

エゴマ種子の食物繊維と活性酸素消去能に関する検討*

及川 和志**、高橋 一男***、遠山 良**

前報¹⁾に引き続き、岩手県内を中心に収集したエゴマの種子について食物繊維を中心とする定量分析を行い、また、種子油加工の際に副生する搾油残渣についても成分の分析を行って、加工利用の基礎となる成分的特性を把握した。さらに、種子に含まれる機能性成分の活用についても開発を進めるため、種子に含まれるポリフェノール成分と活性酸素消去能との関係について調査を行い、種子および種子成分が活性酸素消去能を有することを明らかにした。

キーワード：エゴマ、搾油残渣、食物繊維、ポリフェノール、活性酸素消去能

The Dietary Fiber and Superoxide-radical Scavenging Acitivity of Perilla Seeds

OIKAWA Kazushi, TAKAHASHI Kazuo, TOYAMA Ryo

The perilla seeds and pressed seed meals were collected. And they were analyzed of ash, dietary fiber and other nutrient, quantitatively. In addition, the poly-phenols and extract of the perilla seeds were measured of Superoxide-radical scavenging activity (SOSA) .

Key words: Perilla seed, Pressed seed meal, Dietary fiber, Poly-phenol, SOSA

1 緒 言

岩手県内の中山間に位置する小規模山村では、雑穀同様、現在でもエゴマ (*Perilla frutescens* Britton var. *Japonica* Hara) を栽培する伝統が残されており、郷土食には欠かせない地域農産物の一つとして認識される。

また、近年では、「地あぶら」と称される種子油の原料としても栽培が拡がりつつあり、その種子に含まれる脂肪酸の栄養や機能性^{2, 3)}を背景に、生活習慣病の予防に期待が持てる健康的な食材としても認知が進む。

これまでに、岩手県工業技術センターでは、エゴマ

の栽培・加工による中山間振興および地域食産業への波及可能性に着目し、県内のエゴマ生産者や搾油企業らの協力の下、エゴマに関する調査研究や加工法、用途の開発に取り組んできた^{1, 4~6)}。

本研究では、前報¹⁾に引き続き、新たな加工用途やより効率的な製造プロセスの確立に向けた研究開発の一環として、県内を中心に収集したエゴマ種子の食物繊維の定量を進めた。また、種子油の製造で副生している残渣の成分も定量し、さらに、エゴマ種子の抗酸化性（活性酸素の消去能）の一端についても検討を加えたので報告する。

2 方 法

2-1 成分の分析

2-1-1 試料

試料としたエゴマ種子は、前報¹⁾と同一であり、真空包装の上、4℃の冷蔵下で保存したものをを用いた。

加えて、エゴマ種子油の製造（圧搾法による小規模な食用種子油製造）過程で副生する搾油残渣の利用価値を把握するため、製造者である有限会社アルバ（岩手県北上市）および軽米エゴマの会（岩手県軽米町）より提供された搾油残渣についても成分を分析した。



写真1 収集したエゴマ種子

* H20年度 基盤的先導的研究開発事業

** 食品醸造技術部

*** 有限会社アルバ 代表取締役

2-1-2 水分

水分 (%) は、粉碎した試料を 75°C、3hr の条件で減圧乾燥を行い、試料重量の減少量から求めた。

2-1-3 蛋白質

粗蛋白質 (%) は、粉碎した試料を濃硫酸で湿式分解の後、パルナス式蒸留装置を用いたセミマイクロケルダール法により試料の窒素含有率 (%) を測定し、エゴマの窒素-蛋白質換算係数「5.30」を乗じて求めた。

2-1-4 脂質

粗脂肪 (%) は、試料を円筒濾紙に入れて減圧乾燥の後、ジエチルエーテルを用いたソックスレー法により脂肪分を抽出し、抽出に供した試料の重量と抽出された脂肪の重量から求めた。

2-1-5 灰分

灰分 (%) は、試料の約 5g をアルミナ製磁性ルツボに採取、ホットプレート上で予備灰化の後、550°C、8hr の条件で灰化を行い、灰化に供した試料の重量とルツボに残留した灰化物の重量から求めた。

2-1-6 炭水化物

種子の炭水化物 (%) は、前報¹⁾ で報告済みである水分、粗蛋白質、粗脂肪の含有率 (%) および本報告で新たに求めた灰分の含有率 (%) を基にして、差し引き法によって算出した。

