

豆類中のフェノール性成分ならびに抗酸化活性に及ぼす加熱の影響

折田 綾音¹⁾ 船越 淳子²⁾ 武曾(矢羽田)歩³⁾
山本 久美²⁾ 太田 英明³⁾

The Effect of Heat Treatment on Phenolic Contents and their Anti-Oxidative Activity in Selected Beans

Ayane Orita¹⁾ Atsuko Funakoshi²⁾ Ayumi Musou-Yahada³⁾
Kumi Yamamoto²⁾ Hideaki Ohta³⁾

(2015年11月27日受理)

緒言

わが国では食生活の欧米化に伴い肥満人口が増加している。また、肥満による内臓脂肪量の蓄積も問題視される中、2005年に「メタボリックシンドローム」の診断基準が発表された¹⁾。この症候群は、虚血性心疾患や脳卒中などの動脈硬化性心疾患、さらには糖尿病発症のリスクが飛躍的に高くなることが指摘されている²⁾。また、がん、心疾患、脳血管疾患などの生活習慣病患者数および生活習慣病予備軍の数も増加の一途を辿っており、その予防は喫緊の課題になっている。現在のところ、この症候群の予防には、「運動」および「日常の食生活の改善」が最も重要であると考えられている。特に、食材としては野菜・穀類および豆類に含まれる機能性成分に注目が集まっている³⁻⁵⁾。世界ガン研究基金の報告書「食物、栄養、身体活動とがん予防：世界的展望」(2007年)の中でがん予防の10カ条として、植物性食品の摂取は4番目に取り上げられており、特に穀類の場合、精製度の低いものの摂取が推奨されている⁶⁾。これまで、植物ポリフェノール類は、活性酸素消去作用を持つことが数多く報告されており、豆類中ではフェノール構造をもつ化合物としてフラボノールやアントシアニンが見出されている⁷⁻⁹⁾。さらに、豆類由来のポリフェノールは肝保護作用や血糖値上昇抑制作用などを持つことが示唆されている¹⁰⁻¹²⁾。

本研究では、6種類の北海道産の豆類の化学的特性を比較した。すなわち、総ポリフェノール含量、総プロシアニジン含量、活性酸素吸収能(ORAC)およびDPPHラジカル消去活性を測定した。また、加熱処理が豆類中のフェノール性成分ならびに抗酸化活性に及ぼす影響に

についても検討し、さらに、実際に調理した後の白米と小豆ご飯のフェノール性成分含量および抗酸化活性を比較した。

実験方法

1. 実験材料

北海道産で有色系のエリモ小豆、大納言小豆、大正金時およびうずら豆、さらに白色系の大手亡豆および白花豆の計6種類を用いた。加熱操作は試料10gに対し、超純水(Milli Q)30mLを加え、100℃で10分間加熱後、煮汁を回収した。さらに同量の超純水(Milli Q)を加え60分間あるいは120分間の加熱後、煮豆と煮汁の回収を行った。

小豆ご飯は、エリモ小豆40g、2010年10月に収穫された福岡県産「ひのひかり」の白米150gを用いた。エリモ小豆に超純水(Milli Q)250mLを加え、100℃で1時間加熱を行った。加熱したエリモ小豆およびその煮汁を白米に加え、30分間浸水後、炊飯器(ZOJIRUSHI社製 NP-VE10)を用いて炊飯を行った。白米は、ひのひかりに超純水(Milli Q)250mLを加え、炊飯を行った。

試料のうち生豆および煮豆については凍結乾燥を行った後、Labo Milser(岩谷産業株式会社製)で粉碎し、-30℃で保存した。

2. 水溶性フェノール性成分の抽出

水溶性フェノール性成分の抽出はWuらの方法¹³⁾を一部改定して行った。試料(生豆・煮豆0.5g、煮汁1.0g)にn-ヘキサン:ジクロロメタン(1:1, v/v)を10mL加え、室温にて10分間振とうし、遠心分離後、

上清液は除去した。この操作を2回繰り返した後、残渣中の溶媒を窒素ガスにて除去し、アセトン：水：酢酸(70:29.5:0.5, v/v)を10mL加え、10分間振とう後、氷冷下で5分間の超音波処理を行った。室温放置後、10分間振とうし、遠心分離後、上清液を回収した。この操作を2回繰り返し、得られた上清液を合わせて25mLに定容し、試料抽出液とした。

