

(Memoirs of the Faculty of Education and Human Studies
Akita University (Natural Science)
76, 1 – 8 (2021))

秋田県に自生する山菜のポリフェノール含量と シロザの生理機能の解析

池本 敦, 藤本 恵子

Polyphenol contained in Edible Wild Plant in Akita Prefecture and Analysis of Physiological Function of White Goosefoot (*Chenopodium album*)

IKEMOTO Atsushi and FUJIMOTO Keiko

Division of Regional Studies, Faculty of Education and Human Studies, Akita University

Abstract

To estimate the physiological function of *Chenopodium album* (white goosefoot, “Shiroza”), polyphenol content and anti-oxidant activity were evaluated. *Chenopodium album* had higher amount of total polyphenol than the other edible wild plants in Akita prefecture and showed potent anti-oxidant activity compared with the other plants. Although the extract of *Chenopodium album* had a little anti-tumor activity against U937 cells, the water extract of *Chenopodium album* exhibited neuroprotective effects when Neuro-2a cells were treated with tunicamycin. It also suppressed adipocyte-differentiation of 3T3-L1 cells and decreased triglyceride accumulation. These results suggest that *Chenopodium album* has a potential for health food materials to prevent dementia and obesity-related diseases such as type II diabetes. The utilization of *Chenopodium album* as processed foods in healthy diet was also discussed.

Keywords : Edible wild plant, White goosefoot (*Chenopodium album*), Neuroprotective function, Adipocyte differentiation.

1. 諸言

秋田県には、多くの種類の野草や山菜が自生し、歴史的に食用や薬用として利用されてきた(1, 2)。一方で、食資源が豊かな現代では、野草や山菜はあまり利用されなくなっており、商品生産しやすい植物種が栽培化されて「野菜」となって食生活に利用されている(3)。

我々は秋田の食資源を有効活用することを目的に、現代の消費者ニーズに適応した付加価値の向上を目的として、様々な山菜の生理機能を調べてきた。その中で、秋田など北日本に生育する山菜のホンナ (*Parasenecio hastatus*) は美白機能や健康機能を有することを見出し、化粧品や健康食品の素材として活用することを目指している(4)。ホンナは秋田の方言であり、一般名はヨブスマソウ/イヌドウナと呼ばれる2種類の系統が存在する。キク科コウモリソウ属の多年草で、5, 6月頃伸びた若芽を食用とする。秋田の代表的な民謡「秋田おぼこ」の歌詞にホンナが登場するところから見て、ホンナは秋田を代表する山菜といえる(5)。

秋田県内で山菜がどの程度利用されているか、幅広い年代層に対して調査を行ったところ、全国的にもよく利用されるミズ、ゼンマイ、セリなどが最も多く食用とされた(6)。アイコ(ミヤマイラクサ)、ホンナ、シドケ(モミジガサ)は東北地方で食べられる山菜であり、これらの食経験は70%を超えていた。一方、シロザ (*Chenopodium album*) は現代では野草・雑草と認識され、食用として認識されていない割合は8割を超えていた(6)。このように、野草の中でも現代でも山菜として食用とされるものもあれば、雑草という評価になっているものまで様々である。

シロザはアカザ科の一年草であり、日本では、北海道から南西諸島まで分布し、畑地、荒地、河原、海岸、人家の付近や空き地に生息している。シロザの葉の下部は丸みがかった菱形から卵形で、上部の葉は細長い。また、若芽は両面とも粉がかかったような白い毛におおわれている。ハウレンソウに似た白く小さい花が咲くが、地味で目立たない。タネは、直径1~1.3 mmの扁平な楕円形で黒い。小さなタネは、約20万個でき、その寿命は

約30年である。しかも、一斉に発芽せず、土の中で休眠し、毎年少しずつ発芽する。シロザのタネは発芽に際し、温度の変化が必要とされる。

バングラディッシュでは、シロザはボトウアと呼ばれて栽培化されており、野菜として認識されて頻繁に食生活で使用されている。シロザはボルタやカレーなどの伝統的料理に利用されており、窒素を含む土壌であれば世界中に生息して食材や薬草として利用されている(7)。日本では、シロザは江戸時代には救荒植物として知られ、飢饉の際には利用されていたので、バングラディッシュでの事例を参考に、秋田でもその利用性をさらに検討していくことが有益である(5)。

本研究では、食用に利用される山菜と比較して、シロザがどのように位置付けられるのかを把握することを目的に、植物に含まれる主要な機能性成分であるポリフェノールの含量や抗酸化能を調べた。また、培養細胞を用いて、シロザの生理機能を解析したので報告する。