同様に、搾油残渣の炭水化物 (%) は、本研究で分析を行った水分、粗蛋白質、粗脂肪および灰分の含有率 (%) を基に、差し引き法によって算出した。

2-1-7 食物繊維

試料に含有される食物繊維 (%) は、酵素-プロフスキー変法に基づく定量キット (食物繊維測定キット、和光純薬工業(株)) を用い、添付マニュアルに従って分析操作を行って求めた。

この際、試料であるエゴマ種子および搾油残渣には相当量の油分が含まれており、酵素による可消化性糖質の分解除去を阻害する恐れがあったため、前処理としてヘキサンによる脱脂を行った上で試料とした。

なお、エゴマ種子については、水溶性食物繊維と不溶性食物繊維を分別定量せず、両者を区別しない総食物繊維として定量を進めたが、他方、搾油残渣については、水溶性食物繊維と不溶性食物繊維をそれぞれ分別して定量を進め、その合計を総食物繊維とした。

2-1-8 可消化性糖質

種子に含有される可消化性糖質 (%) は、炭水化物の含有率 (%) から、総食物繊維の含有率 (%) を除いた差分として算出した。

2-1-9 ミネラルおよび微量元素

搾油残渣が含有するミネラル (Na, K, Ca, Mg, P) と微量元素 (Fe, Zn, Cu) の定量を原子吸光度およびバナドモリブデン酸吸光度法 (P のみ) で行った。

測定条件は、(財)日本食品分析センター編・日本食品標準成分表分析マニュアルの解説⁷⁾ に準じ、装置は、原子吸光度計 (AA-6300、島津製作所 (株)) および分光光度計 (U-3000、日立製作所 (株)) を用いた。

なお、前処理として、測定対象の元素が Na, K においては 1% HCL による希酸抽出法を、その他ミネラルおよび微量元素においては乾式灰化法を適用し、それぞれを 1% HCL で 250ml に定容して測定用の原液とした。

2-2 色彩値

種子の色調を数値化するため、種子表面 (種皮) の色彩値を分光式色彩色差計 (SD-5000 型、日本電色工業 (株)) を用いて測定した。測定は、3 cm 径のガラス製円形セルに種子を満たした後、正反射光およびハンター L*a*b* 表色系による測定を計 3 回行って、その平均値を色彩値として採用した。

2-3 エゴマ種子および成分の活性酸素消去能

エゴマ種子の持つ新たな機能性を明らかにするため、種子からのエタノール抽出液および種子が含有しているポリフェノール成分を対象に、スーパーオキシドラジカル ($O_2^{\cdot-}$) に対する消去能 (SOSA) を測定した。

前処理として、予めヘキサンで脱脂処理した種子を約 20 倍量の 80% エタノールに浸漬し、ホモジナイズの後に 80°C で 1hr の加熱抽出を行い、3500rpm、15min の遠心分離で得られた上清を定容し、蒸留水で 8 倍希釈して SOSA 測定用の種子エタノール抽出液とした。

一方、種子には抗酸化活性が期待されるポリフェノール成分としてロズマリン酸、ルテオリン、アピゲニンなどが含まれており、前報¹⁾ ではこれら成分の定量結果を報告している。そこで、ポリフェノール成分自体の SOSA 活性も評価、比較するため、定量分析用の各種ポリフェノール系試薬 (没食子酸、クロロゲン酸、(+)-カテキン、和光純薬工業 (株)) (ルテオリン、アピゲニン、(株) 関東化学)) (ロズマリン酸、ルテオリン-7-O-グルコシド、アピゲニン-7-O-グルコシド、キロソエリオール、フナコシ (株)) をエタノールに溶解し (一部、溶解に DMSO を使用)、蒸留水で希釈して SOSA 測定用の試薬溶液を調製した。

種子エタノール抽出液および試薬溶液の SOSA は、キサンチン/ヒポキサンチンオキシダーゼをスーパーオキシドの生成系とする SOD Assay Kit-WST ((株) 同仁化学研究所) を用いて評価した。すなわち、試料溶液のエタノール濃度は 20% で一定とし、5 倍ずつの段階希釈を行って測定に供し、スーパーオキシドの消去率 50% に相当する試料濃度 (IC_{50}) を求めた。同様に、

