

## 30種の種子に含まれるポリフェノール含量、機能性と種皮色について

慈照紅<sup>1</sup>・豊 碩<sup>1,2</sup>・呉 珊<sup>1,2</sup>・小嶋道之<sup>1</sup>

(受付 : 2013 年 4 月 30 日, 受理 : 2013 年 7 月 10 日)

Polyphenol content, functionalities and seed coat of 30 kinds of seeds

Zhaohong Ci<sup>1</sup>, Shuo Feng<sup>2</sup>, Shan Wu<sup>2</sup>, Michiyuki Kojima<sup>1</sup>

### 摘 要

30 種の種子に含まれるポリフェノール含量と 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 消去活性、還元力および百粒重、種皮色との関連性について検討した。30 種の種子のポリフェノール含量と DPPH 消去活性および還元力との間には、それぞれ高い正の相関関係のあることを明らかにした。また、赤色系種子のみ明度 (L\* 値)、赤味度 (a\* 値)、黄味度 (b\* 値)、彩度 (C\* 値) とポリフェノール含量との間にそれぞれ高い正の相関性のあること、茶、黄色系種子では L\* 値とポリフェノール含量との間に高い負の相関性のあることを明らかにした。調査した種子の中でレンゲ、アカクロバ (メジウム)、ダツタンソバ、ナタネはポリフェノール含量が高いが、百粒重は小さい。手亡、黒金時、白小豆、アカネ大納言、ユキシズカ、ヘアリーベッチ、アワ、ヒエ、蕎麦、黒ゴマのポリフェノール含量と百粒重はともに低い値であった。

キーワード : 種子、ポリフェノール、DPPH 消去活性、還元力、種皮色

近年、豆類、野菜類及び果実類に含まれる機能性成分に注目が集まっている (Kanner et al. 1994; Wang et al. 1996; Takahata et al. 2001)。また、野菜類や果物類に含まれるポリフェノールは抗酸化作用があり、生活習慣病の発生率を下げる作用や抗ガン作用のあることが報

告されている (Kaur et al. 2001; Shahidi et al. 2004)。ポリフェノールの中でもタンニンには抗栄養性を示すことが知られており、複雑な様式によりタンパク質の消化性を下げる。しかし、タンニンは遊離基を減少させる金属イオンのキレート作用 (Rice-Evans et al. 1996)

<sup>1</sup>帯広畜産大学畜産科学科食品科学研究部門

<sup>2</sup>岩手大学大学院連合農学研究科生物資源科学分野

<sup>1</sup>Department of Food Production Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. 080-8555, 11, nishi-2-sen, inada-cho, obihiro, Hokkaido, Japan.

<sup>2</sup>Department of Bioresources Science, United Graduate school of Agricultural Sciences, Iwate University, 3-18-8, Ueda, Morioka, Iwate 020-8550

や、生体成分のDNA、脂質およびタンパク質などの酸化損傷を抑制すること (Kaur et al. 2001)、タンニンが食事性の化合物として重要な抗酸化剤であることが報告されている (Bravo 1998; Siddhuraju 2006)。種皮は子葉を保護する作用があり、多くのポリフェノール類が含まれていて、人の体内の酸化的損傷を抑制する作用がある (Troszynska et al. 2002)。しかし、種皮色とポリフェノール含量との関連性についての報告は少ない。本研究は、農産物として通常利用する 30 種の種子に含まれるポリフェノール含量、種皮色および抗酸化活性を検討し、それらの相関性の有無について明らかにすることを目的とした。

## 実験方法

### 1. 実験材料

実験材料は Table 1 に示した。分析に用いた種子は合計 30 種でマメ科 23 種、イネ科 2 種、タデ科 2 種、アブラナ科、ゴマ科、シソ科はそれぞれ 1 種を使用した。