2. 実験材料及び研究方法

2-1 実験材料及び抽出物の作製

実験で用いた山菜は、秋田県内に自生していたものを採取し、販売されているものを入手して使用した。野草であるシロザは、秋田市内で自生していたものを採取し実験に使用した。

抽出物の作製は、山菜及びシロザ各20gから、3種類の抽出溶媒、①水、②70%エタノール(70%EtOH)、③メタノール(MeOH)を用いて抽出した。ハサミで裁断後、試料の4倍量の溶媒(80mL)を加え、セルマスターで粉碎した。3000rpmで5分間遠心分離した後、上清を濾紙過(東洋濾紙, No.2)で濾過した。

使用した溶媒がアルコール類の場合は減圧乾固、水の場合は凍結乾燥により、溶媒を留去した。抽出物の乾燥重量を測定した後、抽出溶媒で、0.1g/mLの濃度に調整し、-30℃で保存した。

2-2 ポリフェノール含量と抗酸化能の測定

総ポリフェノール含量の測定は、Folin-Denis法により行った(8)。抽出物を500μLとり、フォーリン試薬を500μL加えて攪拌し、3分間室温放置後、10%炭酸ナトリウムを500μL添加して、攪拌し、室温で60分間放置した。その後、分光光度計(日立)で700nmの吸光度を測定した。標準物質として、没食子酸(0~20μg/mL)を用い、総ポリフェノール含量を求めた。

抗酸化能は、2,2-ジフェニル-1-ピクリルヒドラジル(DPPH)を用いてラジカル補足活性の測定した(9)。100μM DPPHを1mLとり、20μLの抽出物を加えて

攪拌した。室温、暗所で30分間放置後、分光光度計で517nmの吸光度を測定した。標準物質として、Trolox(0~2mM)を用い、ラジカル補足活性を求めた。

2-3 抗ガン活性の測定

実験には、ヒト由来白血病細胞株U937を用いた。RPMI1640(日水製薬)を基礎培地として用い、10%(v/v)ウシ胎児血清、100u/mLペニシリンG及び100μg/mLストレプトマイシン硫酸塩を添加し、37℃・5%CO₂の条件の下で培養した。細胞の維持は、3日に1回の頻度で1/10希釈して継代した。

U937細胞の増殖に及ぼすシロザ抽出物の影響を測定する際は、5.0 x 10³の細胞数を90μLの培地に懸濁し96ウェルマイクロプレートに播種した。24時間培養後、抽出物を濃度を調整して添加した培地を10μL添加した。48時間培養後、10μLのCell Counting Kit-8(富士フイルム和光純薬)を添加して培養し、2時間後に450nmの吸光度を対照波長655nmでマイクロプレートリーダー(Bio-Rad)を用いて増殖した細胞を測定した。

2-4 神経細胞死抑制作用の測定

実験には、マウス由来神経芽細胞腫Neuro-2aを用いた。培養には、イーグルMEM培地(Sigma)にMEM非必須アミノ酸溶液(Sigma)を添加したものを基礎培地として用い、10%(v/v)ウシ胎児血清、100u/mLペニシリンG及び100μg/mLストレプトマイシン硫酸塩を添加し、37℃・5%CO₂の条件の下で培養した。細胞の維持は、3日に1回の頻度で1/10希釈して継代した。

細胞生存率を測定する際は、Neuro-2aを5.0 x 10³の細胞数で90μLの培地に懸濁し96ウェルマイクロプレートに播種した。24時間培養後、小胞体ストレスを引き起こし細胞死を誘導することが知られているツニカマイシン(TM)終濃度で2μg/mLと各種濃度に調製したシロザ抽出物を添加した培地を10μL添加した(10-12)。48時間培養後、10μLのCell Counting Kit-8(富士フイルム和光純薬)を添加して培養し、2時間後に450nmの吸光度を対照波長655nmでマイクロプレートリーダー(Bio-Rad)を用いて生存した細胞を測定した。

2-5 脂肪細胞分化の分析

実験には、マウス由来線維芽細胞株3T3-L1を用いた。通常の細胞維持のための培養にはDMEM(日水製薬)を基礎培地として用い、10%(v/v)仔ウシ血清、100u/mLペニシリンG及び100μg/mLストレプトマイシン硫酸塩を添加し、37℃・5%CO₂の条件の下で培養した。細胞の維持は、3日に1回の頻度で1/10希釈して継代した。

3T3-L1細胞を脂肪細胞に分化誘導する場合、仔ウシ血清を10% (v/v) ウシ胎児血清に変更し、10 μ M Troglitazone, 1 μ M Dexamethazone, 10 μ g/mL Insulin と100 μ g/mLのシロザ抽出物を添加し、2日間培養した。その後10 μ g/mL Insulin と100 μ g/mLのシロザ抽出物のみを添加した培地に交換し、6日間培養し、脂肪細胞に分化誘導した。この間、培地は3日に1回交換した。