3. 総ポリフェノール含量

総ポリフェノール含量の測定は、沖らのフォーリンチオカルト法¹⁴⁾を一部改定して用いた。希釈した試料抽出液1.0mLに、10%フェノール試薬5.0mLを添加し、攪拌後3分間室温放置し、次に、7.5%炭酸ナトリウム溶液4.0mLを加え攪拌後、60分間室温放置を行い、765nmの波長にて吸光度を測定した。測定結果は、没食子酸相当量(mg-GAE/100g)に換算した。

4. 総プロシアニジン含量

総プロシアニジン含量の測定は、Suら¹⁵⁾およびOkiら¹⁶⁾のバニリン・硫酸法を一部改定して用いた。試料抽出液を窒素ガス乾固し、メタノールに再溶解した試料抽出液0.4mLに1%バニリン/メタノール(w/v)1.0mL、9.0M硫酸/メタノール(v/v)1.0mLを添加し、攪拌後30℃で15分間の放置を行った。その後、500nmの波長にて吸光度を測定した。測定結果は、カテキン当量(mg-CAE/100g)に換算した。

5. 活性酸素吸収能(Oxygen Radical Absorbance Capacity: ORAC)

ORAC法はPriorらの方法¹⁷⁾を一部改定して用いた。ORACはラジカル発生剤である2,2'-azobis dihydrochloride(AAPH)由来のペルオキシラジカル(ROO・)が蛍光指標であるフルオレセインを分解し、蛍光強度が減弱する過程を分析することによって測定される。96穴プレート(ファルコン社製)に、75mMリン酸緩衝液(pH 7.4)(Assay buf)で希釈した試料抽出液(0.02mL)および6.25~50 μ M Trolox溶液(0.02mL)を分注した。94.4nMフルオレセイン(0.2mL)を加え、振とう攪拌後、マイクロプレートを37℃にて20分間加熱した後、蛍光強度(Em; 485nm, Ex; 520nm)を測定した。次に、31.7mM AAPH(0.075mL)を加えて、反応を開始し、2分間隔で90分間蛍光強度を測定した。測定結果は、Trolox当量(μ mol-TE/100g)に換算した。

6. DPPH ラジカル消去活性

DPPHラジカル消去活性は沖らの方法¹⁸⁾を一部改定して行った。試料抽出液を30%アセトンと等量混合し、希釈した。試験管に、試料希釈液(0.4mL, 0.8mL, 1.6mL)および50%エタノール(1.6mL, 1.2mL, 0.4mL)を分注し、200mM MES緩衝液(pH 6.0)

1.0mLを添加し攪拌した。400 μ M DPPHを1.0mL加え、さらに攪拌し、室温にて20分間反応させ、520nmの波長にて吸光度を測定した。測定結果はTrolox当量(μ mol-TE/100g)に換算した。

7. 統計解析

ピアソンの相関係数は、統計ソフトSPSS(Ver.22.0)を用いて求め、有意水準は $p < 0.01$ および $p < 0.05$ とした。

実験結果

1. 総ポリフェノール含量

総ポリフェノール含量の測定結果を表1および表2に示した。生豆の総ポリフェノール含量は、エリモ小豆1132.7mg-GAE/100g、大納言小豆523.2mg-GAE/100g、大正金時627.1mg-GAE/100g、うずら豆380.1mg-GAE/100g、大手亡豆95.4mg-GAE/100g、白花豆125.7mg-GAE/100gであり、エリモ小豆が最も高値を示した。生豆との比較では、煮豆の60分間の加熱区により4.2~69.5%が減少した。また、120分間の加熱により、18.7~69.8%が減少した。煮汁の総ポリフェノール含量は、大手亡豆、白花豆を除く試料において60分間加熱区と比較して120分間加熱区は18.1~45.8%減少した。

2. 総プロシアニジン含量

総プロシアニジン含量の測定結果を表1および表2に示した。有色系において生豆のプロシアニジン含量は、140.4~482.9mg-CAE/100gとなり、エリモ小豆が最も高値を示した。生豆との比較により、煮豆の60分間加熱区は38.9~79.4%が、120分間加熱区は8.7~71.1%が減少した。煮汁は、すべての試料において60分加熱区と比較して120分加熱区で減少した。

3. 活性酸素吸収能(ORAC)

