

【研究論文】

食パンへの黒米粉添加量が嗜好特性および機能特性に及ぼす影響

愛知学泉短期大学 山本淳子、熊崎稔子、大森有希乃
愛知学泉大学 森山三千江

要 旨

食パンの強力粉の一部を黒米粉置換による影響を検討した結果、色調は添加量の増加とともに明度が減少した。破断応力は、黒米粉添加量 20%、30%で小さくなった。黒米粉添加量の増加とともに、ポリフェノール量、ミネラル量は増え、抗酸化活性は高くなった。官能評価の結果は、黒米粉添加量が 10%から 30%添加まで概ね好まれた。黒米粉を食パンに添加することで、機能性やミネラル量、嗜好性の向上が期待できると考えられた。

1. 目的

近年、黒米などの雑穀類の機能性や加工品への利用などが数多報告^{1~3)}されるようになり、アレルギーの代替穀物としての価値やおいしさなどが見直されている。また、グルテン形成しない米粉を用いて製パンするための工夫も明らかになってきている^{4,5)}。岡崎市北野町においては、10年ほど前から黒米や赤米が栽培されており、我々は岡崎市の赤米・黒米に着目し成分分析を行った結果、赤米・黒米どちらもポリフェノール含量が多く、特に黒米には紫色素であるアントシアニンが多く含まれ、高い抗酸化性があることを明らかにした⁵⁾。アントシアニン色素は熱に強いため、加工した際にも多く残存することが考えられる。そこで、本研究では黒米を粉末にして身近な食品である食パンに添加した量の違いが、機能性である成分や物理的特性に与える影響がどのように異なるのかを明らかにするとともに、嗜好的に最も好まれる黒米粉添加量を検討した。

2. 方法

(1) 黒米粉添加パンの調整

食パンの調製は、Panasonic 製ホームベーカリー SDBMS150(1斤用)を使用した。

原料の黒米は、市販の黒米(JA グリーンサービス花巻/岩手県産品種:朝紫)を電動ミル(CGOLDENWALL)で粉末にして用いた。黒米粉添加食パンの材料配合を表1に示した。原材料の配合割合は、強力粉(日清フーズ(株))280 g、無塩バター(雪印メグミルク(株))10 g、砂糖(伊藤忠製糖(株))17 g、スキムミルク(森永乳業(株))6 g、塩 5 g、ドライイースト((株)日清製粉ウェルナ)4.2 g、蒸留水 200 g とした。黒米粉は、0%無添加パン(以下無添加パンとする)の強力粉重量の 10%を黒米粉で置換した食パンを 10%添加パンとし、同様に 20%置換を 20%添加パン、30%置換を 30%添加パンとした。

(2) 測定項目

a) 色調

ポータブル色差計 TES-3250(アズワン株)を使用し、L*値(明度)、a*値(+方向に赤、-方向に緑)、b*値(+方向に黄、-方向に青)を測定した。

b) 膨化

4 回焼成した食パン断面の中央上部から下部までの高さを測定し、焼成後の高さを平均して無添加パンと比較した。

c) 物性測定

破断応力をクリープメーター(RE2-3305B、山電)で測定した。測定条件は、プランジャー:くさび型(No.49)、圧縮率:99%、スピード1mm/s、みかけの接触面積:1×20mm²とした。8個の試料の測定値の平均値±標準偏差を求めた。

表1 黒米粉添加パンの材料配合

| 材料配合 (g) | 無添加パン | 黒米粉末10% 添加パン | 黒米粉末20% 添加パン | 黒米粉末30% 添加パン |
|----------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 強力粉 | 280 | 252 | 224 | 196 |
| 黒米粉末 | 0 | 28 | 56 | 84 |
| 無塩バター | 10 | | | |
| 砂糖 | 17 | | | |
| スキムミルク | 6 | | | |
| 塩 | 5 | | | |
| 蒸留水 | 200 | | | |
| ドライイースト | 4.2 | | | |

d) ポリフェノール量および抗酸化活性(DPPH ラジカル捕捉活性)

山本ら^{6,7)}の方法に準じ、試料溶液は、試料 2 g に 80%エタノール 8 ml を加え乳鉢で 1 分間摩砕した。摩砕液をナイロンガーゼで絞り、抽出液を 10,000 rpm 4℃で 10 分間遠心分離した上清を使用した。