細胞を回収後、MeOH-CHCl₃により、総脂質の抽出を行った(13)。その後、薄層クロマトグラフィー(TLC)により中性脂肪(トリアシルグリセロール)とリン脂質に分画した。TLCプレートはシリカゲル60G(メルク)を用い、展開溶媒は、80 mL石油エーテル+30 mLジエチルエーテル+1 mL酢酸とした。プリムリン試薬で検出した中性脂肪とリン脂質の分画を抽出した。

抽出した脂質の分画は、含有される脂肪酸をメチルエステル誘導体化し、ガスクロマトグラフィー(GC-14A, 島津)で定量分析した(14)。タンパク質定量は、ウシ血清アルブミンを標準タンパク質として、BCA protein assay reagent (Pierce)を用いて行った(15)。細胞に含有されるタンパク質当たりの脂肪酸量として、脂質を定量した。

3. 実験結果

3-1 秋田県に自生する山菜・野草のポリフェノール含量と抗酸化能

シロザ及び山菜の抽出物は成分の極性に応じて比較できるように、溶媒を極性の高い水、中間の70% EtOH、極性の低い脂溶性物質を溶解しやすいMeOHの3種類

を使用した。それぞれの抽出物について、Folin-Denis法を用いて、シロザ及びその他の山菜の抽出物の総ポリフェノール量を測定した(Fig. 1)。

シロザの総ポリフェノール含量は、生の素材1g当たりで水抽出物が1.23 mg/g, 70% EtOH抽出物が1.90 mg/g, MeOH抽出物が2.52 mg/gであり、MeOH抽出物の総ポリフェノール含量が最も高い値を示した。

各種山菜類の総ポリフェノール含量を比較した結果、水抽出物では他の山菜と比較して、シロザが最も高い含量であった。70% EtOH抽出物では、ホンナ2.15 mg/gと最も含量が高く、シロザはそれに次ぐ値であった。MeOH抽出物では、シロザが最も高い含量を示し、次いで含量の高かったホンナの0.95 mg/gよりも2.5倍以上高い値であった。以上のように、秋田など北日本に自生する山菜類と比較して、シロザのポリフェノール含量は総じて高い値を示すことが分かった(Fig. 1)。

DPPHラジカル補足活性を用いて、シロザ及び各種山菜の抗酸化能を比較した(Fig. 2)。抗酸化能は、生の素材1g当たりのTrolox換算量(μ mol)として求めた。

シロザの抗酸化能は、水抽出物が0.10 μ mol/g, 70% EtOH抽出物が5.63 μ mol/g, MeOH抽出物が6.63 μ mol/gであり、MeOH抽出物が高い値となった。これらの値は総ポリフェノール含量と相関していた。

各種山菜類の抗酸化能を比較した結果、水及びMeOH抽出物においてホンナの抗酸化能が最も高く、それぞれ1.00 μ mol/g, 9.71 μ mol/gであった。一方、MeOH抽出物の抗酸化能はシロザが最も高く、ホンナはそれに次ぐ値で4.70 μ mol/gであった。このように、全山菜類と比較すると、抗酸化能とポリフェノール含量には一部相関がない場合も観察されるものの、シロザはMeOHで抽