活性酸素吸収能の測定結果を表1および表2に示した。生豆のORACは、エリモ小豆が18425 μ mol-TE/100gで最も高い値を示した。これは総ポリフェノール含量およびプロシアニジン含量と同様の結果であった。煮豆の60分間加熱区は774~8277 μ mol-TE/100g、120分間加熱区は825~10395 μ mol-TE/100gを示した。生豆との比較により、煮豆の60分間加熱区は、1.5~67.5%が減少し、120分間加熱区は白花豆を除く試料において32.2~58.5%が減少した。煮汁は、10分間加熱区で43~5794 μ mol-TE/100g、60分間加熱区212~5200 μ mol-TE/100g、120分間加熱区263~4662 μ mol-TE/100gを示した。120分間加熱区は60分加熱区と比較して、有色系豆類では10.3~60.3%減少し、逆に白色系豆類では、1.2倍増加した。

4. DPPH ラジカル消去活性

DPPH ラジカル消去活性の測定結果を表1および表2に示した。有色系の試料において生豆は107~5092 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$ を示した。煮豆の60分間加熱区は598~1916 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$, 120分間加熱区は696~2020 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$ を示した。生豆と比較して, 60分間加熱区は19.9~76.6%が, 120分間加熱区は26.9~72.8%が減少した。煮汁の10分間加熱区は122~1498 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$, 60分間加熱区は37~868 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$, 120分間加熱区は36~774 $\mu\text{mol-TE}/100\text{g}$ を示した。120分間加熱区は60分間加熱区の3.9~48.7%

が減少した。白色系試料は煮豆, 煮汁ともに活性は認められなかった。

5. フェノール性成分と抗酸化活性の相関

今回測定した結果の相関を表3および表4に示した。煮豆においては, すべての実験項目間で正の相関が認められた。特に ORAC と DPPH ラジカル消去活性, 総ポリフェノール含量と DPPH ラジカル消去活性との間に高い相関が確認され, 120分間加熱区と比較すると60分間加熱区で相関が高かった。煮汁においては, 煮豆ほど高い相関は認められなかった。

6. 調理加工後の白米と小豆ご飯の各種項目の測定

表1 フェノール性成分含量および抗酸化活性 (生豆・煮豆)

サンプル名 (生豆・煮豆)	総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	総プロシアニジン 含量 (mg-CAE / 100 g)	ORAC ($\mu\text{mol-TE} / 100 \text{ g}$)	DPPH ラジカル 消去活性 ($\mu\text{mol-TE} / 100 \text{ g}$)
生豆	1132.7 \pm 54.7 (100%)	482.9 \pm 42.4 (100%)	18425 \pm 718 (100%)	5092 \pm 1805 (100%)
エリモ 小豆	60分間加熱区 345.4 \pm 28.8 (30.5%)	158.1 \pm 17.9 (32.7%)	8277 \pm 761 (44.9%)	1916 \pm 155 (37.6%)
	120分間加熱区 364.4 \pm 23.0 (32.2%)	196.2 \pm 8.0 (40.6%)	10395 \pm 1036 (56.4%)	2020 \pm 49 (39.6%)
大納言 小豆	60分間加熱区 213.5 \pm 2.3 (40.8%)	115.2 \pm 47.1 (61.1%)	4928 \pm 916 (48.3%)	1148 \pm 56 (44.8%)
	120分間加熱区 280.1 \pm 8.3 (53.5%)	172.2 \pm 33.6 (91.4%)	6917 \pm 507 (67.8%)	1461 \pm 140 (57.0%)
大正金時 小豆	60分間加熱区 205.0 \pm 13.1 (32.7%)	94.6 \pm 10.0 (32.0%)	3186 \pm 375 (32.5%)	598 \pm 123 (23.4%)
	120分間加熱区 229.2 \pm 10.6 (36.5%)	99.1 \pm 33.0 (33.5%)	4795 \pm 405 (48.9%)	696 \pm 73 (19.4%)
うずら豆 小豆	60分間加熱区 150.6 \pm 11.7 (39.6%)	28.9 \pm 1.5 (20.6%)	2546 \pm 165 (38.2%)	647 \pm 58 (59.8%)
	120分間加熱区 151.2 \pm 16.3 (39.8%)	40.6 \pm 5.7 (28.9%)	2766 \pm 359 (41.5%)	791 \pm 11 (73.1%)
大手亡豆 小豆	60分間加熱区 68.5 \pm 4.7 (71.8%)	31.4 \pm 5.8 (532.2%)	774 \pm 96 (54.8%)	N.D.
	120分間加熱区 77.4 \pm 7.7 (81.1%)	35.3 \pm 4.0 (598.3%)	825 \pm 39 (58.4%)	N.D.
白花生 小豆	60分間加熱区 97.8 \pm 4.1 (77.8%)	13.7 \pm 1.5 (856.3%)	1242 \pm 153 (98.6%)	N.D.
	120分間加熱区 92.0 \pm 3.2 (73.2%)	18.5 \pm 9.2 (1156.3%)	1321 \pm 130 (104.8%)	N.D.

means \pm S.D (n=3)

N.D., not detected.