### 2. ポリフェノールの抽出と定量

粉碎した種子 5g を、ファルコンチューブに取り、20ml の 80% エタノールを加えて攪拌後、30 分間超音波で抽出を行った。10 分、3000rpm で遠心分離して、上清は別のチューブに移し取り、同様の操作を 2 回繰り返した。その抽出残渣に 20ml の 70% アセトンを加え、エタノール抽出と同様の操作で 3 回繰り返して抽出した。ポリフェノールの定量は Folin-Chiocalteau 法 (宮下ら 2007) により行い、カテキン相当量として算出した。すなわち、試料 100 $\mu$ l と蒸留水 300 $\mu$ l、Folin 試薬 400 $\mu$ l を加えて混合後、400 $\mu$ l の 10% 炭酸ナトリウムを加えて 30 $^{\circ}$ C、30 分間反応させた。その反応混合液の吸光度 760nm の値からポリフェノールを定量した。

### 3. 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) ラジカル消去活性の測定

DPPH ラジカル消去活性の測定は Brand らの改良法 (Brand ら 1995) により行った。すなわち、マイクロプレートに試料 50 $\mu$ l、エタノール 100 $\mu$ l、DPPH 溶液

Table 1 試料の学名と英語名

番号	試料名(和名)	科	属	学名
1	クリ豆	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
2	黒金時	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
3	黒アズキ	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
4	ブラックペルン	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) walp.
5	ヘアリーベッチ	マメ科	ソラマメ属	<i>Vicia villosa</i> Roth ssp. <i>varia</i> (Host) Corb.
6	ナタネ	アブラナ科	アブラナ属	<i>Brassica rape</i> L. var. <i>nippo-oleifera</i> .
7	黒ゴマ	ゴマ科	ゴマ属	<i>Sesamum indicum</i> L.
8	大正金時	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
9	鶴金時豆	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
10	アカネ大納言	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
11	エリモ小豆	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
12	小豆	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
13	トヨミ大納言	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
14	ササゲ	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) walp.
15	レンゲ	マメ科	ゲンゲ属	<i>Astragalus sinicus</i> L.
16	ヒエ	イネ科	ヒエ属	<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi et Yabuno
17	蕎麦	タデ科	ソバ属	<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench
18	ダツタンソバ	タデ科	ソバ属	<i>Fagopyrum tataricum</i> (L.) Gaertn.
19	エゴマ	シソ科	シソ属	<i>Perilla frutescens</i> (L.) Britton var. <i>japonica</i> (Hassk.) H. Hara
20	アカクローバ(メジウム)	マメ科	シャジクソウ属	<i>Trifolium pratense</i> L.
21	白小豆	マメ科	ササゲ属	<i>Vigna angularis</i> (willd.) Ohwi et H. Ohashi
22	ユキシズカ	マメ科	ダイズ属	<i>Glycine max</i> (L.) Merr.
23	ヒヨコ豆	マメ科	ヒヨコマメ属	<i>Cicer arietinum</i> L.
24	フェヌグリーク	マメ科	フェヌグリーク属	<i>Trigonella foenum-graecum</i>
25	アワ	イネ科	エノコログサ属	<i>Setaria italica</i> (L.) P.Beauv.
26	手亡	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
27	白花豆	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus coccineus</i> L.
28	福ウズラ	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
29	モロッコ	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.
30	紫花豆	マメ科	インゲンマメ属	<i>Phaseolus coccineus</i> L.

150 $\mu$ lを加えて混合後、暗所室温で15分間反応した。その後、520nmの吸光度を測定し、トロロックス相当量としてDPPHラジカル消去活性を求めた。

## 結果及び考察

### 4. 還元力の測定

還元力の測定はOyaizu法(Oyaizu 1986)により行った。すなわち、試料250 $\mu$ l、リン酸ナトリウムバッファー(pH 7.5)250 $\mu$ l、1% (w/v) フェリシアン化カリウム250 $\mu$ lを加え、50 $^{\circ}$ C、20分間反応させた。その後、10% (w/v) トリクロロ酢酸250 $\mu$ lを加えて反応停止後、10,000rpm、5分間遠心分離して得られた上清500 $\mu$ lを別のチューブに取り、蒸留水500 $\mu$ l、0.1% (w/v) 塩化第二鉄100 $\mu$ lを加えて、15分間遮光下で反応させた。700nmでの吸光度より、ビタミンC相当量として還元力を求めた。