エゴマ種子の食物繊維と活性酸素消去能に関する検討

活性が既知のスーパーオキシド消去酵素 (SOD, from Bovine Erythrocyte, 和光純薬工業 (株)) 溶液を用いて、測定系のIC₅₀におけるSOD活性 (U/ml) を求めた。これらにより、種子 1gあたりのSOD様活性 (U/g) および試薬 1mgあたりのSOD様活性 (U/mg) を算出した。

3 結果

3-1 エゴマ種子の成分 (灰分と炭水化物)

収集したエゴマ種子の一般成分と食物繊維の定量結果および種子表面の色彩分析結果を表1に示す。

一般成分の内、水分、粗蛋白質、粗脂肪の含有率は

前報¹⁾で既に示しているため、新たに検討を加えた灰分と炭水化物 (差し引きによる計算値) の結果のみを示すが、炭水化物の含有率を算出したところ、種子の炭水化物は平均して 27.4%であった。しかし、その内訳は7割が食物繊維 (総食物繊維として) であり、澱粉質など可消化性の糖質は、一部の種子を除いて、種子全体の10%にも満たない低い含有率であった。

炭水化物の大半を占める食物繊維は、セルロース系の不溶性繊維が主体であると推定されるが、エゴマ種子を種子油以外の用途に活用する場合、種子の食物繊維や可消化性糖質の含有量は製造歩留りの改善や品質

表1. 収集したエゴマ種子の灰分、炭水化物および色彩分析値

種子の収集履歴			一般成分 (%)		炭水化物詳細 (%)		色彩分析値		
収集 No.	種子色調	栽培地もしくは販売地 / 種子由来 (系統) / 栽培年度	灰分	炭水化物	総食物繊維	可消化性糖質	L*	a*	b*
1	黒	[種子] / 岩手・二戸系統	2.5	30.7	18.3	12.3	40.93	4.24	17.24
2	黒	[種子] / 福島・田村系統	1.9	25.0	18.0	7.0	39.13	3.57	16.36
3	黒	[種子] / 岐阜・白川系統	2.0	27.1	17.7	9.3	36.46	5.08	16.28
4	黒	東和町/在来 a	1.7	26.2	18.4	7.8	42.06	2.81	16.60
5	黒	東和町/在来 b	2.0	26.7	19.0	7.7	43.02	3.05	16.96
6	黒	大迫町/在来	1.9	28.2	20.2	8.0	40.55	3.55	17.40
7	黒	西和賀町/a	2.1	30.4	22.1	8.3	44.31	2.65	16.71
8	黒	西和賀町/b	1.8	24.4	16.8	7.6	41.47	3.22	17.58
9	黒	遠野市/在来	2.0	26.6	18.0	8.6	41.88	4.64	18.87
10	黒	岩手町/在来	2.1	27.1	18.6	8.4	40.58	3.73	16.54
11	黒	葛巻町/在来	2.2	30.0	19.6	10.3	41.22	3.23	16.75
12	黒	衣川村/田村種	1.7	25.3	17.4	7.9	39.00	3.50	17.03
13	黒	北上市/田村種/2005年	2.6	28.0	20.5	7.4	40.44	3.52	17.06
14	黒	" /2006年	1.8	25.5	19.4	6.1	38.66	6.42	18.92
15	黒	大東町/田村種/2004年	1.9	28.7	18.5	10.2	35.01	5.27	17.47
16	黒	" /2005年	1.9	25.1	17.2	7.9	38.91	3.02	15.41
17	黒	" /2006年	1.7	25.3	16.7	8.5	40.10	3.49	17.15
18	白	[種子] / 福島・田村系統	2.0	27.4	24.3	3.0	62.31	0.51	16.80
19	白	東和町/在来	2.3	27.7	19.8	7.9	59.23	0.88	18.03
20	白	花巻市/履歴不明	1.9	27.8	19.7	8.2	62.68	0.52	17.38
21	白	北上市/田村種	1.8	29.4	22.2	7.2	60.38	0.57	15.43
22	白	西和賀町/在来	2.1	28.8	22.9	5.9	59.56	0.95	17.50
23	白	北上市/西和賀在来/2006年	1.9	27.8	22.4	5.5	60.67	0.84	18.75
24	白	" /2007年	2.0	28.8	22.2	6.6	59.96	0.96	16.82
黒種 (n=17) 平均值			2.0	27.1	18.6	8.5	40.22	3.82	17.08
±SD			0.3	2.0	1.4	1.4	2.3	1.0	0.9
白種 (n=7) 平均值			2.0	28.2	21.9	6.3	60.68	0.75	17.24
±SD			0.2	0.7	1.7	1.8	1.3	0.2	1.1
全体 (n=24) 平均值			2.0	27.4	19.6	7.8	46.19	2.93	17.13
±SD			0.2	1.8	2.1	1.8	9.7	1.7	0.9