(), ()内は生豆に対する%

白米および小豆ご飯の結果を図1に示した。白米の総ポリフェノール含量は26.0mg-GAE/100g, 小豆ご飯は98.6mg-GAE/100gであり, 小豆ご飯は白米の約3.8倍に増加した。プロシアニジン含量は白米では20.7mg-CAE/100g, 小豆ご飯は55.9mg-CAE/100gを示し, 小豆ご飯は白米の約2.7倍に増加した。白米のORACは206 μ mol-TE/100g, 小豆ご飯は2098 μ mol-TE/100gを示し, 小豆ご飯は白米と比較して約9.8倍に増加した。白米のDPPHラジカル消去活性法は検出閾値以下であり, 小豆ご飯は327 μ mol-TE/100gであった。

考 察

本研究では, 加熱処理が豆類の総ポリフェノール含量, プロシアニジン含量, ORACならびにDPPHラジカル消去活性に及ぼす影響について, 検討を行った。さらに, 調理加工後の白米と小豆ご飯のフェノール性成分含量および抗酸化活性についても比較検討を行った。

その結果, 生豆の総ポリフェノール含量は本研究で用いた試料においてエリモ小豆が最も高かった。煮豆の総ポリフェノール含量は生豆と比較して, 4.2~69.5%減少しており, 有色系の試料で減少率が大きかった。煮汁

表2 フェノール性成分含量および抗酸化活性(煮汁)

サンプル名 (煮汁)	総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	総プロシアニジン 含量 (mg-CAE / 100 g)	ORAC (μ mol-TE / 100 g)	DPPH ラジカル 消去活性 (μ mol-TE / 100 g)	
エリモ 小豆	10 分間加熱区	104.4 \pm 39.6 (100%)	54.0 \pm 3.5 (100%)	2611 \pm 1147 (100%)	347 \pm 89 (100%)
	60 分間加熱区	204.3 \pm 9.4 (195.7%)	82.4 \pm 6.0 (152.6%)	5162 \pm 540 (197.7%)	861 \pm 29 (248.1%)
	120 分間加熱区	118.9 \pm 8.1 (113.9%)	37.7 \pm 3.4 (69.8%)	2568 \pm 303 (98.5%)	442 \pm 38 (127.4%)
大納言 小豆	10 分間加熱区	33.5 \pm 5 (100%)	N.D.	725 \pm 26 (100%)	122 \pm 32 (100%)
	60 分間加熱区	167.5 \pm 16.9 (500%)	47.6 \pm 1.8 (-)	3250 \pm 646 (448.3%)	634 \pm 89 (519.7%)
	120 分間加熱区	90.8 \pm 11.7 (271.0%)	45.0 \pm 0.6 (-)	1868 \pm 112 (257.7%)	477 \pm 153 (391.0%)
大正金時	10 分間加熱区	255.1 \pm 27.3 (100%)	143.2 \pm 31.9 (100%)	5794 \pm 1258 (100%)	1498 \pm 399 (100%)
	60 分間加熱区	244.4 \pm 15.1 (95.8%)	49.8 \pm 10.3 (34.8%)	5200 \pm 217 (89.7%)	868 \pm 279 (57.9%)
	120 分間加熱区	187.2 \pm 3.3 (73.4%)	47.8 \pm 6.6 (33.4%)	4662 \pm 256 (80.5%)	675 \pm 54 (45.1%)
うずら豆	10 分間加熱区	34.4 \pm 3.9 (100%)	14.4 \pm 3.5 (100%)	829 \pm 576 (100%)	141 \pm 46 (100%)
	60 分間加熱区	176.7 \pm 11.1 (513.7%)	45.4 \pm 6.0 (315.3%)	3867 \pm 1083 (466.5%)	867 \pm 234 (614.9%)
	120 分間加熱区	86.1 \pm 1.4 (250.3%)	26.4 \pm 3.4 (183.3%)	1534 \pm 10 (185.0%)	774 \pm 241 (548.9%)
大手亡豆	10 分間加熱区	14.7 \pm 0.4 (100%)	3.2 \pm 1.2 (100%)	43 \pm 15 (100%)	N.D.
	60 分間加熱区	24.6 \pm 0.6 (167.3%)	4.1 \pm 1.8 (128.1%)	344 \pm 145 (800.0%)	37 \pm 10 (-)
	120 分間加熱区	29.0 \pm 1.1 (197.3%)	1.8 \pm 0.6 (56.3%)	409 \pm 102 (951.2%)	36 \pm 1 (-)
白花生	10 分間加熱区	15.4 \pm 1.4 (100%)	N.D.	N.D.	N.D.
	60 分間加熱区	24.9 \pm 1.4 (161.7%)	N.D.	212 \pm 22 (-)	N.D.
	120 分間加熱区	29.4 \pm 0.8 (190.9%)	N.D.	263 \pm 19 (-)	N.D.

