ③, ④は2時間放冷後、ただちに試食に供した。パネルは年齢21歳の女子大学生12~15名で行った。検査は順位法¹⁴⁾により色, におい(香り), 滑らかさ, 硬さ, 弾力性, 味と総合の項目につき好ましい順位を付けさせ、クレーマー検定で解析した。また, 2点嗜好試験法の変法¹⁵⁾を使って7段階尺度で評価し, t検定によって解析した。質問項目は色, におい(香り), 滑らかさ, 硬さ, 弾力性, 味の違いの識別と総合的な好みとした。

3. 実験結果および考察

(1) 小豆種皮の食品素材としての検討

小豆種皮粉(SPAと略記)の歩留まりは28.8±2.1%であった。SPAと小麦粉の保水力と吸油力を比較してTable 2に示した。SPAは小麦粉に比べて保水力が約3.0倍, 吸油力が約1.6倍だった。この保水力は食物繊維の機能によるものと推察された。SPAと小麦粉の成分分析値はTable 3に示した。SPAの水分量は小麦粉の約1/3であった。水分以外の成分を無水物基準換算値で比較すると, SPAの主成分は炭水化物で, 次にたんぱく質, 灰分が多かった。食物繊維はSPAで93.0gであり, 高食物繊維素材であっ

Table 2. Comparison of the water-holding and oil-absorption capacity of seed coat powder of azuki beans with that of wheat flour

Sample	Water-holding capacity (g/g)	Oil-absorption capacity (g/10g)
Wheat flour	1.28±0.04	4.02±0.05
SPA ¹⁾	3.84±0.11**	6.43±0.06**

¹⁾ SPA: seed coat powder of adzuki beans

Each value represents the mean ±SD of 5 determinations.

**Significantly different from wheat flour (p<0.01)

Table 3. Analytical data for seed coat powder of adzuki beans and wheat flour

Item	Sample	Wheat flour	SPA ¹
Approximate content (%)			
Moisture		13.4 (—)	4.0 (—)
Protein		8.0 (9.2)	7.6 (7.9)
Lipid		1.8 (2.1)	0.7 (0.8)
Ash		0.5 (0.6)	1.8 (1.9)
Carbohydrate ²		76.3 (88.0)	85.9 (89.5)
Total dietary fiber		2.6 (3.0)	89.2 (93.0)
Minerals (mg 100g)			
Na		2.0 (2.3)	419.0 (436.4)
K		120.0 (138.7)	46.2 (48.1)
Ca		22.0 (106.4)	102.0 (106.2)
Cu		0.1 (0.1)	0.9 (1.0)
Fe		0.6 (0.7)	12.3 (12.8)
Mg		11.8 (13.6)	55.1 (57.4)
Mn		0.5 (0.6)	0.9 (0.9)
P		70.2 (81.1)	113.2 (117.9)
Zn		0.3 (0.3)	1.4 (1.5)

¹ SPA : seed coat powder of adzuki beans.² Carbohydrate : 100-moisture-Protein-Lipid-Ash

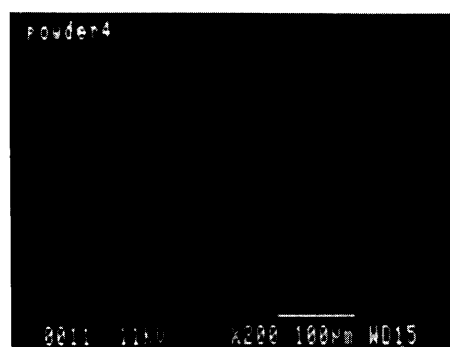
Each value represents the mean of 3 determinations.

Values in parenthesis are percentages to dry weight.

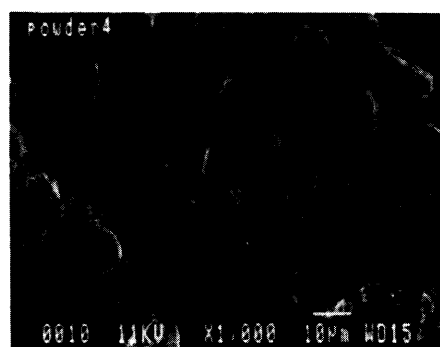
た。無機成分では、SPA は小麦粉に比べて K を除く無機成分が多く含有していた。