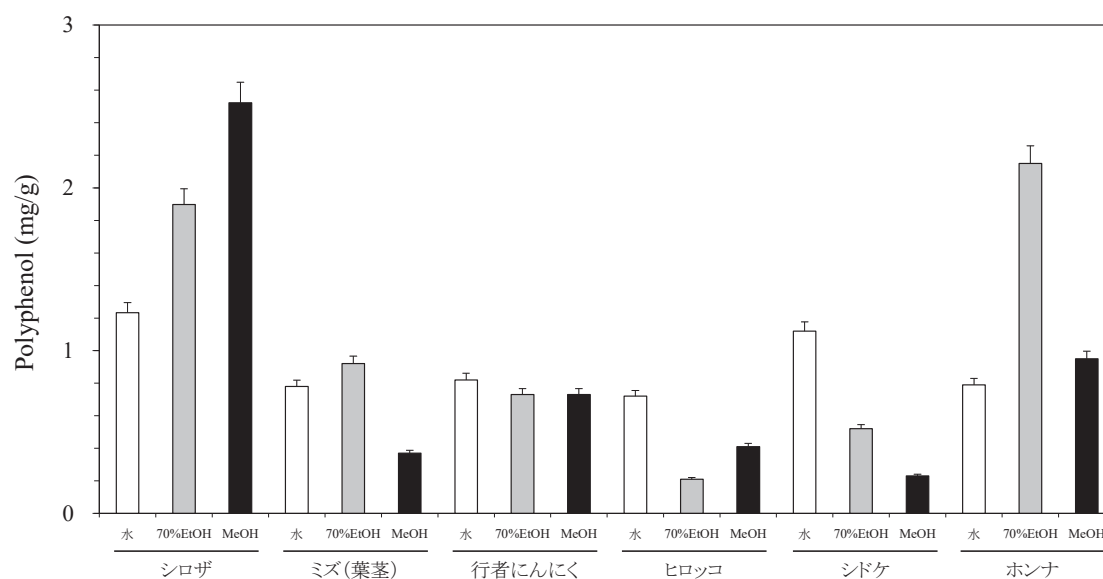


Fig. 1. 秋田県に自生する山菜・野草のポリフェノール含量

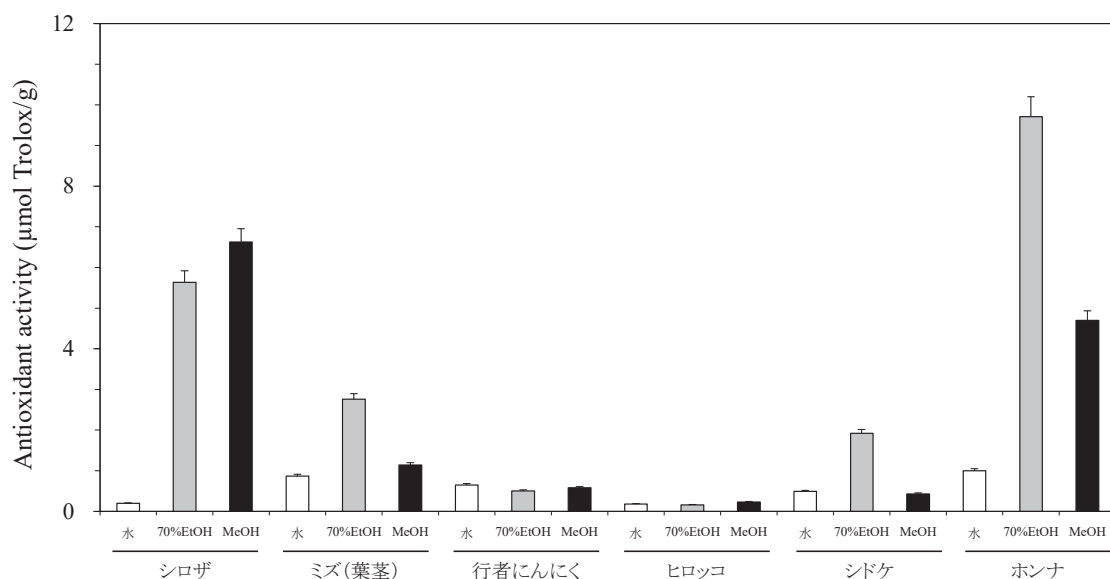


Fig. 2. 秋田県に自生する山菜・野草の抗酸化能 (DPPH ラジカル捕捉活性)

出される脂溶性物質に高い抗酸化能を有することが示された (Fig. 2)。

3-2 シロザ抽出物がヒト白血病細胞株 U937 の増殖に及ぼす影響

シロザ抽出物の抗ガン活性をヒト白血病細胞株 U937 を用いて測定した (Fig. 3)。A の水抽出物, B の 70% EtOH 抽出物, C の MeOH 抽出物のいずれの溶媒の抽出物においても, 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ までは細胞数を反映した吸光度は約 1.2 から約 0.8 まで約 30% 減少したが, それ

以上の濃度の抽出物を添加しても, 値はほぼ横ばいだった。いずれの抽出物についても二次元配置の分散分析で, シロザ濃度に対して統計的に有意な変化であった ($P < 0.05$)。このようにシロザには弱い抗ガン活性が見られることが示された (Fig. 3)。

その他, シロザは高ポリフェノール含量であり, 抗酸化能も高いことから, 酸化重合により生成するメラニン色素の酸性に及ぼす影響を検討した。マウス由来 B16 melanoma 4A5 細胞を用いて IBMX 刺激で産生されるメラニン色素を抑制するかを検討したところ, 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$