ポリフェノール量は、Folin-Denis 法により検出波長 750nm における吸光度を分光光度計(UV/VIS Spectrophotometer、JASCO)で定量した。試料重量 100 g あたりのポリフェノール量をクロロゲン酸 μ mol 当量に換算した。

抗酸化活性は、DPPH 法(1, 1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル法)により 517nm における活性を測定し、試料重量 100 g あたりのラジカル捕捉活性を AsA 当量(μ mol AsA eq/100 g)で示した。

e) ミネラル量:カリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、ナトリウム(Na)

試料 1 g を蒸留水 2 ml と共に摩砕後、100℃で 60 分間熱処理後遠心分離した。上清をイオンクロマトグラフ法でイオンメーター(PIA- 1000 Personal Ion Analyzer、島津)を使用して測定した。

f) 官能評価

無添加パンを普通として、黒米粉末 10%添加パン、20%添加パン、30%添加パンの 4 種類の試料を用いて官能評価を行った。パネルは、A 短期大学の学生 50 名として、外観、香り、食感、味、総合評価の項目について嗜好型官能評価を行い 5 点評点法(嫌い-2、やや嫌い-1、普通 0、やや好き+1、好き+2)により評価した⁸⁾。

3. 結果及び考察

(1) 黒米粉末添加パンの色調

無添加パンと黒米粉末添加パンの色調を写真で示した(図1)。黒米粉の添加量の増加とともに紫色が濃く暗くなった。

色調を式差計で測定した結果を表 2 に示した。黒米粉末添加量の増加とともに L* 値の値は無添加の 64.7 から 30%添加パンでは 25.4 と明度が有意に低下した。また、a* 値の値は、無添加パンでは 0.98 であったが、黒米粉末添加により 13.0 まで増加し赤色が強くなった。b* 値は、添加量とともに無添加パンに比べて有意に数値は低下し青色よりになったが、黒米粉末 10%から 30%添加パンの間には、有意な差はなかった。図 1 の 30%添加パンが全体に暗い色調となったのは、a* 値は赤色より強く、b* 値は青色よりになったことが考えられた。

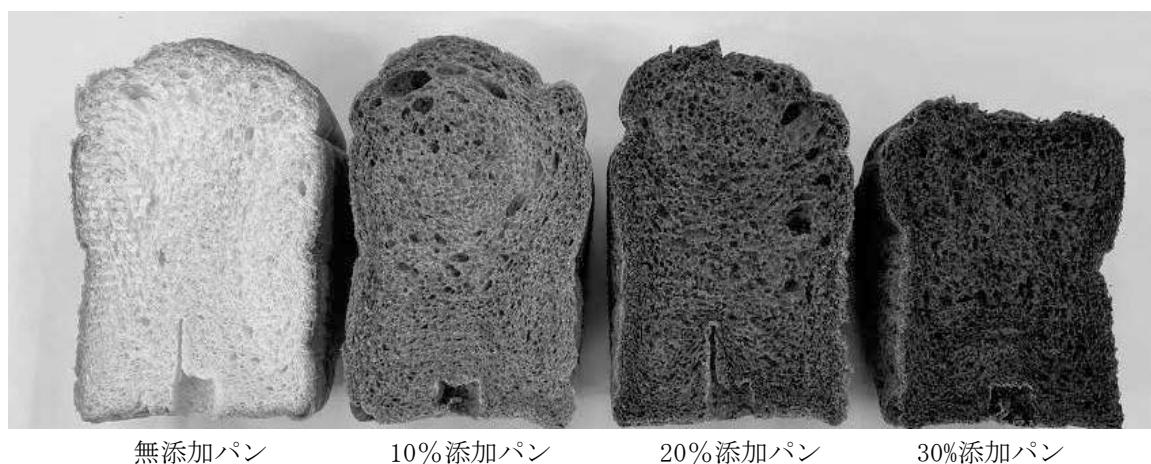


図 1 黒米粉末添加パンの色調

表 2 黒米粉末添加パンの色調

| 試料 | 無添加パン | 10%添加パン | 20%添加パン | 30%添加パン |
|----|-------------|---------------|---------------|---------------|
| L* | 64.7 ± 4.89 | 46.2 ± 1.76** | 34.6 ± 2.01** | 25.4 ± 1.33** |
| a* | 0.98 ± 0.82 | 7.33 ± 1.40** | 9.37 ± 1.07** | 13.0 ± 0.96** |
| b* | 8.51 ± 0.99 | 5.35 ± 1.21** | 3.48 ± 0.96** | 3.16 ± 0.34** |