### 5. 統計処理

試験結果は平均値 $\pm$ 標準偏差で表した。結果の統計分析はピアソンの相関関係数検定により行い、危険率1%未満(p<0.01)または5%未満(p<0.05)の場合を有意と

### 1. ポリフェノール量と百粒重の関係

30種の種子のポリフェノール含量はカテキン相当量として求め、Table 2に示した。ポリフェノール量の多い種子は、ナタネ(アブラナ科;10.5mg/g)、レンゲ(マメ科;13.9mg/g)、ダットンソバ(ソバ科;15.5mg/g)、アカクロバ(マメ科;10.1mg/g)、ブラックペルン(マメ科;8.3mg/g)などであった。また、ポリフェノール量の少ない種子は、白小豆(マメ科;0.3mg/g)、手亡(マメ科;0.4mg/g)、ヒヨコ豆(マメ科;0.4mg/g)、白花豆(マメ科;0.5mg/g)、ヒエ(イネ科;0.9mg/g)、アワ(イネ科;0.9mg/g)などで、種皮色が白~淡黄色の種子であった。

種子の百粒重は、最大値が紫花豆の157.7g、最小値は黒ゴマの0.3gで幅広い(Table2)。本研究で調べたレンゲ、アカクロバ(メジウム)、ダットンソバ、ナタネ

Table 2 試料の百粒重(g)、ポリフェノール含量(mg/g)、DPPH消去活性( $\mu$ mol/g)、還元力(mg/g)の比較

番号	試料名	百粒重 (g)	ポリフェノール(mg/g)	DPPH活性( $\mu$ mol/g)	還元力 (mg/g)
1	クリ豆	67.63 $\pm$ 3.84	1.63 $\pm$ 0.01	6.19 $\pm$ 0.27	0.97 $\pm$ 0.01
2	黒金時	20.20 $\pm$ 0.25	2.68 $\pm$ 0.03	14.27 $\pm$ 0.03	1.93 $\pm$ 0.02
3	黒アズキ	7.44 $\pm$ 0.10	6.27 $\pm$ 0.04	15.66 $\pm$ 0.03	3.94 $\pm$ 0.04
4	ブラックペルン	13.14 $\pm$ 0.18	8.30 $\pm$ 0.09	31.21 $\pm$ 0.51	4.97 $\pm$ 0.03
5	ヘアーベッチ	4.43 $\pm$ 0.16	5.06 $\pm$ 0.03	16.50 $\pm$ 0.11	2.38 $\pm$ 0.02
6	ナタネ	0.28 $\pm$ 0.00	10.49 $\pm$ 0.11	24.46 $\pm$ 0.22	4.65 $\pm$ 0.06
7	黒ゴマ	0.26 $\pm$ 0.00	3.80 $\pm$ 0.06	11.38 $\pm$ 0.29	2.26 $\pm$ 0.04
8	大正金時	72.09 $\pm$ 2.35	4.64 $\pm$ 0.06	10.15 $\pm$ 0.13	3.58 $\pm$ 0.04
9	鶴金時豆	52.73 $\pm$ 1.24	4.01 $\pm$ 0.02	9.79 $\pm$ 0.22	2.72 $\pm$ 0.02
10	アカネ大納言	16.63 $\pm$ 0.26	1.93 $\pm$ 0.04	7.85 $\pm$ 0.29	1.49 $\pm$ 0.01
11	エリモ小豆	13.78 $\pm$ 0.15	6.41 $\pm$ 0.04	21.88 $\pm$ 0.09	4.21 $\pm$ 0.01
12	小豆	12.79 $\pm$ 0.21	6.66 $\pm$ 0.08	22.03 $\pm$ 0.21	4.46 $\pm$ 0.01
13	トヨミ大納言	22.36 $\pm$ 0.73	5.95 $\pm$ 0.05	15.25 $\pm$ 0.01	2.36 $\pm$ 0.04
14	ササゲ	16.50 $\pm$ 0.31	6.29 $\pm$ 0.10	27.56 $\pm$ 0.64	5.18 $\pm$ 0.01
15	レンゲ	0.34 $\pm$ 0.01	13.88 $\pm$ 0.22	44.84 $\pm$ 0.36	7.02 $\pm$ 0.08
16	ヒエ	0.28 $\pm$ 0.01	0.85 $\pm$ 0.01	1.49 $\pm$ 0.05	0.41 $\pm$ 0.01
17	蕎麦	2.34 $\pm$ 0.03	5.34 $\pm$ 0.01	14.69 $\pm$ 0.08	2.15 $\pm$ 0.03
18	ダットンソバ	2.02 $\pm$ 0.04	15.53 $\pm$ 0.08	43.02 $\pm$ 0.39	7.55 $\pm$ 0.05
19	エゴマ	0.39 $\pm$ 0.01	8.11 $\pm$ 0.04	23.57 $\pm$ 0.16	4.82 $\pm$ 0.13
20	アカクロバ(メジウム)	0.20 $\pm$ 0.00	10.09 $\pm$ 0.11	35.01 $\pm$ 0.15	4.98 $\pm$ 0.02
21	白小豆	11.46 $\pm$ 0.30	0.28 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.00	0.36 $\pm$ 0.00
22	ユキシズカ	11.77 $\pm$ 0.32	1.95 $\pm$ 0.02	5.41 $\pm$ 0.07	0.67 $\pm$ 0.01
23	ヒヨコ豆	63.19 $\pm$ 1.31	0.42 $\pm$ 0.01	2.61 $\pm$ 0.03	0.46 $\pm$ 0.01
24	フェヌグreek	1.55 $\pm$ 0.09	6.46 $\pm$ 0.04	12.94 $\pm$ 0.10	4.09 $\pm$ 0.05
25	アワ	0.16 $\pm$ 0.00	0.87 $\pm$ 0.01	1.52 $\pm$ 0.03	0.47 $\pm$ 0.00
26	手亡	17.37 $\pm$ 0.38	0.37 $\pm$ 0.01	0.49 $\pm$ 0.11	0.54 $\pm$ 0.02
27	白花豆	122.68 $\pm$ 2.94	0.54 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.00	0.37 $\pm$ 0.00
28	福ウズラ	86.93 $\pm$ 1.25	2.16 $\pm$ 0.03	9.89 $\pm$ 0.10	1.42 $\pm$ 0.04
29	モロッコ	69.26 $\pm$ 2.06	2.82 $\pm$ 0.08	11.96 $\pm$ 0.07	1.37 $\pm$ 0.02
30	紫花豆	157.65 $\pm$ 2.11	2.66 $\pm$ 0.03	6.58 $\pm$ 0.12	1.26 $\pm$ 0.02