改良の鍵になると考えられるため、より高付加価値な製品や食品素材を開発する上での重要な知見が得られた。

また、種皮色の違いで成分を比較すると、黒種に対して白種の炭水化物が多いとの傾向を認めるが、炭水化物は食物繊維が主体であるとの分析結果(表1)、また、白種は種子径が大きい傾向にあるという前報¹⁾の知見を併せると、種子に占める種皮の割合が炭水化物(食物繊維)の含有率に影響していると推測される。この点については引き続き検討を加え、詳細を把握したい。

一方、種皮の色調と含有成分あるいは加工適性との関係についても興味を持たれるところであるが、これまでは、種皮の色調については目視で判断を行うのみであり、区分して扱うための明確な根拠を持ち合わせていなかった。

本研究で取得したエゴマ種子の色彩値は、黒種と白種とに明確な差異が認められたため、種子やその加工残渣を対象とする新用途の開発時など、種皮色による差異を判断する際の基準的な知見としての活用が期待される。

3-2 エゴマ搾油残渣の成分

続いて、実際の種子油(圧搾法によるエゴマ種子油)の製造に用いられた種子の一般成分を表2に、その際、副生した搾油残渣の一般成分と炭水化物の詳細を表3に、また、搾油残渣のミネラルおよび微量元素を表4に示す。

本研究の共同研究者である(有)アルバは、岩手県内でエゴマ種子油の製造販売に取り組む小規模搾油業者であるが、表2に示した種子(No.1~3)は2008年に県内の農家に(有)アルバが栽培を委託し、実際に種子油の製造に用いたものである。種子の収穫時期や系統が異なるため、脂質の含有率にはバラつきが認められるものの、圧搾法による搾油を充分に行える程度の脂質(粗脂肪)が含まれていた。(圧搾製法では、原料に少なくとも30%の油分が含まれないと、歩留り悪く、事業が成立しない。)

一方、その製造過程で副生する搾油残渣の成分(表3)は、圧搾抽出されたことで脂質が半減しているのに対し、蛋白質などの他成分は種子の1.5倍程度にまで高濃縮されており、現状、食品の製造廃棄物として処理されている残渣には、さらに他の食品用途への活用が期待できる

表2 種子油の製造に用いたエゴマ種子の成分

原料種子の履歴			一般成分 (%)				
種子 No.	種子色	種子油製造者	水分	蛋白質	脂質	灰分	炭水化物
1	白	(有)アルバ	8.9	22.9	41.7	3.4	23.1
2	白	〃	5.5	20.8	46.6	4.6	22.4
3	黒	〃	7.6	20.2	50.0	3.7	18.6
4	白	軽米エゴマの会	-	-	-	-	-
全体 (n=3)		平均値	7.3	21.3	46.1	3.9	21.4
		±SD	1.7	1.4	4.2	0.6	2.4

表3 種子油の製造で副生した搾油残渣の成分

搾油残渣の履歴			一般成分 (%)					炭水化物の詳細 (%)			
残渣 No.	種子色	種子油製造者	水分	蛋白質	脂質	灰分	炭水化物	総食物繊維	不溶性繊維		可消化性糖質
									不溶性繊維	水溶性繊維	
1	白	(有)アルバ	9.6	31.4	18.4	4.8	35.8	30.5	28.8	1.7	5.4
2	白	〃	9.3	30.5	21.6	5.1	33.6	26.9	25.6	1.3	6.7
3	黒	〃	6.2	31.3	18.5	5.7	38.3	28.4	27.1	1.4	9.8
4	白	軽米エゴマの会	3.2	28.9	29.6	3.2	35.0	25.5	23.9	1.6	9.5
全体 (n=4)		平均値	7.1	30.5	22.0	4.7	35.7	27.8	26.3	1.5	7.9
		±SD	3.0	1.2	5.3	1.1	2.0	2.1	2.1	0.2	2.2