無添加パンに対し** p < 0.01 Means ± SD (n = 8)

(2) 黒米粉末添加パンの膨化

無添加パンと黒米添加パンの膨化の状態を写真で示した(図 2)。

黒米粉末の 20%添加までは無添加のパンと同じ高さであり、膨化の抑制は見られなかったが、30%添加すると上部が陥没した。パンの高さ平均値(cm)を表 3 に示した。無添加パンと 10%、20%添加パンの高さは約 16 cmであったが、30%添加パンは有意(* $p < 0.05$)に低くなり 14.2 cmと他の添加量のパンに比べて 2 cm程度低くなっていた。米粉をパンに使用する際には、グルテン要因の膨化への影響をカバーできる低い米粉添加比率(20%程度)にとどめる⁹⁾とあり、黒米粉末添加パンも同様の結果となった。



図 2 黒米粉末添加パンの色調

表 3 黒米粉末添加パンの高さ平均値 (cm)

| 無添加パン | 10%添加パン | 20%添加パン | 30%添加パン |
|------------|------------|------------|-------------|
| 16.2 ± 0.2 | 16.5 ± 0.4 | 16.1 ± 1.3 | 14.2 ± 0.9* |

無添加パンに対し* $p < 0.05$ Means ± SD (n = 4)

(3) 黒米粉末添加パンの破断応力

無添加パンと黒米粉末添加パンの破断応力についてクリープメーターを用いて測定した結果を表 4 に示した。

表 4 黒米粉末添加パンの物性

| 黒米粉末添加量 | 破断応力 ($\times 10^3$ N/m ²) |
|---------|---|
| 無添加 | 9.55 ± 2.53 |
| 10% | 5.15 ± 2.67* |
| 20% | 1.00 ± 0.41** |
| 30% | 1.21 ± 0.17** |

無添加パンに対し* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ Means ± SD (n=15)

破断応力は、食パンを噛み切るときの力を示し、黒米粉末無添加では $9.55 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ であったが、黒米粉末添加量を 10% にすることで、 $5.15 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ に減少し、さらに 20% 添加により $1.00 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ 、30% 添加により $1.21 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ と数値が無添加パンに比べて有意に小さくなった。黒米粉末を添加すると噛み切る力が小さくてすむことが分かった。また、20% 以上添加すると、噛み切る力がさらに小さくてすむといえる。

(4) 黒米粉末添加パンのポリフェノール量および抗酸化活性能 (DPPH ラジカル捕捉活性能)

無添加パンと黒米粉末添加パンのポリフェノール量および DPPH ラジカル捕捉活性能の結果を表 5 に示した。

表 5 黒米粉末添加パンのポリフェノール量および抗酸化活性能

| 試料 黒米粉末添加量 | ポリフェノール量 (クロロゲン酸 μmol 当量/100 g) | DPPH ラジカル捕捉活性能 (AsA μmol 当量/100g) |
|---------------|---|---|
| 無添加 | 99.0 ± 22.4 | 0 |
| 10% | 160.3 ± 40.5* | 0.6 ± 0.1 |
| 20% | 174.5 ± 42.2* | 3.4 ± 0.02* |
| 30% | 188.5 ± 32.8* | 3.9 ± 0.02* |

無添加パンに対し* $p < 0.05$ Means ± SD (n=8)

黒米粉末添加量の増加に伴いポリフェノール量は増加し、30% 添加パンでは 100 g あたり 188.5 μmol と無添加パン 99.0 μmol の約 2 倍であった。同様に DPPH ラジカル捕捉活性能も、無添加パンでは 0 μmol であったが、黒米粉末添加量にともない増加し 30% 添加パンが最も高い 3.9 $\mu\text{mol}/100 \text{ g}$ となった。黒米粉末添加量の増加にともないポリフェノール量は増加し、同時に DPPH ラジカル捕捉活性能も高くなったことから、抗酸化活性は、ポリフェノール物質の寄与率が高いと考えられた。