色調では SPA は L (明度): 41.2 ± 0.1 , 色相間の a 値 (赤の度合): 6.0 ± 0.1 , b 値 (黄の度合い): 5.6 ± 0.1 であり, 小豆色の特性を示した。畑井³⁾ は小豆種皮部にはクロロフィル色素とアントシアニン色素が存在し, アントシアニン色素のアグリコンはシアニジンとデルフィニジンであり, 小豆の種皮色により相異がみられると報告している。また, 小豆種皮部には小豆の全ポリフェノールの約 90% が含有されており, 小豆の渋み成分とされるプロアントシアニジン含有量も 96% 以上と多く含まれ, 小豆餡の色調や餡粒子の形成にたんぱく質と共に関与していると述べている。SPA の総ポリフェノール含有量は $0.54 \pm 0.06\%$ であった。

Fig. 1 に小麦粉と SPA の表面の組織構造を SEM により観察した。(1) の SPA の粒子の表面は不定形で, 20~160 μm の大きさで繊維状の塊組織が観察され, 小麦粉の粒子の大きさ 4~65 μm に比べ粒子が大きかった。(2) では, 表面の一部を 1,000 倍率に拡大した観察では SPA は繊維状の塊組織に窪みや皺を示し, 小豆種皮を構成するセルロースではないかと推察される。一方, 小麦粉では小麦澱粉の特徴である大小の球形の澱粉粒子が観察され, 表面構造の違いが観察された。

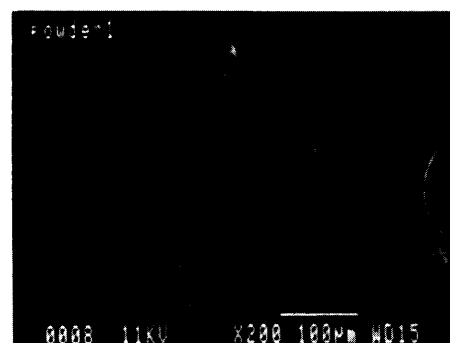


(1)

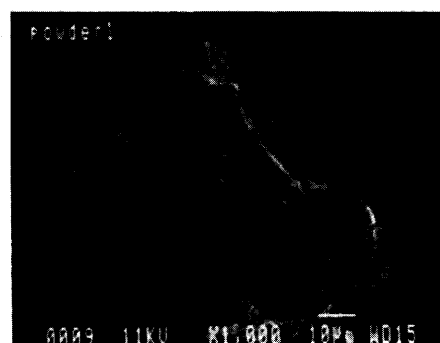


(2)

Wheat flour



(1)



(2)

SPA : seed coat powder of adzuki beans

Fig. 1 SEM photographs of seed coat powder of adzuki beans and wheat flour
Magnification is $\times 200$ or $\times 1,000$, and the scale corresponds to 10 μm or 100 μm

小豆種皮粉および蒟蒻ゲルの添加がマフィンの品質に及ぼす影響

以上の結果から小豆種皮粉は食物繊維、ミネラルが豊富であり、小麦粉に比べ保水力は3倍、吸油力が1.6倍であり、ポリフェノールを含有していたので、マフィンの品質改良の健康食品素材としての利用が期待できる。しかし、小豆種皮粉の粒子径は生餡粒子径の平均 $100\mu\text{m}$ 程度²⁾を基準として製粉したが、SEM 観察の小豆種皮粉粒子は、繊維状の塊組織構造を示し、しかも小豆種皮粉は吸水に長時間（水分平衡状態：12～13時間）要し、マフィンの食感がパサッキやよくなる欠点が考えられる。これを改良するためには保水材添加や小豆種皮粉の繊維状の塊組織構造を分散せれる方法が必要であると推察された。

(2) 小豆種皮粉添加マフィンの品質評価に及ぼす影響

1) マフィンの性状に及ぼす小豆種皮粉添加の影響

焙焼過程における生地内部の温度変化を Fig. 2 に示した。試料 S（無添加製品）に比べ試料 SPA-1, SPA-2, SPA-3, SPA-2-②は初期の温度上昇が低い傾向を示したが、11 分間で 100°C 付近となり、その後 20 分間ではその温度を維持した。SPA 添加品で初期に熱伝導が若干遅れて温度が低くなったことには、SPA の保水力（Table 2）が影響しているものと考えられる。