は百粒重が小さく、ポリフェノール含量は高い。また、白花豆、ヒヨコ豆、手亡、白小豆は百粒重が大きく、ポリフェノール含量が低い。ヒエ、アワは百粒重が小さく、ポリフェノール含量も低かった。5gの種子からポリフェノールを抽出する際に、百粒重が小さいと多くの粒子を使用することになり、結果的に種皮の割合が高くなる。仮に種皮にポリフェノール含量が高いと仮定すると、小さい粒子の種子に含まれるポリフェノール含量は全般的に高くなり、大きな粒子の種子のそれは逆に低くなることが推測できる。しかし、実際にはポリフェノール量と種皮の大きさに関係が認められないことから、ポリフェノール量は植物の種による特徴であると言える。この原因は、種の違いにより子葉と種皮のポリフェノール割合が異なっていることに関連すると考えられる (Dueñas et al. 2002)。

## 2. ポリフェノール量と DPPH 消去活性との関係

30種類の種子に含まれるポリフェノール画分のDPPHラジカル消去活性を測定し、結果をトロロックス相当量として示した (Table2)。DPPHラジカル消去活性が大きいのはダットンソバ43.0 $\mu\text{mol/g}$ 、レンゲ44.8 $\mu\text{mol/g}$ 、アカクロバ(メジウム)35.0 $\mu\text{mol/g}$ であり、小さいものは白小豆と白花豆でそれぞれ0.03 $\mu\text{mol/g}$ 、手亡0.5 $\mu\text{mol/g}$ 、ヒエ1.5 $\mu\text{mol/g}$ であった。ポリフェノール量とDPPHラジカル消去活性との相関関係を調べたところ、 $r = 0.9555$ であり、高い正の相関性 ( $p < 0.01$ ) が認められた (Fig. 1)。また、茶、大豆、クランベリーのパリフェノール量とDPPH消去活性との間に相関性のあることが報告