means \pm S.D(n=3)

N.D., not detected.

(), ()内は 10 分加熱区に対するパーセント

では大手亡豆を除いて60分間加熱区で最も高値を示し、60分間加熱区に比べ120分間加熱区は18.1~45.8%減少した。

煮豆総のプロシアニジン含量は生豆と比較して、有色系豆類は8.7~79.4%減少していた。また、すべての試料において60分間加熱区と比較して120分間加熱区で増加した。煮汁は60分間加熱区に比較して120分間加熱区は減少した。煮豆、煮汁ともに有色系豆類において総プロシアニジン含量が高値を示した。ORACは、白花豆を除く試料において生豆と比べて煮豆は32.2~67.5%有意に減少した。また、すべての試料で120分間加熱区は60分間加熱区と比較して活性が増加した。白色系の試料において煮汁のORACは、10分間加熱区と比較して60分間加熱区ならびに120分間加熱区で増加した。野菜が加熱により活性成分が抽出されやすくなるということはMaedaらによって報告されており¹⁹⁾、白色系試料においてORACが上昇したのは10分間以上加熱したことによって豆の組織が軟化し、活性成分が抽出されやすくなったためと推察された。

煮豆のDPPHラジカル消去活性は、生豆と比較して有色系において19.9~76.6%が減少した。また、白色系の試料では活性が認められなかった。これは、フェノール性成分含量が本研究で使用した他の試料と比較し

て低かったため、ORACと比較して感度が低いDPPH法によるラジカル消去活性の測定では活性が認められなかったのではないかと推察された。

本研究で用いた試料では、抗酸化活性の評価指標であるORACおよびDPPHラジカル消去活性が、生豆と比較して煮豆で大きく減少していた。フェノール性成分含量も生豆と比較して煮豆で減少していたことから、加熱によって豆類中に含まれるポリフェノールが熱分解されたことにより、抗酸化活性が減少したと考えられた。生豆からの減少率が試料により大きく異なったのは、生豆中の総ポリフェノール含量が異なったためと考えられる。

フェノール性成分と抗酸化活性の相関関係を調査したところ、すべての実験項目間で正の相関が得られた(表3および表4)。特にフェノール性成分とDPPHラジカル消去活性との間に高い相関が認められた。しかし、煮汁では加熱時間に伴い相関が低下した。

白米と小豆ご飯を比較した結果、小豆ご飯において総プロシアニジン含量は2.7倍、活性酸素吸収能は9.8倍と有意に増加した。DPPHラジカル消去活性は小豆ご飯のみ活性が認められた。白米と比較して小豆ご飯は有意にフェノール性成分ならびに抗酸化活性が増加していた。

以上のことより、フェノール性成分含量ならびに抗酸

表3 フェノール性成分および抗酸化活性の相関行列(煮豆)

	総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)
60分加熱区				
総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	1	0.879**	0.849**	0.934**
総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	—	1	0.739**	0.819**
ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	1	0.926**
DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	—	1
120分加熱区				
総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	1	0.869**	0.239	0.734**
総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	—	1	0.314	0.733**
ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	1	0.423
DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	—	1

** : p<0.01

* : p<0.05

表4 フェノール性成分および抗酸化活性の相関行列 (煮汁)