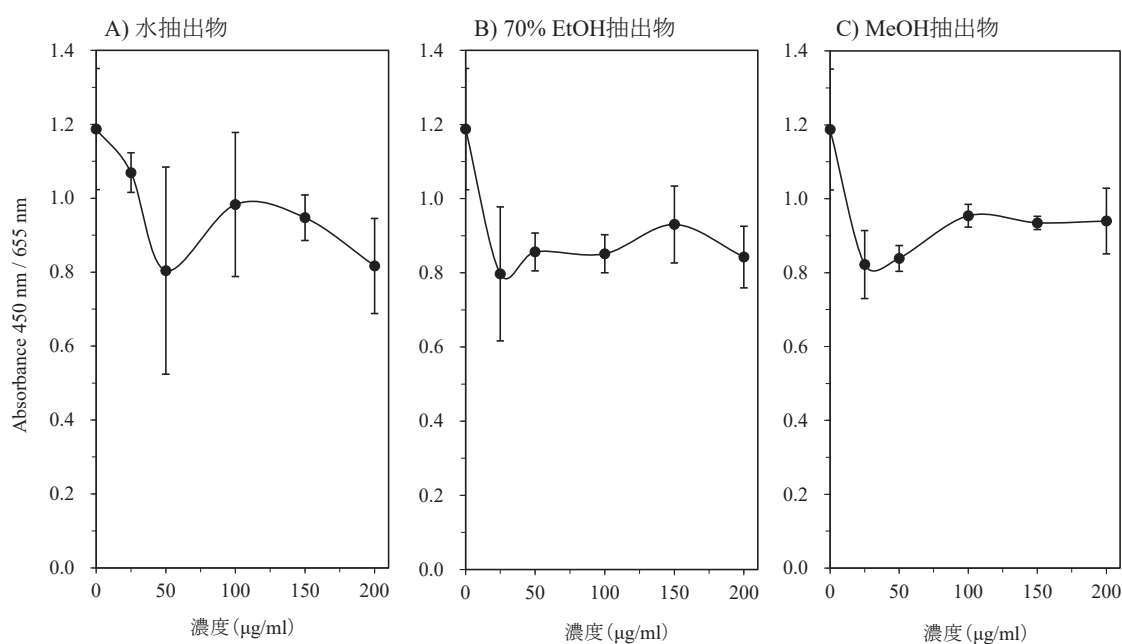


Fig. 3. シロザ抽出物がヒト白血病細胞株 U937 の増殖に及ぼす影響

の濃度までのシロザ抽出物の添加によって、細胞及び培地に放出されるメラニン量は抑制されなかった（データ省略）。一方で、ホンナ抽出物には、数 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の濃度で、メラニン色素産生が強く抑制された（16, 17）。

3-3 シロザ抽出物のマウス由来神経細胞株 Neuro-2a の生存率に及ぼす影響

認知症予防作用を有する可能性を検証するために、マウス由来神経細胞株 Neuro-2a を用いてツニカマイシン (TM) による小胞体ストレス誘導神経細胞死に及ぼす影響を検討した (Fig. 4)。A は左の白が TM を無添加で神経細胞死が起きていない際の細胞数を表す吸光度、その他の黒が TM により神経細胞死を誘導した際の値である。100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の濃度の 3 種類の溶媒のシロザ抽出物の影響を比較したところ、いずれも対照と比較して神経細胞死が抑制され、細胞数を表す吸光度が回復していた。一次元配置の分散分析と Bonferroni's post-hoc test において、対照に対して水抽出物と 70%EtOH 抽出物は、統計的に有意な変化であった (*、 $P < 0.05$)。その中でも水抽出物が最も高い効果を示した (Fig. 4A)。

Fig. 4B はシロザ水抽出物の細胞生存率の濃度依存性を分析した値である。TM 無添加の細胞生存率を 100% として、TM を添加したところ、細胞生存率は 57.5% であった。シロザ水抽出物を添加することで、50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ までは濃度依存的に細胞生存率は 87.3% まで回復し、それ以降は細胞生存が 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ の濃度まで維持された (Fig. 4B)。二次元配置の分散分析で、シロザ水抽出物の濃度に対して統計的に有意な変化であった ($P < 0.05$)。以上のように、シロザ水抽出物は TM による小胞体ストレス誘導神経細胞死を抑制する作用を有することが示された。

3-4 シロザ抽出物がマウス由来脂肪細胞株 3T3-L1 の分化に及ぼす影響

肥満予防作用を有する可能性を検証するために、マウス由来脂肪細胞株 3T3-L1 を用いて、脂肪細胞に分化誘導した際に細胞内に蓄積する中性脂肪 (トリアシルグリセロール) の量を測定した (Fig. 5)。A の中性脂肪量は、未分化では 25.8 $\mu\text{g}/\text{mg}$ protein であったが、脂肪細胞への分化で増大し、Control では 128.1 $\mu\text{g}/\text{mg}$ protein