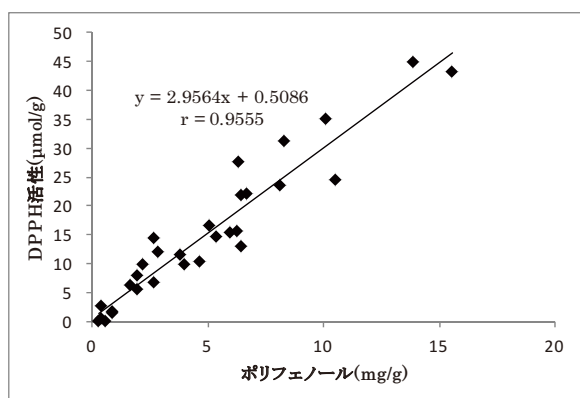


Fig. 1 ポリフェノールとDPPH消去活性の相関性

されている。(Chen et al. 2001; 高杉 2008; Kumar et al. 2010)。

## 3. ポリフェノール量と還元力との関係

30種の種子に含まれるポリフェノール画分の還元力は、ビタミンC相当量として示した (Table 2)。還元力が高いものは、ダットンソバ7.6mg/g、レンゲ7.0mg/g、ササゲ5.2mg/gであり、還元力が小さいものは白小豆0.4mg/g、白花豆0.4mg/g、ヒエ0.4 mg/g、アワ0.5 mg/gであった。還元力とポリフェノールとの相関関係を検討したところ  $r = 0.9571$  で高い正の相関 ( $p < 0.01$ ) が認められた (Fig. 2)。

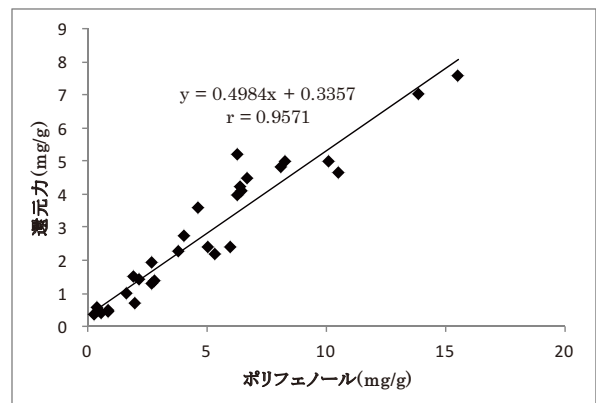


Fig. 2 ポリフェノールと還元力の相関性

## 4. ポリフェノール量と種皮色との関係

種皮色は色彩色差計で明度 ( $L^*$ )、赤味度 ( $a^*$ )、黄味度 ( $b^*$ ) を測定した (Table 3)。彩度 ( $C^*$ ) 値は赤味度 ( $a^*$ ) 値と黄味度 ( $b^*$ ) 値から計算により算出した ( $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$ )。ポリフェノール量と種皮色との関係は、30種全体では  $L^*$  値、 $a^*$  値、 $b^*$  値、 $C^*$  値のいずれにおいても相関は認められなかった。見た目の種皮色の違いから、7種の黒色系、7種の赤色系、11種の茶と黄色系、2種の白色系、2種の褐色系、1種の赤紫色にそれぞれ分けて、それぞれの  $L^*$  値、 $a^*$  値、 $b^*$  値、 $C^*$  値とポリフェノール量との関連性を検討したところ、赤色系でのみ  $L^*$  値、 $a^*$  値、 $b^*$  値、 $C^*$  値とポリフェノール量との間にそれぞれ正の相関性が認められた。また、 $a^*$  値、 $C^*$  値とポリフェノール含量との間に、高い正の相関性 ( $r = 0.9080$ ,  $r = 0.9397$ ) ( $p < 0.01$ ) が認められた (Fig. 3,