	総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)
60分加熱区				
総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	1	0.829**	0.518**	0.936**
総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	—	1	0.724**	0.826**
ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	1	0.593**
DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	—	1
120分加熱区				
総ポリフェノール含量 (mg-GAE / 100 g)	1	0.934**	0.863**	0.959**
総プロシアニジン含量 (mg-GAE / 100 g)	—	1	0.853**	0.897**
ORAC ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	1	0.921**
DPPH ラジカル消去活性 ($\mu\text{mol}\cdot\text{TE} / 100 \text{ g}$)	—	—	—	1

** : p<0.01

* : p<0.05

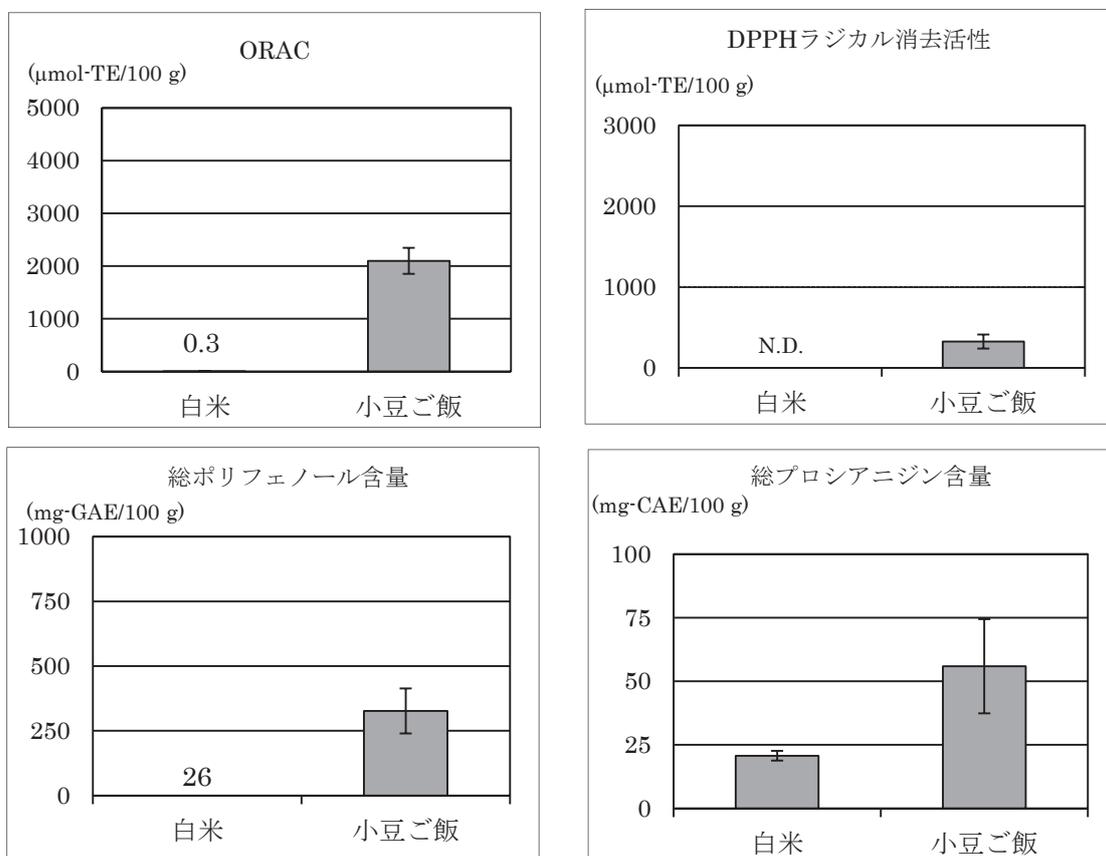


図1 調理加工後の白米および小豆ご飯の各種測定項目の結果

化活性は加熱時間によって多少の変動はあるが、生豆と比較し煮豆は低下すること、煮豆の抗酸化活性の低下は煮汁中へのフェノール成分の溶出が要因であることが示唆された。有色系の豆類は白色系の試料と比較して高い抗酸化活性を示したことから、豆類の抗酸化活性は品種および豆の色により差異があることが明らかとなった。また、加熱後の抗酸化活性の減少率が異なったことから、品種によって加熱による影響が異なると思われる。

白米と小豆ご飯の比較では、小豆ご飯が高い抗酸化活性を示したことから、豆類を加えて調理することは豆のフェノール性成分の白米への移行によって小豆ご飯の抗酸化活性を高めることが示唆された。