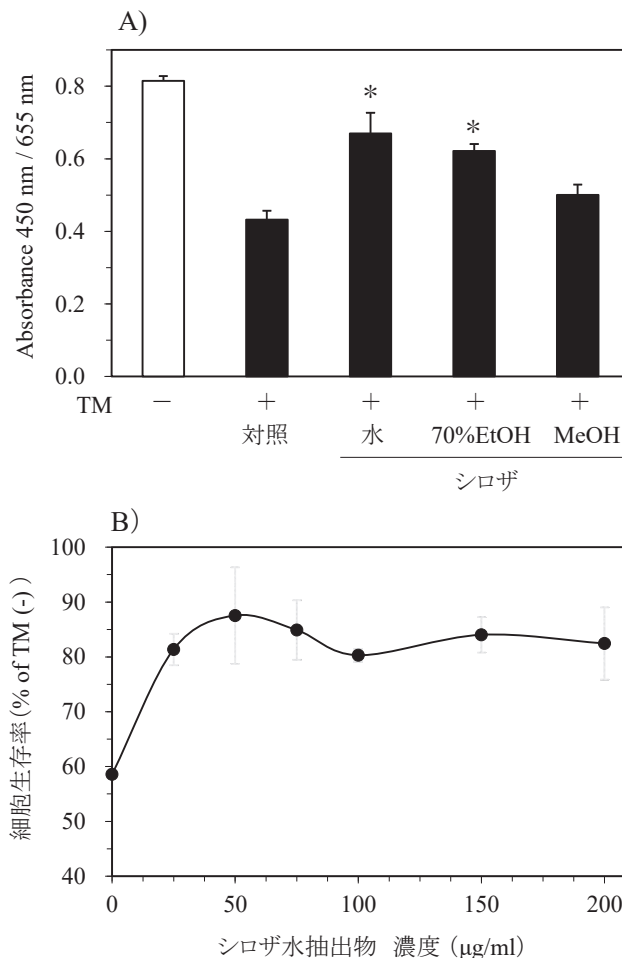


Fig. 4. シロザ抽出物のマウス由来神経細胞株 Neuro-2a の生存率に及ぼす影響

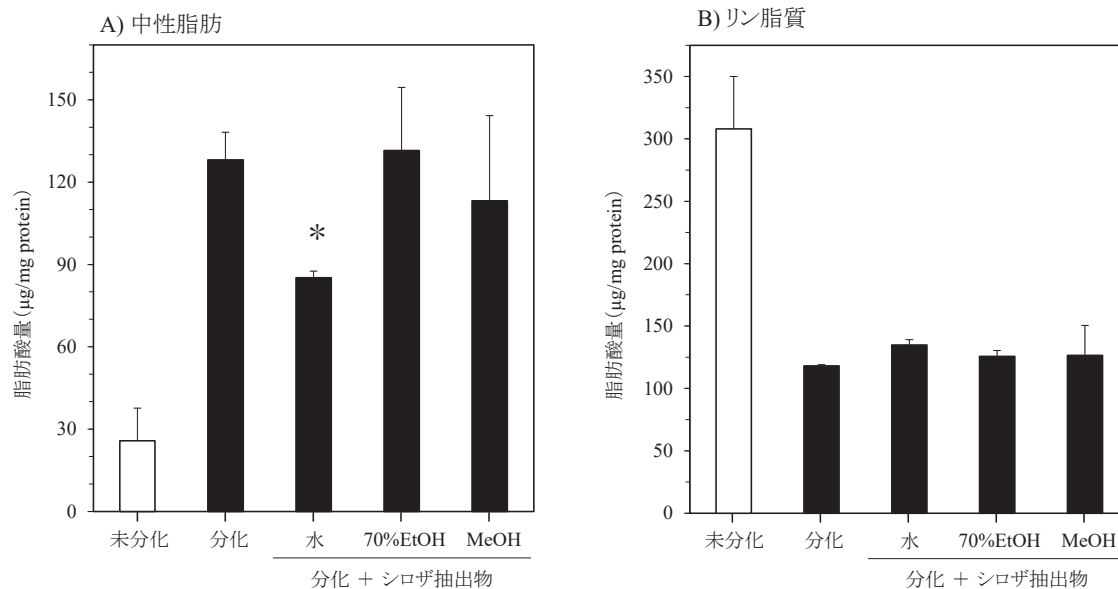


Fig. 5. シロザ抽出物がマウス由来脂肪細胞株 3T3-L1 の分化に及ぼす影響

となり約5倍に増加した。一方、シロザ抽出物の添加により、水、70% EtOH、MeOHの各抽出物においてそれぞれ85.1, 131.5, 113.2 μ g/mg proteinとなり、水抽出物で中性脂肪の蓄積が約34%抑制されることが示された (Fig. 5A)。一次元配置の分散分析と Bonferroni's post-hoc test において、分化に対して水抽出物、統計的に有意な変化であった (*, $P < 0.05$)。