Table 3 各種皮色の L\* a\* b\* 値の比較

番号	試料名	種皮色	明度(L*)	赤味度(a*)	黄味度(b*)	彩度(C*)
1	クリ豆	黒色系	30.36 ± 0.93	1.32 ± 0.57	0.22 ± 0.16	1.35 ± 0.58
2	黒金時	黒色系	32.34 ± 0.48	-0.17 ± 0.10	-0.01 ± 0.08	0.20 ± 0.08
3	黒アズキ	黒色系	34.96 ± 0.59	1.96 ± 0.30	1.26 ± 0.34	2.37 ± 0.35
4	ブラックペルン	黒色系	32.62 ± 0.65	-0.40 ± 0.08	-0.28 ± 0.10	0.49 ± 0.09
5	ヘアリーベッチ	黒色系	35.71 ± 0.26	0.88 ± 0.14	2.06 ± 0.34	2.25 ± 0.31
6	ナタネ	黒色系	34.74 ± 0.74	0.59 ± 0.14	1.71 ± 0.16	1.81 ± 0.16
7	黒ゴマ	黒色系	32.70 ± 0.54	-0.09 ± 0.08	0.43 ± 0.16	0.44 ± 0.16
8	大正金時	赤色系	32.54 ± 1.20	7.99 ± 1.01	2.73 ± 0.42	8.45 ± 1.05
9	鶴金時豆	赤色系	32.16 ± 1.49	5.20 ± 0.79	0.72 ± 0.30	5.26 ± 0.81
10	アカネ大納言	赤色系	32.71 ± 0.67	4.39 ± 0.55	1.29 ± 0.31	4.58 ± 0.58
11	エリモ小豆	赤色系	35.77 ± 0.75	11.33 ± 0.80	6.07 ± 0.66	12.86 ± 0.98
12	小豆	赤色系	35.32 ± 0.72	10.04 ± 0.74	5.43 ± 0.60	11.42 ± 0.87
13	トヨミ大納言	赤色系	34.03 ± 0.72	9.98 ± 0.92	4.09 ± 0.50	10.75 ± 1.00
14	ササゲ	赤色系	33.88 ± 0.70	8.41 ± 1.08	3.35 ± 0.62	9.06 ± 1.18
15	レンゲ	茶色系	39.12 ± 0.77	4.66 ± 0.35	9.98 ± 1.24	11.02 ± 1.20
16	ヒエ	茶色系	62.14 ± 0.69	1.60 ± 0.22	17.63 ± 0.30	17.70 ± 0.30
17	蕎麦	茶色系	57.36 ± 1.78	1.78 ± 0.82	22.26 ± 0.93	22.34 ± 0.95
18	ダットンソバ	茶色系	44.13 ± 0.45	3.47 ± 0.18	9.98 ± 0.30	10.57 ± 0.30
19	エゴマ	茶色系	54.51 ± 0.60	0.53 ± 0.14	12.25 ± 0.26	12.26 ± 0.26
20	アカクローバ(メジウム)	黄色系	50.87 ± 1.20	5.97 ± 0.44	16.55 ± 1.32	17.61 ± 1.11
21	白小豆	黄色系	60.02 ± 1.67	3.49 ± 0.27	21.15 ± 0.78	21.44 ± 0.77
22	ユキシズカ	黄色系	60.23 ± 1.35	3.43 ± 0.31	21.73 ± 0.82	22.35 ± 1.82
23	ヒヨコ豆	黄色系	56.25 ± 2.36	3.13 ± 0.50	13.89 ± 1.40	14.25 ± 1.42
24	フェヌグリーク	黄色系	51.85 ± 0.96	7.20 ± 0.47	23.63 ± 0.55	24.71 ± 0.51
25	アワ	黄色系	67.79 ± 0.60	2.16 ± 0.22	28.13 ± 0.46	28.21 ± 0.46
26	手亡	白色系	65.57 ± 1.11	0.42 ± 0.22	12.52 ± 0.82	12.53 ± 0.81
27	白花豆	白色系	69.05 ± 4.85	-0.32 ± 0.63	15.67 ± 1.69	15.68 ± 1.69
28	福ウズラ	褐色、斑	36.11 ± 1.16	7.48 ± 0.76	6.74 ± 1.08	10.09 ± 1.18
29	モロッコ	褐色、斑	40.26 ± 2.55	7.94 ± 0.97	10.36 ± 1.40	13.06 ± 1.64
30	紫花豆	赤紫色、斑	32.67 ± 1.60	2.81 ± 1.27	2.47 ± 1.34	3.76 ± 1.80