注) 搾油残渣のNo. は表2の種子No.に対応している

表4 搾油残渣に含まれるミネラルおよび微量元素

搾油残渣の履歴			ミネラル (mg/100g)					微量元素 (mg/100g)		
残渣 No.	種子色	種子油製造者	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Zn	Cu
1	白	(有)アルバ	2.82	766.0	483.8	357.4	898.6	8.8	5.3	2.5
2	白	〃	1.37	820.2	507.3	401.0	893.8	7.7	6.7	2.6
3	黒	〃	1.70	932.3	596.3	422.4	992.9	9.7	7.6	2.7
4	白	軽米エゴマの会	-	-	-	-	-	-	-	-
全体 (n=3)										
平均値			2.0	839.5	529.1	393.6	928.5	8.8	6.5	2.6
±SD			0.8	84.8	59.4	33.1	55.9	1.0	1.2	0.1

成分的特徴を認める。ただし、圧搾製法による搾油残渣に残っている脂質は、種子油と同様、酸化変敗を引き起し易い多価不飽和脂肪酸 (α -リノレン酸) を構成脂肪酸とする中性脂肪やリン脂質が主であり、搾油残渣の新用途や加工技術の開発を進める際には、食品もしくは食品素材としての安全性と品質を十分に保つ酸化劣化防止技術を併せて確立する必要がある。

なお、搾油残渣の成分分析では、(有)アルバから提供された残渣に加え、岩手県軽米町周辺でエゴマの栽培と搾油加工に取り組んでいる生産者グループ(軽米エゴマの会)から提供された残渣についても分析対象として取りまとめたが、概ね(有)アルバの搾油残渣と同等の成分含有率を示している。したがって、本知見は全国各地で同様の取り組みを進める多くのエゴマ生産者に対しても有益な、共通性のある情報として活用されることを期待する。

さらに、搾油残渣については炭水化物の詳細を把握するために食物繊維を分別定量しているが、その結果、炭水化物の大半は不溶性の食物繊維で占められており、水溶性の食物繊維や可消化性の糖質は非常に少なかった。圧搾法による搾油加工の過程で水溶性の繊維質や澱粉などの可消化性糖質が大幅に取り除かれるとは考え難いため、表1に示した種子の総食物繊維についても、その大部分が不溶性の食物繊維で占められていると推定される。

このほか、種子および搾油残渣には2~4%程度の灰分が含まれており、その栄養学的な価値についても興味を持たれるため、特に、搾油残渣についてミネラルおよび微量元素の定量を行ったところ、CaとMgが529.1mg/100gおよび393.6mg/100g(いずれも、(有)アルバより提供された3試料の平均)と豊富に含まれていた。また、その構成比も1.3:1(Ca:Mg)とバランスが良く、Caと共に、生体内での代謝調節に不可欠とされるMg⁸⁾の量的にも質的にも優れた供給源として活用が可能であるとの知見を見出すことができた。

CaやMgの他にも、搾油残渣には食事からの持続的な摂

取が必要とされるKやFe、Zn、Cuなど⁹⁾が適度に含まれている。既に栄養学的な有用性が注目されている脂肪酸やポリフェノール、食物繊維といった成分に加え、ミネラルと微量元素についても着目することは食品素材としての用途拡大や付加価値形成の一助になると考える。

3-3 エゴマ種子および成分の活性酸素消去能

近年、健康的な素材としての認知が進むエゴマであるが、加工利用の対象となる成分は主として種子油であり、その他の成分の有用性や加工法についての新たな研究開発はほとんど行われていないのが現状である。

一方、地方の中山間地域を中心に取り組まれているエゴマからの種子油製造では、設備環境面の制約等から効率性に劣るバッチ式プレス搾油を製法として採用する例がほとんどであるため、栽培から種子油加工までの一連のプロセスで得られる収益は必ずしも多いとは言えない。

このため、必要に応じて、種子や搾油残渣を効率良く付加価値性に優れた健康食品素材に転換できるなど、新たな加工プロセスの構築が求められており、その基礎となる知見の蓄積が重要になっている。

そこで、種子に含まれる各種ポリフェノール成分に着目し、それらの機能性の一つとして活性酸素(O₂⁻)に対する消去能(SOSA)を評価するとともに、種子自体の活性酸素消去能についても併せて評価を行い、エゴマ種子の新たな機能性開発について、その可能性を検討した。