マフィンの比容積、重量減少率および水分含量を Table

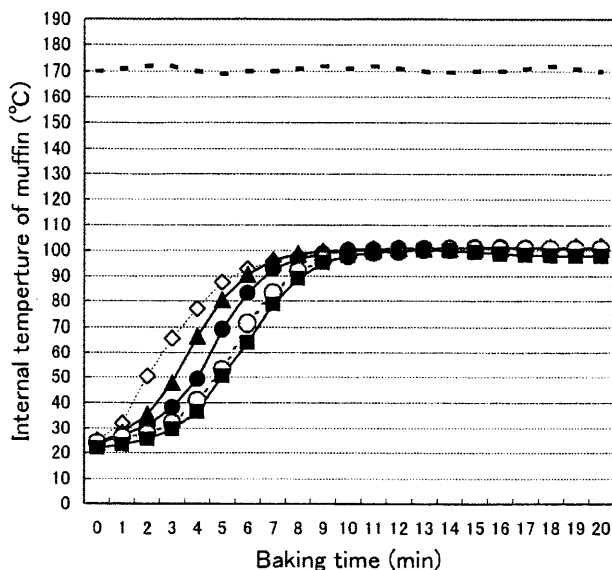


Fig. 2 Time-temperature curves for the inside of muffin during baking

- Temperature inside oven
- ◇ Sample 1: control muffin (no added seed coat powder of adzuki beans)
- ▲ Sample SPA-1: muffin with 10% seed coat powder of adzuki beans added
- Sample SPA-2: muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans added
- Sample SPA-3: muffin with 30% seed coat powder of adzuki beans added
- Sample SPA-2-②: muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and 2.2% konnyaku gel added

4 に示した。比容積では、SPA の添加量が増すにつれ膨化が減少傾向を示し、試料 SPA-3 の素材 SPA 30% 添加品では試料 S に比べ値が有意に小さくなった。これは SPA の食物繊維含量（Table 3）が多かったことが、小麦粉の

Table 4. Specific muffin volume, rate of weight reduction and moisture in the muffin with added coat powder of adzuki bean

Sample ¹⁾	Specific muffin Volume (ml/g)	Rate of weight reduction (%)	Moisture (%)
S	2.52 ± 0.07	16.1 ± 0.5	36.5 ± 0.4
SPA-1	2.51 ± 0.06	16.0 ± 0.4	36.2 ± 0.3
SPA-2	2.49 ± 0.07	15.9 ± 0.4	36.0 ± 0.5
SPA-3	$2.27 \pm 0.05^{*1}$	15.7 ± 0.4	35.9 ± 0.5
SPA-2-①	2.48 ± 0.05	15.3 ± 0.2	37.0 ± 0.2
SPA-2-②	2.49 ± 0.05	15.2 ± 0.3	$37.2 \pm 0.2^{*2}$
SPA-2-③	2.48 ± 0.02	15.1 ± 0.2	$37.3 \pm 0.4^{*2}$
SPA-2-④	2.44 ± 0.04	$15.0 \pm 0.2^{*2}$	$37.5 \pm 0.4^{**2}$

¹⁾ Sample S: control muffin

Sample SPA: muffin with seed coat powder of adzuki beans added

Sample SPA-2-①②③④: muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and konnyaku gel added

²⁾ ΔE (color difference): 12~ very large

Each value represents the mean $\pm$ SD of 10 determinations.

*1 Significantly different from sample S ($p < 0.05$)

*2 Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.05$)

**2 Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.01$)

Table 5. Effect of the seed coat powder of adzuki beans on the color of muffin

Sample ¹⁾	Hunter value			ΔE ²⁾ (N. B. S.)
	L	a	b	
S	62.8 ± 0.5	-4.4 ± 0.2	23.1 ± 0.10	Standard
SPA-1	$33.3 \pm 0.9^{**1}$	$3.2 \pm 0.3^{**1}$	$5.4 \pm 0.2^{**1}$	35.1
SPA-2	$25.6 \pm 0.5^{**1}$	$3.3 \pm 0.3^{**1}$	$4.2 \pm 0.2^{**1}$	42.4
SPA-3	$22.1 \pm 0.7^{**1}$	$3.5 \pm 0.2^{**1}$	$3.6 \pm 0.4^{**1}$	45.8
SPA-2-①	25.0 ± 0.9	$3.6 \pm 0.3^{*2}$	$4.6 \pm 0.4^{*2}$	41.9
SPA-2-②	25.6 ± 0.6	$3.6 \pm 0.2^{*2}$	$4.6 \pm 0.3^{*2}$	41.9
SPA-2-③	$26.3 \pm 0.5^{**2}$	$3.6 \pm 0.3^{*2}$	$4.6 \pm 0.1^{**2}$	40.9
SPA-2-④	$26.4 \pm 0.7^{**2}$	$3.9 \pm 0.2^{**2}$	$4.8 \pm 0.2^{**2}$	40.7

¹⁾ Sample S: control muffin

Sample SPA: muffin with seed coat powder of adzuki beans added

Sample SPA-2-①②③④: muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and konnyaku gel added

²⁾ ΔE (color difference): 12~ very large

Each value represents the mean $\pm$ SD of 10 determinations.