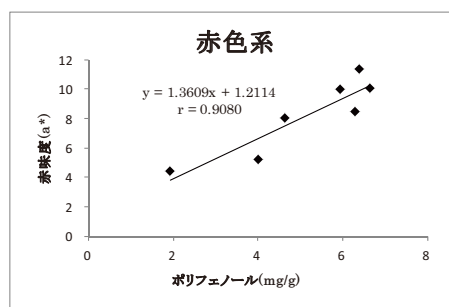


Fig.3 種皮色が赤色系の種子 (7種) に含まれるポリフェノール量と赤味度 (a\*値) との相関性

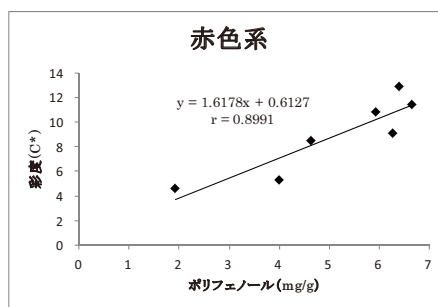


Fig.4 種皮色が赤色系の種子 (7種) に含まれるポリフェノール量と彩度 (C\*値) との相関性

Fig. 4)。

茶、黄色系ではL\*値とポリフェノール量との間のみ、負の相関 ( $r = -0.9001$ ) ( $p < 0.01$ ) が認められた (Fig. 5)。斑のない種子のL\*値、a\*値、b\*値、C\*値それぞれの相関性は、認められなかった。全般的に淡色系の種子に含まれるポリフェノール量はいずれも低かった。黒色系でのみ、L\*値、a\*値、b\*値、C\*値とポリフェノール量との間にそれぞれ相関性がないことが認められた。種皮が黒色のクリ豆に含まれるポリフェノールは1.6mg/g、黒金時は2.7mg/g、黒ゴマは3.8mg/gと高く、淡色の白花豆のポリフェノール0.5mg/g、白小豆は0.3mg/g、手亡は0.4mg/g、ヒヨコ豆は0.4mg/g、アワは

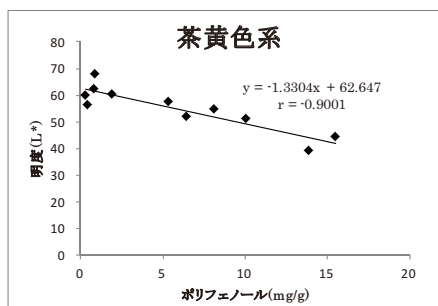


Fig.5 種皮色が茶、黄色系の種子 (11種) に含まれるポリフェノール量と明度 (L\*値) との相関性

0.9mg/g、ヒエは0.9mg/gと低かった。これらの結果は、Sushama et al. (2011) が大豆以外の豆類で報告した結果と一致した。また、種皮色のポリフェノール量とL\*、a\*、b\*、C\*値との間にはある一定の関係のあることを明らかにした。すなわち、検討した種子の中で、ポリフェ

ノール量と種皮色との関係は、赤色系でのみL\*値、a\*値、b\*値、C\*値とポリフェノール量との間に高い正の相関性を認め、茶色及び黄色系種子ではL\*値とポリフェノール量との間に負の相関のあること。また、淡色の種子ではL\*値とポリフェノール量との間に負の相関のあることが認められた。今回の結果より、淡色の豆類は低い抗酸化活性、濃色の豆類は高い抗酸化活性を示すと言えるので、種皮色の濃淡が機能性の高い豆類を選ぶ時の指標になると推定した。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、実験材料を提供していた秋本正博先生に深く感謝いたします。

## 参考文献

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* 28, 25-30.