図1に、エゴマや紫蘇に含まれるポリフェノール成分や一般に抗酸化性を示すと期待される天然化合物系試薬について、SOSAを評価した結果を示す。

また、表5に、図1に示したポリフェノール試薬のSOD様活性(U/mg)および前報¹⁾で示した種子中のポリフェノール成分の含有量から、種子1gあたりのSOD様活性(U/g種子)を算出した結果を、また、収集したエゴマの種子からエタノールを用いて成分を抽出し、これにより実際に種子のSOD様活性(U/g種子)を測定した結果を示す。

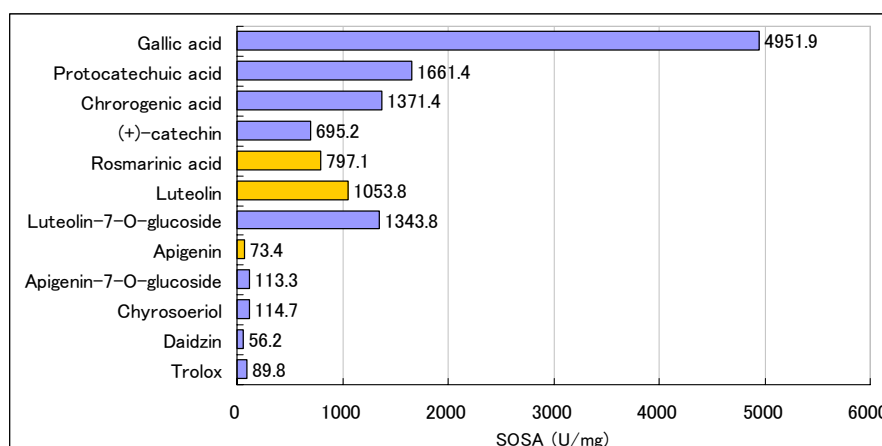


図1 抗酸化性が期待される各種試薬の活性酸素消去能 (SOSA)

表5 収集したエゴマ種子の活性酸素消去能 (SOSA)

種子の収集履歴			SOD 様活性 (U/g 種子)	
収集 No.	種子色調	栽培地もしくは販売地 / 種子由来 (系統) / 栽培年度	ポリフェノール成分量 ¹⁾ からの計算値	エタノール抽出による種子の実測値
1	黒	[種子] / 岩手・二戸系統	3509.9	1538.8
2	黒	[種子] / 福島・田村系統	3365.6	1450.1
3	黒	[種子] / 岐阜・白川系統	2597.9	1444.4
4	黒	東和町/在来 a	3117.0	1414.6
5	黒	東和町/在来 b	3323.2	1393.4
6	黒	大迫町/在来	3007.9	1082.1
7	黒	西和賀町/a	3174.3	1609.2
8	黒	西和賀町/b	2909.9	1351.7
9	黒	遠野市/在来	3042.6	1640.6
10	黒	岩手町/在来	2834.9	1417.8
11	黒	葛巻町/在来	2752.5	1361.4
12	黒	衣川村/田村種	3041.4	1472.8
13	黒	北上市/田村種/2005年	2667.4	1172.9
14	黒	"/2006年	2383.5	1373.0
15	黒	大東町/田村種/2004年	2032.5	760.8
16	黒	"/2005年	3338.3	1513.8
17	黒	"/2006年	3536.0	1558.0
18	白	[種子] / 福島・田村系統	2987.9	1386.2
19	白	東和町/在来	2721.0	1082.3
20	白	花巻市/履歴不明	2982.8	1489.2
21	白	北上市/田村種	3393.5	1590.3
22	白	西和賀町/在来	2432.7	869.9
23	白	北上市/西和賀在来/2006年	3214.0	1614.6
24	白	"/2007年	2412.4	1211.3
黒種 (n=17) 平均值			2978.5	1385.6
±SD			405.0	213.8
白種 (n=7) 平均值			2877.7	1320.6
±SD			374.5	278.0
全体 (n=24) 平均值			2949.1	1366.6
±SD			391.0	229.9