*1 Significantly different from sample S ($p < 0.05$)

**1 Significantly different from sample S ($p < 0.01$)

*2 Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.05$)

**2 Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.01$)

グルテン膜の形成を阻害し製品の膨化が抑えたものと推定される。重量減少率と水分含量では SPA 添加量が増すにつれ漸減したが、試料 S の値に比べ有意差は認められなかった。

2) マフィンの色調に与える小豆種皮粉添加の影響

マフィンの内層の色調変化を Table 5 に示した。試料 S はクリーム・ホワイトであった。種皮粉添加の試料 SPA-1, SPA-2, SPA-3 は試料 S に比べ、L と b 値ともに 1% の危険率で有意に値が小さくなり、SPA の添加量の増加に伴い L と b 値ともに低下傾向を示したが、a 値では逆に有意に大きくなる傾向を示した。試料 S を基準とした ΔE でも SPA 添加量が増加するにつれ値が大きくなる傾向を示し、製品は小豆色の色合いが濃くなった。

3) マフィンの物理的特性に及ぼす小豆種皮粉添加の影響

マフィンの内層のテクスチャー特性と破断特性の変化を

Table 6 に示した。テクスチャー特性の硬さ（歪率 70% 圧縮応力）は試料 S に比べて試料 SPA-1, SPA-2, SPA-3 の値は有意に大きく硬化した。凝集性では、SPA 添加量の増加に伴い値が小さくなる傾向がみられ、試料 S に比べて弾力が弱く崩れやすく脆いことが観察された。製品を噛み切る時の力の指標となる破断応力では、試料 S に比べ試料 SPA-1, SPA-2, SPA-3 の値は有意に大きくなったが、歪みは値が小さくなる傾向を示した。

4) マフィンの食味に及ぼす小豆種皮粉添加量の影響

SPA を添加したマフィンの嗜好順位の合計点を Table 7 に示した。試料 S（無添加）は滑らかさの項目で有意に好まれた。試料 SPA-1（10% 添加）は全ての項目で有意差が認められなかった。試料 SPA-2（20% 添加）は香り、味、総合的な好みの項目で有意に好まれた。試料 SPA-3（30% 添加）では色、香りに対する嗜好性は変化がなかったが、

Table 6. Physical properties of muffin added with seed coat powder of adzuki beans

Sample ¹⁾	Texture properties		Rupture properties	
	Hardness $\times 10^4$ (Pa)	Cohesiveness	Rupture stress $\times 10^5$ (Pa)	Rupture strain (m/m)
S	1.63 $\pm$ 0.16	0.56 $\pm$ 0.04	0.92 $\pm$ 0.09	0.46 $\pm$ 0.04
SPA-1	1.95 $\pm$ 0.14 ^{**1}	0.56 $\pm$ 0.02	1.02 $\pm$ 0.09 ^{*1}	0.49 $\pm$ 0.03
SPA-2	2.24 $\pm$ 0.13 ^{**1}	0.51 $\pm$ 0.02 ^{**1}	1.06 $\pm$ 0.08 ^{**1}	0.46 $\pm$ 0.03
SPA-3	2.86 $\pm$ 0.18 ^{**1}	0.45 $\pm$ 0.03 ^{**1}	1.25 $\pm$ 0.06 ^{**1}	0.43 $\pm$ 0.03
SPA-2-①	2.34 $\pm$ 0.13	0.51 $\pm$ 0.03	1.09 $\pm$ 0.08	0.46 $\pm$ 0.04
SPA-2-②	2.36 $\pm$ 0.10 ^{*2}	0.52 $\pm$ 0.02	1.11 $\pm$ 0.06	0.48 $\pm$ 0.03
SPA-2-③	2.37 $\pm$ 0.14 ^{**2}	0.52 $\pm$ 0.03	1.13 $\pm$ 0.05 ^{*2}	0.49 $\pm$ 0.04
SPA-2-④	2.45 $\pm$ 0.11 ^{**2}	0.52 $\pm$ 0.03	1.20 $\pm$ 0.07 ^{**2}	0.52 $\pm$ 0.04 ^{**2}

¹⁾ Sample S : control muffin

Sample SPA : muffin with seed coat powder of adzuki beans added

Sample SPA-2-①②③④ : muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and konnyaku gel added

Each value represents the mean $\pm$ SD of 10 determinations.