中性脂肪量の増加が脂肪細胞分化の指標となる一方

で、リン脂質は増加しない。Fig. 5Bでは、比較対象として細胞のリン脂質量を測定した値を示した。未分化と比較して、分化した細胞ではリン脂質が減少し、シロザ抽出物を添加してもほとんど影響しないことが示された。

脂肪細胞に分化誘導した際に細胞内に蓄積した中性脂肪 (トリアシルグリセロール) の脂肪酸組成を Table 1 に示した。パルミトリン酸 (16:1) は、未分化では5.0%

Table 1. シロザ抽出物がマウス由来脂肪細胞株 3T3-L1 の中性脂肪の脂肪酸組成に及ぼす影響

脂肪酸	略号	未分化	分化	分化 + シロザ抽出物		
				水	70%EtOH	MeOH
ミスチン酸	14 : 0	2.10 ± 1.62	2.95 ± 0.70	2.50 ± 0.31	13.85 ± 15.55	2.81 ± 0.31
パルミチン酸	16 : 0	21.36 ± 3.37	38.17 ± 2.14	39.51 ± 0.96	34.36 ± 7.42	35.96 ± 0.72
パルミトリン酸	16 : 1	5.04 ± 2.95	27.33 ± 0.17	22.28 ± 0.44	22.23 ± 2.38	22.66 ± 2.33
ステアリン酸	18 : 0	18.02 ± 0.41	4.10 ± 0.19	4.84 ± 0.23	3.65 ± 1.04	5.32 ± 1.28
オレイン酸	18 : 1	45.24 ± 15.24	25.72 ± 2.34	30.07 ± 0.70	23.98 ± 5.41	26.91 ± 0.09
リノール酸	18 : 2 n-6	1.70 ± 2.40	0.88 ± 0.22	0.81 ± 1.14	1.19 ± 0.32	1.60 ± 0.47
α -リノレン酸	18 : 3 n-3	0.30 ± 0.43	0.18 ± 0.02	ND	0.73 ± 1.03	3.97 ± 0.61
アラキジン酸	20 : 0	0.85 ± 1.20	0.06 ± 0.01	ND	ND	0.09 ± 0.07
エイコセン酸	20 : 1	3.83 ± 3.06	0.15 ± 0.03	ND	ND	0.12 ± 0.18
ジホモ- γ -リノレン酸	20 : 3 n-6	ND	0.02 ± 0.01	ND	ND	0.15 ± 0.21
アラキドン酸	20 : 4 n-6	1.56 ± 2.21	0.29 ± 0.04	ND	ND	0.19 ± 0.26
ペヘン酸	22 : 0	ND	0.13 ± 0.12	ND	ND	0.03 ± 0.04
エルカ酸	22 : 1	ND	ND	ND	ND	0.02 ± 0.03
アトレン酸	22 : 4 n-6	ND	0.02 ± 0.03	ND	ND	ND
ドコサヘンタエン酸 (n-3)	22 : 5 n-3	ND	ND	ND	ND	0.04 ± 0.05
ドコサヘキサエン酸 (DHA)	22 : 6 n-3	ND	ND	ND	ND	0.12 ± 0.17
総脂質量 (mg/g)		25.75 ± 11.86	128.08 ± 10.14	85.12 ± 2.44	131.48 ± 23.07	113.24 ± 31.04
飽和脂肪酸 (%)	SFA	42.33 ± 4.19	45.41 ± 2.77	46.84 ± 0.88	51.87 ± 7.08	50.46 ± 16.47
一価不飽和脂肪酸 (%)	MUFA	54.11 ± 9.23	53.20 ± 2.54	52.35 ± 0.26	46.20 ± 7.80	55.98 ± 13.12
n-6系脂肪酸 (%)	n-6 PUFA	3.26 ± 4.61	1.19 ± 0.18	0.81 ± 1.14	1.19 ± 0.32	2.19 ± 0.61
n-3系脂肪酸 (%)	n-3 PUFA	0.30 ± 0.43	0.18 ± 0.02	ND	0.73 ± 1.03	4.62 ± 0.84

ND: not detected.

であったが、脂肪細胞への分化で増大して 27.3% となり、約 5.5 倍に増加した。一方、シロザ抽出物の添加により、水、70% EtOH、MeOH の各抽出物においてそれぞれ 22.3、22.2、22.7% となり、Control と比較して 4.6 ～ 5.1% 低下した。

一方でオレイン酸 (18:1) は、未分化では 45.2% であったが、脂肪細胞への分化で減少し、25.7% となった。シロザ抽出物の添加により、その減少の割合は抑制された。このように、シロザ抽出物の添加により、分化に伴った脂肪酸組成の変化を抑制することが示された (Table 1)。