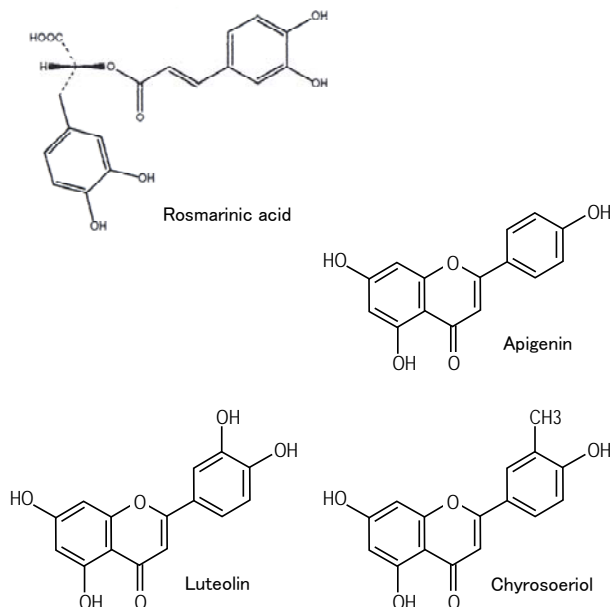


図2 種子に含まれるポリフェノール成分

図1に示したように、スーパーオキシド ($O_2^{\cdot-}$) に対する消去能 (SOSA) は没食子酸 (Gallic acid) やクロロゲン酸 (Chrorogenic acid) が高く、対して、 α -トコフェロールの水溶性変換体であるトロロックス (Trolox) や、大豆に含まれるイソフラボンアグリコンの一種であるダイジン (Daidzin) の消去能はそれほど高くはなかった。

一方、エゴマ種子に含まれているロズマリン酸 (Rosmarinic acid) やルテオリン (Leuteolin) は、カテキン ((+)-Catechin) やクロロゲン酸と同等レベルの消去能を示し、エゴマ種子における SOSA の主体としての位置付けが期待できる高い活性 (800~1000U/mg) を示す。

しかし、同じく種子に含まれるアピゲニン (Apigenin) とキロソエリオール (Chrysoeriol) については消去能が低く、種子中の含有量も少ないことから、種子の活性酸素消去能への寄与度は小さいと考えられる。

なお、ルテオリンとアピゲニン、キロソエリオールは共通の骨格を有するフラボノイドであり、C環3'位における水酸基の有無もしくはメチル化のみが構造上の差異 (図2) であるため、このC環3'位における水酸基の有無が SOSA の活性値に影響していると推測される。

以上の結果より、エゴマ種子に含まれる主要なポリフェノール成分 (ロズマリン酸、ルテオリン、アピゲニン) の SOSA (SOD様活性 (U/mg)) を明らかにできたため、続いて、前報¹⁾で示したポリフェノール成分の含有量 (mg/g 種子) から種子の SOSA を算出すると共に、実際に種子のエタノール抽出液についても SOSA を測定して比較した。

その結果を表5に示すが、種子に含まれるポリフェノール成分の含有量から算出した種子の SOSA (SOD様活性 (U/g 種子)) は、24 試料の平均で 2949.1 であり、黒種

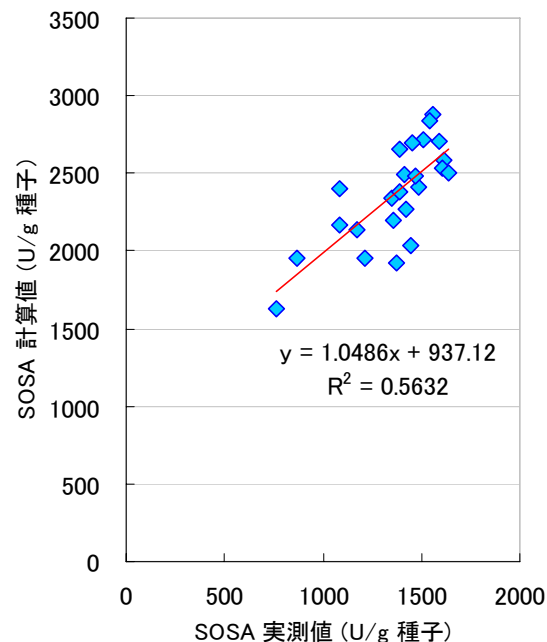


図3 エゴマ種子の SOSA 計算値と実測値の相関性

と白種の比較では、黒種が若干高い傾向を示した。

一方、実際に種子の SOSA を測定した結果では、24 試料の平均が 1366.6 であり、白種よりも黒種の活性値が若干高いとの傾向も同様であったが、いずれも、成分含有量から算出された SOSA に対して 1/2 程度の活性値となった。図3には、種子の SOSA 計算値と実測値の相関を示したが、両者には一定の相関性があるものの、SOSA の実測値は計算値に対して約 1000 (U/g 種子) ほど低く、この点に関する解釈を必要としている。