Bravo L. 1998. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. *Nutrition Reviews* 56:317-333

Chen et al, H.Chen, Y.Zuo, Y.Deng. 2001. Separation and determination of flavonoids and other phenolic compounds in cranberry juice by high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* 913:387-395

Dueñas, M., Hernández, T., & Estrella, I. 2002. Phenolic composition of the cotyledon and the seed coat of lentils (*Lens culinaris Medik.*). *European Food Research and Technology* 215:478-483

Kanner, J., Frankel, E., Granit, R., German, B. and Kinsella, J.E. 1994. Natural antioxidants in grapes and wines. *Journal of Agriculture and*

*Food Chemistry* 42:64-69

Kaur, C., Kapoor, H.C. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology* 36(7):703-725

Kumar Vineet, Rani Anita, Dixit Amit Kumar, Pratap Devendra, Bhatnagar Deepak. 2010. A comparative assessment of total phenolic content, ferric reducing anti-oxidative power, free radical-scavenging activity, vitamin C and isoflavones content in soybean with varying seed coat color. *Food Research International* 43:323-328

宮下淳一, 西繁典, 斉藤優介, 弘中和憲, 小嶋道之. 2007. 北海道で栽培されたブルーベリー果実に含まれるアントシアニン含量の年次変動. 帯広畜産大学学術研究報告 28:35-40

Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition* 44:307-315

Rice-Evans, C.A., Miller, N.J., Paganga, G., 1996. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine* 20(7):933-956

Shahidi, F., Naczk, M., 2004. Phenolics in food and nutraceuticals. CRC Press, Washington, USA

Siddhuraju, P. 2006. The antioxidant activity and free radical - scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal) seed extracts. *Food Chemistry* 99:149-157

Sushama A. Marathe, V. Rajalakshmi, Sahayog N. Jamdar, Arun Sharma. 2011. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food and Chemical Toxicology* 49:2005-2012

Takahata, Y. Ohnishi-Kameyama, M., Furuta, S., Takahashi, M. and Suda, I. 2001. Highly polymerized

procyanidins in brown soybean seed coat with a high radical-scavenging activity. Journal of Agriculture and Food Chemistry 49:5843-5847

高杉美佳, 喜多川知子, 加藤雅子, 前田典子, 永田紀子, 丹羽絢子, 島田和子. 2008. 各種市販茶のロイコトリエン  $B_4$  放出抑制作用とラジカル消去活性およびポリフェノール含量と関係. 日本食品科学工学会誌 55(3):87-94

Troszynska, A., Estrella, I., Lopez-Amores, M. L., Hernandez, T. 2002. Antioxidant activity of pea (*Pisum sativum* L.) seed coat acetone extract. LWT Food Science and Technology 35:158-164

Wang, C.-K. and Lee, W.-H. 1996. Separation, characteristics and biological activities of phenolics in areca fruit. Journal of Agriculture and Food Chemistry 44:2014-2019

**Keywords:** seeds, polyphenol, DPPH radical scavenging, reducing power, coat color

## Abstract

Thirty kinds of seeds, we concerning the correlation of polyphenol content and DPPH radical scavenging, reducing power, weight of hundred seeds, coat color. We found positive correlation between polyphenol content and DPPH radical scavenging, reducing power in 30 kinds of seeds, respectively. In the present investigation, there are positive correlation with  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  and polyphenol content in seeds of red coat color. And we found negative correlation between  $L^*$  and polyphenol content in seeds of brown, yellow coat color. Chinese milk vetch, Cowgrass, Tartary Buckwheat, Rapeseed are higher polyphenol content and lower weight of hundred seeds. Common bean (Tebou), Common bean (Kuro kintoki), Adzuki bean (Shiro shouzu), Adzuki bean (Akanedainagon), Soy bean (Yukishizuka nattou), Hairy vetch, Foxtail millet, Japanese barnyard millet, Silverhull buckwheat and Sesame (Black Sesame) are lower polyphenol content and weight of hundred seeds.