^{*1}Significantly different from sample S ($p < 0.05$)

^{**1}Significantly different from sample S ($p < 0.01$)

^{*2}Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.05$)

^{**2}Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.01$)

Table 7. Sensory evaluation of the muffin with seed coat powder of adzuki beans added

Sample	SPA added amount (%)	Score for palatability						
		Color	Flavor	Smoothness	Hardness	Elasticity	Taste	Total
S	0	36	43	21 ^{**}	35	28	45	29
SPA-1	10	46	34	35	33	40	31	41
SPA-2	20	35	27 [*]	39	36	35	27 [*]	23 ^{**}
SPA-3	30	33	46	55 ^{**}	46	47 ^{**}	47 ^{**}	57 ^{**}

Sample SPA : muffin with seed coat powder of adzuki beans.

Fifteen panelists (average age of 21) ranked the muffin in order of their palatability.

Differences between the total scores were evaluated by Kramer's test.

Significant difference, ^{*} $p < 0.05$, ^{**} $p < 0.01$.

小豆種皮粉および蒟蒻ゲルの添加がマフィンの品質に及ぼす影響

Table 8. Sensory evaluation of the muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and konnyaku gel added

Sample	konnyaku gel added amount (%)	Score for palatability						
		Color	Flavor	Smoothness	Hardness	Elasticity	Taste	Total
S	3	30	22	42	45	38	36	34
SPA-1	6	22	25	18**	36	22	20*	22
SPA-2	9	32	33	28	29	28	30	32
SPA-3	12	36	40	32	40	32	34	32

Sample SPA : muffin with seed coat powder of adzuki beans.

Twelve panelists (average age of 21) ranked the muffin in order of their palatability.

Differences between the total scores were evaluated by Kramer's test.

Significant difference, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

滑らかさ、弾力性、味、総合的な好みの項目が有意に低下した。この官能評価の総合的な好みの成績から判断すると、SPA の添加量は 20% が良好であった。これは小豆独特のほのかな旨味の付加によるものと考えられる。従って嗜好面からみて SPA を添加したマフィンは、無添加製品に比べて劣らず、小麦粉の 20% 添加ならば、より好ましい特性が備わっていることが明らかになった。小豆種皮粉を 20% 添加すると、マフィン 100 g に 6.5 g の食物繊維含有し、無機成分も付加されるので、栄養面でも質の向上ができるものと考えられる。

5) 蒟蒻ゲルが小豆種皮粉 20% 添加マフィンの品質に与える影響

試料 SPA-2 は Table 7 の官能評価では試料 S に比べ、滑らかさの評価が低くパサッキ食感があったことから、これを改良する目的で蒟蒻ゲルを添加することを試みた。種皮粉 20% 添加製品において蒟蒻ゲルの最適添加量を見出す目的で、蒟蒻ゲル添加量を 1.1%、2.2%、3.3% または 4.4% の 4 段階に変えて調製したマフィンの嗜好順位の合計点を Table 8 に示した。試料 SPA-2-②（蒟蒻ゲル 2.2% 添加）は滑らかさと味の項目で有意に好まれた。滑らかさと味を除く他の項目では、試料 SPA-2-①～④の試料間に有意差が認められず同程度に評価された。以上の成績から判断すると、試料 SPA-2 における蒟蒻ゲル添加量は 2.2% がやや良好であった。

試料 SPA-2-①～④の比容積、重量減少率、水分含量の変化 (Table 4) では、比容積と重量減少率は蒟蒻ゲルの添加量が増すにつれ値が低下し、一方、水分量が増加した。水分量は SPA と蒟蒻ゲルの保水力が関与し、製品の内部結合力が蒟蒻ゲルにより強化されるに伴い遊離水を減少させることが考えられる。既に蒟蒻飛粉添加がカステラの保存に伴う内層の硬化を抑制することを報告¹²⁾ しているが、マフィンでも蒟蒻ゲル添加は保存における製品の硬化の抑制に寄与しているものと考えられる。試料 SPA-2-①～④の色調変化 (Table 5) では、試料 SPA-2 に比べ、L 値は試料 SPA-2-③、④が、色相の a と b 値では試料 SPA-2-