理由としては、①前報¹⁾でのポリフェノール成分の定量では最適な抽出条件として 80%メタノールを抽出溶媒として用いていたが、本研究の SOSA 測定に用いたキットでは使用できる溶媒がエタノールであったため、種子からのエキス抽出をエタノールで行ったこと、また、②種子に含まれる油分がエタノールによる抽出を妨げる可能性が高いため、前処理としてヘキサンによる脱脂処理を行ったこと、の2点により、エタノール抽出では種子のポリフェノール成分を十分に抽出しきれていない、あるいは、脱脂処理により抽出前の種子からポリフェノール成分が損なわれた、などが可能性として考えられるが、これらの問題点については改めて検証を加えたい。

このように、成分含有量を基に算出された SOSA 計算値と実際に抽出を行って測定した SOSA 実測値には開きがあったものの、計算値を実測値が下回っている点を考慮すると、種子に含まれているポリフェノール成分が発揮しうる最大限の SOSA が計算値で示され、他方、実際の測定条件における成分抽出効率や阻害成分の影響等が含まれた最小の SOSA が実測値で示されていると解釈できる。

エゴマ種子の SOSA として示された活性値 1300~3000

(U/g種子)は、SOSAに関する参考文献¹⁰⁾(抽出等の条件が異なるため一概には比較できない点に注意)を引用すると、野菜類ではナスやゴボウ、あるいは、ローズマリーなどの各種ハーブ類と同等であり、農産物としては十分に高いレベルである。

したがって、今回取得されたSOSAに関する成果は、抗酸化性を有する農産物の一つとしてエゴマ種子を再認識させ、その用途開発では、抗酸化機能の活用によっても有用性を確立できるとの方向性を支持するものであった。

4 結 言

4-1 成 果 要 約

本研究では、前報¹⁾に引き続き、岩手県内を中心に収集したエゴマ種子の計24試料について、灰分および食物繊維の定量を行った。その結果、エゴマ種子の炭水化物は食物繊維が大半を占め、可消化性の糖質は種子に対して10%以下と少ないことが明らかになった。

また、エゴマ種子油の製造で生じている搾油残渣についても、一般成分、食物繊維、ミネラル・微量元素の定量を行い、蛋白質などの有用成分が種子に対して1.5倍程度まで濃縮されているとの成分的特性を見出した。

この際、食物繊維を不溶性と水溶性に分けて定量を行ったが、水溶性の食物繊維は数%に過ぎなかったため、エゴマ種子に含まれる炭水化物は不溶性の繊維が主体であると考えられた。

さらに、種子の機能性として抗酸化性に着目し、種子に含有されるポリフェノール成分、また種子からのエタノール抽出液について活性酸素(O_2^-)の消去能(SOSA)を測定したところ、いずれも高い活性値を示し、エゴマ種子を抗酸化素材として活用できるとの期待が持たれた。

4-2 謝 辞

本研究の実施にあたっては、(有)アルバの高橋 代表には試料の提供他、多大なるご支援を頂きました。また、「軽米エゴマの会(軽米町)」、「花菜油の会(工房「地あぶら」)」、衣川エゴマの会、日本エゴマの会(福島県)ほか、エゴマの栽培や加工に取り組んでいる生産者や搾油企業、行政機関など、多方面より分析試料の提供やご相談、ご助言を頂きました。深く感謝致します。

文 献

- 1) 及川和志ら, 岩手県工業技術センター 研究報告, 15, 107-113 (2008)
- 2) 奥山治美ら, 脂質栄養学, 11, 17-24 (2002)
- 3) 浜田智仁ら, 脂質栄養学, 12, 7-34 (2003)
- 4) 及川和志, 日本食品科学工学会第 53 大会講演集, 2Ep15 (2006)
- 5) 及川和志, 日本食品科学工学会第 54 大会講演要旨集, 3Ja11 (2007)
- 6) 及川和志, 食品の試験と研究, 42, 105 (2007)
- 7) 日本食品分析センター 編, 分析実務者が書いた五訂 日本食品標準成分表分析マニュアルの解説, 中央法規出版
- 8) 木村美恵子, Clin Calcium, 12 (7), 1004-1009 (2002)
- 9) 鈴木継美ら, ミネラル・微量元素の栄養学, 第一出版
- 10) 柚木崎ら, 宮崎県食品開発センター 研究報告, 48, 91-98, (2003)