(5) 黒米粉末添加パンのミネラル量

無添加パンと黒米粉末添加パンのイオンクロマトグラフ法で測定したミネラル量の K、Ca、Mg、Na 量を表 6 に示した。

表 6 黒米粉末添加パンのミネラル量

| 試料 (mg/100 g) 黒米粉末添加量 | K | Ca | Mg | Na |
|--------------------------|-----------|--------|---------|-----------|
| 無添加 | 76 ± 14 | 22 ± 7 | 14 ± 3 | 161 ± 41 |
| 10% | 65 ± 21 | 17 ± 9 | 14 ± 21 | 165 ± 39 |
| 20% | 154 ± 48* | 20 ± 3 | 29 ± 8* | 307 ± 34* |
| 30% | 161 ± 32* | 15 ± 2 | 33 ± 6* | 314 ± 18* |

無添加パンに対し* $p < 0.05$ Means ± SD (n=12)

K、Mg 量は、黒米粉添加量の増加にともない数値も増加し、30%添加パンが最も高く K は無添加パンの 2.12 倍、Mg は 2.4 倍となった。しかし、Na 量も無添加パンの 1.95 倍となり、Ca 量は 0.68 倍と増加傾向はみられなかった。

黒米粉には Na と K が含まれており、Na は高血圧の原因といわれているが、Na/K の比率 2 以下が推奨され食事への取り組みがされており⁹⁾、黒米粉 20%添加パンの Na/K の比率は 1.99、30%添加パンの比率は 1.95 と 2 以下となり理想的であると考えられる。また、Mg は、2 型糖尿病の予防に関係することがわかっている¹⁰⁾ことから、食パンに黒米粉を添加して摂取することは有効な手段であると考えられる。

(6) 黒米粉添加パンの官能評価

無添加パンと黒米粉添加パンの官能評価の評点結果を図 3 に示した。

総合評価、味、食感においては、黒米粉 10%添加パンの数値がプラスに高く、無添加パンに比べて有意に好ましい結果となった。20%、30%添加パンは、無添加パンとの有意な差はないがほとんどの項目でプラスの評価となった。香りにおいては、10%、20%添加パンは無添加パンと同様に普通の評価だったのに対し、30%添加パンの評価だけが有意にマイナスとなった。コメント欄において、30%添加パンでは黒米の香りが強くなり否定する意見が見られたことと矛盾しない。色調においては、黒米粉添加パンと無添加パンとの有意な差はなく、30%添加パンの紫色が強くなってもマイナスにはならず嗜好性は下がらなかった。その他のコメントとしては、黒米粉を添加することでもちもちとした食感となるとあり、これはプラスの評価となり好まれた。