文 献

- 1) 本田佳子編 新臨床栄養学 栄養ケアマネジメント, 医歯薬出版. 2013, 2, 278.
- 2) Jacobs, D. R. Jr.; Marquart, L.; Slavin, J.; Kushi, L. H. Whole-grain intake and cancer: An expanded review and meta-analysis. *Nutrition and Cancer* 1998, 30, 85-96.
- 3) Kanner, J.; Frankel, E.; Granit, R.; German, B.; Kinsella, J. E. Natural antioxidants in grapes and wines. *J. Agric. Food Chem.* 1994, 42, 64-69.
- 4) 伊藤満敏; 大原絵里; 小林篤; 山崎彬; 梶亮太; 山口誠之; 石崎和彦; 奈良悦子; 大坪研一 有色米の抗酸化能とポリフェノール量の測定. 日本食品科学工学会誌. 2011, 58, 576-582.
- 5) Takahata, Y.; Ohnishi-Kameyama, M.; Furuta, S.; Takahashi, M.; Suda, I. Highly polymerized procyanidins in brown soy bean seed coat with a high radical-scavenging activity. *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 5843-5847.
- 6) 世界ガン研究基金, 食品, 栄養, 運動とガン予防: 世界的展望 (<http://www.wcrf.org/>), 2007.
- 7) 津久井亜紀夫・寺原典彦編, 「アントシアニンと食品ーアントシアニン含有食品の加工利用特性と機能性ー」, 建帛社, 2015, pp 86-91.
- 8) Choung, M. G.; Baek I, Y.; Kang S, T.; Han W, Y.; Shin D, C.; Moon H, P.; Kang K.H. Isolation and anthocyanins in seed coats of black soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 5848-5851.
- 9) Takahama, U.; Yamauchi, R.; Hirota, S. Isolation and characterization of a cyaniding-catechin pigment from adzuki bean (*Vigna angularis*). *J. Food Chem.* 2013, 1, 282-288.
- 10) 小嶋道之; 山下慎司; 西繁典; 齋藤優介; 前田龍一郎. 小豆ポリフェノールの生体内抗酸化活性と肝臓保護作用. 日本食品科学工学会誌. 2006, 57(7), 386-392.
- 11) 齋藤優介; 西繁典; 小嶋浩; 弘中和憲; 小嶋道之. 豆類ポリフェノールの抗酸化活性ならびに α -アミラーゼおよび α -グルコシダーゼ阻害活性. 日本食品科学工学会誌. 2007, 54(12), 563-567.
- 12) 小嶋道之; 西繁典; 齋藤優介; 弘中和憲; 小嶋浩; 前田龍一郎. 小豆ポリフェノールの単回および継続投与が血中グルコース濃度に及ぼす影響, 日本食品科学工学. 2007, 54(1), 50-53.
- 13) Wu, X.; Gu, L.; Holden, J.; Haytowitz, B. D.; Gebhardt, E. S.; Beecher, G.; Prior, L. R. Development of a database for total antioxidant capacity in foods: a preliminary study. *J. Food Comp. Anal.* 2004, 17, 407-422.
- 14) 食品機能性評価マニュアル集 第三集. (社) 日本食品科学工学会, 2009, 1-7.
- 15) Sun, B.; Ricardo-da-Silva, M. J.; Spranger, I. Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. *J. Agric. Food Chem.* 1998, 4267-4274.
- 16) Oki, T.; Masuda, M.; Kobayashi, M.; Nishiba, Y.; Furuta, S.; Suda, I.; Saito, T. Polymeric procyanidins as radical-scavenging components in red-hulled rice. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, 50, 7524-7529.
- 17) Prior, R. L.; Hoang, H.; Gi, L.; Wu, X.; Bacchiocca, M.; Howard, L.; Hampsch-Woodill, M.; Hoang, D.; Ou, B.; Jacob, R. A. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL)) of plasma and other biological and food samples. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 3273-3279.
- 18) 食品機能性評価マニュアル集 第二集. (社) 日本食品科学工学会, 2008, 71-86.
- 19) Murakami, M.; Yamaguchi, T.; Takamura, H.; Matoba, T. Changes in the radical-scavenging activity of quercetin and epigallocatechin gallate during heat treatment. *J. Home Econ. Jpn.* 2004, 55, 213-217.