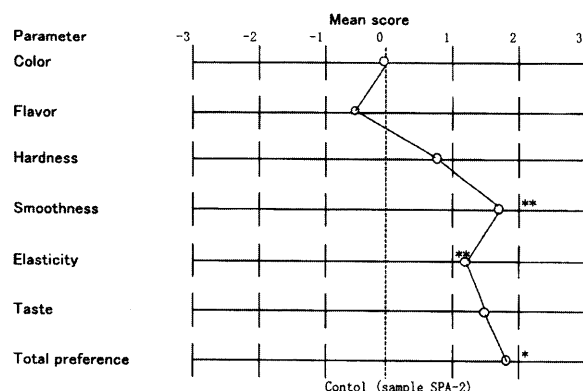


Fig. 3 Sensory evaluation paired preference test of muffin
 ...control : sample SPA-2 with 20% seed coat powder of adzuki beans added ; ○, sample SPA-2-② with 20% seed coat powder of adzuki beans and 2.2% konnyaku gel added.

Twelve panel members rated the color, flavor, hardness, smoothness, elasticity and taste intensity on a 7-point scale (3, extremely strong ; -3, extremely weak), and the total impression on a 7-point scale (3, extremely liked ; -3, extremely disliked).

*Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.05$),

**Significantly different from sample SPA-2 ($p < 0.01$)

①～④が、有意に大きい値を示し、SPA 20% 添加製品における蒟蒻ゲル添加の影響が認められた。試料 SPA-2-①～④の物理的特性の変化 (Table 6) では、破断特性とテクスチャー特性の値は試料 SPA-2 に比べ試料 SPA-2-②③④は何れの値も大きくなり、蒟蒻ゲルの影響を受けた。

蒟蒻ゲル添加がマフィンの食感に与える影響を調べる目的で、試料 SPA-2-② (SPA 20% 添加と蒟蒻ゲル 2.2% 添加製品) と試料 SPA-2 (SPA 20% 添加の基本) を比較した官能評価の成績を Fig. 3 に示した。試料 SPA-2-②は試料 SPA-2 に比べ、滑らかさと弾力性の項目では滑らかで弾力が有意であると評価され、総合的な好みの項目でも有意に好まれた。

従って蒟蒻ゲルを 2.2% 添加することにより小豆種皮粉添加マフィンのパサッキの食感が改良されたものと考えられる。

6) 電子顕微鏡によるマフィンの内部組織観察

マフィンの組織構造をSEMで観察しFig. 4に示した。試料S（無添加）では澱粉粒子や繊維状のグルテンの構造がみられた。試料SPA-2ではSPAが確認され、試料Sに比べ繊維状のグルテンが減少し、組織構造が緻密となった。試料SPA-2-2では、グルコマンナン粒子の膨潤と澱粉粒子の糊化が進行した膜を形成し、構造の変化が観察され、試料SPA-2-2のテクスチャーや製品の硬化抑制に関与すると考えられた。

7) 小豆種皮粉添加マフィンの保存性・老化に及ぼす影響

SPA添加マフィンの保存性を調べる目的で、温度30℃、湿度80% HRの過酷な保存条件下で試料S、SPA-2、SPA-2-2を96時間保存し、水分含量を調べた結果をFig.