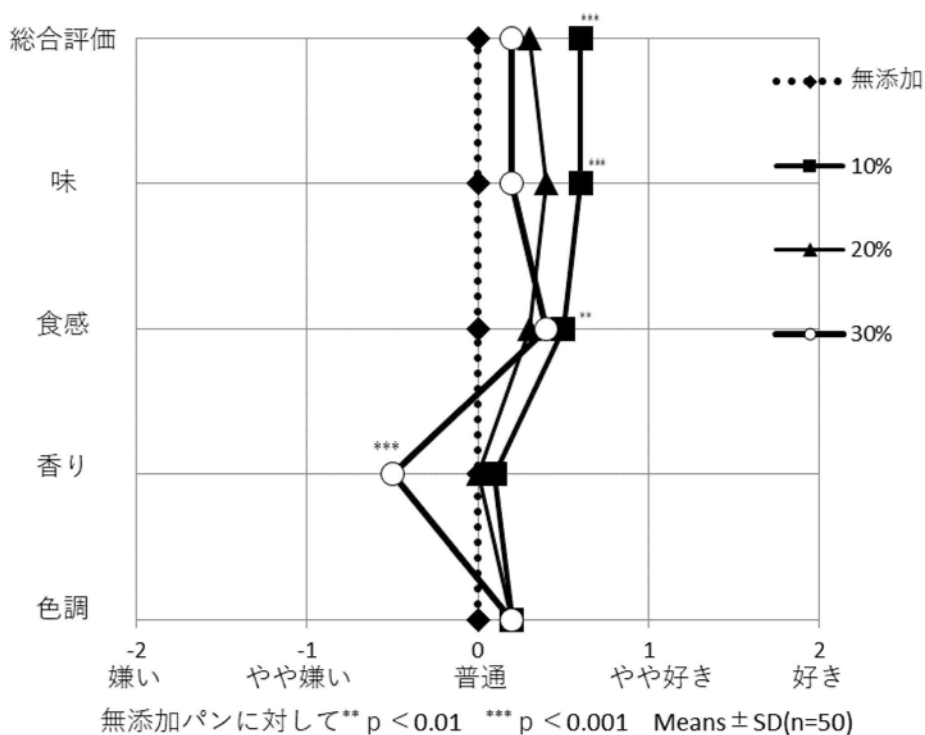


図 3 黒米粉添加パンの官能評価

以上のことから、黒米粉末を食パンに添加することで、無添加パンに比べて好ましくなることが示唆された。

4. まとめ

色調は黒米粉末添加量の増加とともに L* 値の明度が低くなり、30%では a* 値は赤色、b* 値は青色よりに強くなった。官能評価の色調では、黒米粉末添加量が増えても無添加パンとの有意な差はなく、紫色が強くなることは嗜好性を下げるものではなかった。

破断応力は、黒米粉末添加量が 20%、30%と増加するとともに小さくなり、噛み切りやすくなったことが、官能評価項目の食感では、無添加パンに比べ有意に好まれたと考えられる。

ポリフェノール量は、黒米粉末添加量に比例して増加し、同時に抗酸化活性も高くなったことから、DPPH ラジカル捕捉活性は、ポリフェノール物質に寄与するものと考えられた。

ミネラル量は、カリウム、マグネシウム量、ナトリウム量が黒米粉末添加により増加し、20%以上添加で Na/K 比が 2 以下となった。

黒米粉末の食パンへの添加量は、黒米粉末を添加することで、機能性や嗜好性の向上が期待できると考えられる。黒米粉末を増やすことでさらに機能性は向上するが、30%添加では膨化が悪く、官能評価で香りが強くマイナスとなったことから、黒米粉末添加量は 20%程度までと考えられる。

引用文献

- 1) 寺沢なお子、谷晴美、有色米のクッキーにおける脂質過酸化抑制効果および有色米色素のラジカル消去活性に対する各種処理の影響、日本家政学会誌、**56**、2005 年、653-659 頁
- 2) 須田郁夫、沖 智之、アントシアニン等抗酸化成分の生体内抗酸化調節機能の解明、農林水産省農林水産技術会議事務局、研究成果446、食品の安全性及び機能性に関する総合研究、2008 年、233-240 頁
- 3) 奥西智哉、米粉パン研究の現状とこれから、日本調理科学会誌、**48**(6)、2015 年、385-391 頁
- 4) 大崎聡子、市川朝子、グルテンフリー米粉パンの物性と食味に及ぼす絹フィブロインおよびキサントガムの影響、日本調理科学会誌 **45**(1)、2012 年、9-18 頁
- 5) 鈴木保宏、米粉パン等の米粉利用に適する品質特性と好適品種、応用糖質科学 **2**(1)、2012 年、12-17 頁
- 6) 山本淳子、熊崎稔子、大森有希乃、森山三千江、岡崎市北野の赤米・黒米(古代米)の栄養的価値と利用に関する研究、地域活性化研究、**20**、2021 年、20-27 頁
- 7) 山本淳子、小出あつみ、山内知子、うどん麺への凍結乾燥アナアオサ粉置換の影響、日本家政学会誌、**65**(8)、2014 年、429-436 頁
- 8) 大羽和子、川端晶子、調理科学実験、学建書院、東京、2017 年、98-99 頁
- 9) 嶋田雅子、川畑輝子、野藤悠、中村正和、小岩井馨、坂口景子、林 芙美、武見ゆかり、随時尿のナトリウム/カリウム比に着目した食事の評価 — 健診データからの考察 — 月刊地域医学、**32**(11)、2018 年、990-994 頁
- 10) 蔵前尚子、2 型糖尿病におけるマグネシウムの役割、日本アンチエイジング歯科学会誌、**7**、2014 年、34-39 頁