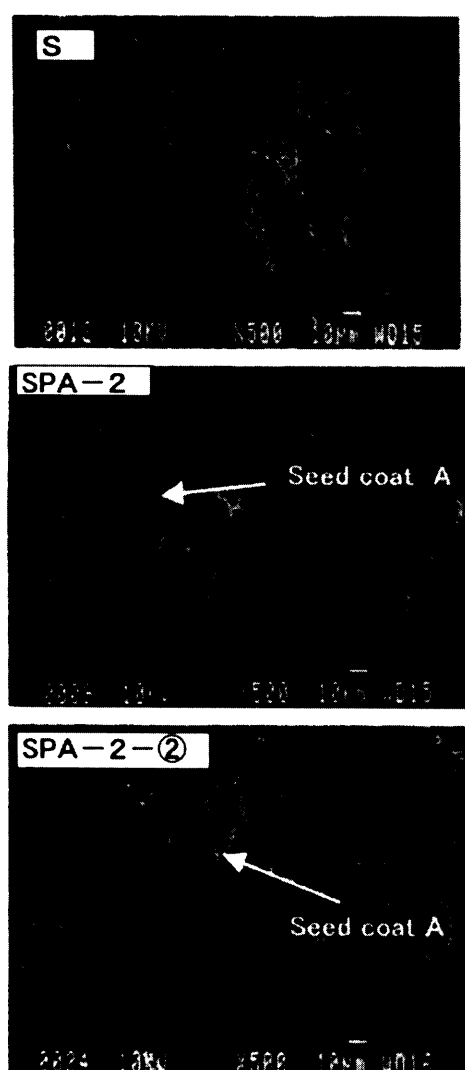


Fig. 4 SEM photographs of muffin

Sample S : control muffin

Sample SPA-2 : muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans added

Sample SPA-2-2 : muffin with 20% seed coat powder of adzuki beans and 2.2% konnyaku gel added

Magnification is $\times 500$, and the scale corresponds to 10 μm

5に示した。各試料の2時間後を基準とした試料Sと試料SPA-2の水分含量は経時的に有意に漸減したが、試料SPA-2-2では蒟蒻ゲルの影響で時間が経過しても水分が保持されていた。これは蒟蒻ゲルの添加により保水力が増し結合水が多くなるものと考えられた。SEM観察の組織構造とも合致していた。この際、肉眼観察でカビ生育の有無を判定したが、7日間の保存では何れの製品もカビの発

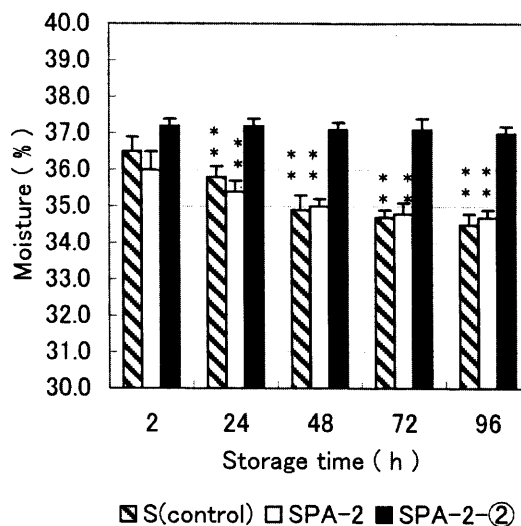


Fig. 5 Effect of added seed coat of adzuki beans on the moisture of muffin during storage

Each value represents the mean $\pm$ SD of 10 determinations.

*Significantly different from sample S, SPA-2, and SPA-2-2 elapsed the first 2 hours ($p < 0.05$)

**Significantly different from sample S, SPA-2, and SPA-2-2 elapsed the first 2 hours ($p < 0.01$)

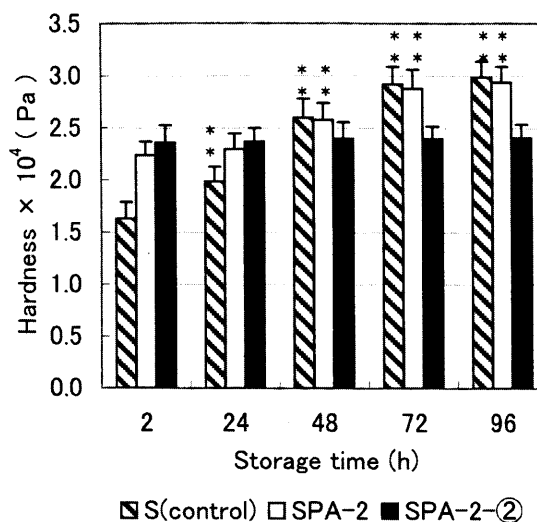


Fig. 6 Effect of added seed coat of adzuki beans on the texture characteristics of muffin during storage

Each value represents the mean $\pm$ SD of 10 determinations.

*Significantly different from sample S, SPA-2, and SPA-2-2 elapsed the first 2 hours ($p < 0.05$)

**Significantly different from sample S, SPA-2, and SPA-2-2 elapsed the first 2 hours ($p < 0.01$)

生は認められなかった。

次にマフィンの外観的な老化現象を調べる目的で、上述の保存条件下で保存した試料S、SPA-2、SPA-2-②のテクスチャー特性の硬さを調べ、結果をFig. 6に示した。2時間後を基準とした試料Sと試料SPA-2では経時的に硬さの値が漸増し、試料Sは24時間、試料SPA-2では48時間以降は値が有意に大きく硬くなったが、試料SPA-2-②の硬さの値は保持され硬くならなかった。これがしっとり感につながり、外観的な老化現象はほとんど進まなかった。蒟蒻ゲル添加は製品の品質を高めるものと考えられる。

4. 要 約

小豆の製餡加工時に除かれる種皮を食品素材として利用する目的で、種皮を乾燥し製粉した小豆種皮粉の性質評価と小豆種皮粉および蒟蒻ゲル添加をマフィン製造に用いた場合の品質に与える影響について研究した。

- (1) 小豆種皮粉の歩留りは $28.8 \pm 2.1\%$ で、小麦粉に比べ保水力が3倍、吸油力が1.6倍であり、食物繊維や無機成分に富み、ポリフェノール量は $0.54 \pm 0.06\%$ であった。SEM観察では小豆種皮粉は小麦粉に比べ、粒子が大きく繊維状の塊組織で粒子に窪みや皺を示し、表面構造の違いが観察された。
- (2) 小豆種皮粉はマフィンに20%まで小麦粉と置換することが可能であった。小豆種皮粉添加製品は無添加製品に比べ、小豆色を帯び、比容積は若干小さく、物性の硬さの値は大きく凝集性は小さくなった。官能評価では香り、味および総合評価で好まれた。
- (3) マフィンのSEMによる組織学的観察では、小豆種皮粉添加製品は無添加製品に比べ組織構造が緻密となり、組織構造に変化をもたらした。
- (4) 小豆種皮粉20%添加マフィンに蒟蒻ゲルを2.2%添加することによりテクスチャーや保存試験に良好な結果が得られた。

謝 辞

本研究に当たり、試料の煮熟処理小豆種皮を提供していた

だいた鶴重製餡株式会社の社長山中一成氏と乾燥小豆種皮を製粉して頂いた吉村穀粉株式会社の霞洋一氏に深謝致します。

文 献

- 1) 畑井朝子 (1994), 小豆の調理特性, 調理科学, **27**, 238-242.
- 2) 財団法人十勝圏新興機構 (2001), 『雑豆 (小豆, 金時, 手亡) を用いた新製品開発』平成12年度高規格雑豆等の新規用途開発普及事業報告書, p 7-8, 84-90.
- 3) 畑井朝子 (2002), 小豆あん粒子の形成機構, 調理科学, **35**, 217-227.
- 4) 木村友子, 菅原龍幸, 福谷洋子, 後藤真彦 (1997), コーニャク粉の精製に及ぼす超音波照射の効果, 日食科学誌, **44**, 552-559.
- 5) 木村友子, 菅原龍幸, 後藤真彦 (2000), 超音波照射によるこんにゃく粉製造技術の改良, 日食科学誌, **47**, 604-612.
- 6) Takeda, H. and Kiriya, S., (1979) Correlation between the Physical Properties of Dietary Fiber and Their Protective Activity against Amaranth Toxicity in Rats, *J. Nutr.*, **109**, 388-396.
- 7) 農林省 (1976), 植物性たん白および調味植物性たん白の日本農林規格の制定について, 栄養と食糧, **29**, 466-468.
- 8) 松尾真砂子 (1999), 麹菌培養おからのクッキーやカップケーキ副材としての活用, 家政誌, **50**, 1029-1034.
- 9) 科学技術庁資源調査会食品成分部会編 (1997) 『訂正日本食品標準成分表分析マニュアル』東京, p 31-34.
- 10) 木村進, 中林敏朗, 加藤博通 (1995), 『食品の変色の化学』光琳, 東京, p 144-145.
- 11) 中里トシ子, 松本憲一, 長谷川千佳子, 尾田文芽, 川瀬真貴子 (2002), ダッタンそば粉がマフィンの性状や食味に及ぼす影響, 日本食生活学会誌, **13**, 35-40.
- 12) 木村友子, 佐々木弘子, 亀田清, 菅原龍幸 (2003), カステラの性状, 食味特性と保存性に及ぼす蒟蒻粉添加の影響, 家政誌, **54**, 271-279.
- 13) 山崎清子 (1997), 『調理実験』, 同文書院, 東京, p 7.
- 14) 川端晶子・大羽和子 (2000), 『調理学実験』学建書院, 東京, p 103-104, 116, 120.
- 15) 佐藤信 (1985), 『統計的官能検査』, 日科技連出版社, 東京, p 37-56.

(平成16年8月23日受付, 平成17年6月26日受理)