4. 考 察

野菜はビタミンやミネラル、食物繊維の重要な供給源であり、日々の食生活の中で、主食となるデンプン質の割合が高い開発途上国では不足しがちな食材である。そのため、野菜の代替となるシロザは、これらの国では非常に有用な食資源となっている (18)。シロザは世界のほとんどの地域、アフリカ、オーストラリア、北米など窒素を含む土地であればどこにでも育つ (19)。アジアやアフリカでは、野菜として栽培され、また家畜の餌としても利用されているが、ヨーロッパと北米では、ジャガイモ畑に生える雑草である。

シロザは少量のサポニンを含むが、調理過程で消滅するため問題はない。カロリー、栄養価が高く、鉄を多く含むことから食用の可能性が期待できる。更に、アスピリン、セイロンベンケイ、アフリカフウショウソウ、エミリアなどの山菜より毒素が少なく、問題なく調理し食用とすることができる (20)。窒素に富む土壌で生息するシロザには、シアン化水素が含まれている。シアン化水素は呼吸を促進し、消化を改善することからガンの治療に有効である。葉は駆虫、消炎剤、抗リウマチ、軽度の下剤効果、高血圧抑制などが報告され、薬理効果が期待されている (20)。

シロザの薬理効果に関する研究はインドで積極的に行われている。例えば、インド、ブラジル、スーダン、ネパール、エチオピア、バングラデシュなどを中心に発生しているリーシュマニア症は、サシチョウバエにより媒介され感染する寄生虫疾患である。内臓リーシュマニア症と皮膚リーシュマニア症と大きく二つの形態があり、適切に治療されないと命に関わる『顧みられない熱帯病』である。『顧みられない熱帯病』とは、世界保健機構が「人類の中で制圧しなければならない熱帯病」と定義している 17 の疾患を言う。より優れた抗リーシュマニア化合物の模索中に、様々な欠点がある伝統的療法に対して、安全で効果的な代替品として生薬が注目された。その生

薬であるシロザのメタノール抽出物を与えたマウスはかなりの寄生体の減少が明らかになった。また肝臓と腎機能検査も正常値で、シロザ抽出物は優れた抗リーシュマニア性を示したが、高等動物モデルでテストされる前に更なる研究が必要とされる (21)。以上のように、開発途上国において、シロザは機能的栄養分に優れた健康的な野菜として今日も利用され、更に効果的薬効成分を所有する可能性のある植物として研究が進められている。

本研究では、シロザのポリフェノール含量は秋田に自生する山菜類と比較しても高く、特に MeOH 溶解性の脂溶性成分に高い抗酸化能を有することが明らかとなった。これらが様々な生理機能の発現に関与している可能性が考えられる。一方で、同様に高ポリフェノール含量であり高い抗酸化能を有するホンナとは異なり、メラニン色素産生抑制効果は有さないことが分かった。今後、シロザに特有なポリフェノールの分子種を分析し、それぞれの分子の有する特異的な生理機能を検証していく必要がある。

ヒト白血病細胞株である U937 細胞に対する増殖抑制効果が限定的であったように、エピガロカテキンガレートのような他のポリフェノール類が示す高い抗ガン作用は、シロザでは観察されなかった。対照的に、マウス由来神経細胞株である Neuro-2a の小胞体ストレスによる神経細胞死をシロザ水抽出物が抑制し、細胞に対して保護的に作用することが明らかとなった。これらの結果は、シロザが認知症予防効果を有する可能性を示唆しており、今後様々な *in vivo* のモデルで検証していくことが求められる。

また、脂肪細胞の分化に伴って蓄積する中性脂肪量をシロザ水抽出物が抑制することが示された。内臓脂肪の蓄積がメタボリックシンドロームの本質であり、インスリン抵抗性によって引き起こされる糖尿病などの生活習慣病の原因となることが指摘されていることから、これらの疾患に対してシロザが有効である可能性が示唆された。これらについても病態動物モデルなどで効果を確認していく必要がある。

本研究により、現代の日本では雑草として認識されているシロザが様々な生理機能を有する可能性が示された。今後、これらの生理機能をさらに確認し、有効成分の分子本体や作用メカニズムをさらに明らかにしていくことが求められる。また、我々は秋田の伝統的食資源の活用法を調理や加工の面から検討してきたが (22-25)、シロザについても食用として健康増進に活用していく方法を開発していくことが必要である。

5. 参考文献

1. 佐藤利夫, 三屋直樹 (1987) くすりの誕生—その歴史—, *化学と教育*, 35, 11-14.
2. 田中俊弘, 酒井英二 (2008) 先人達の知恵—薬草, 生薬の鑑別と利用法—, *岐阜薬科大学紀要*, 57, 13-19.
3. 佐合隆一 (2012) 「救荒雑草 飢えを救った雑草たち」, 全国農村教育協会.
4. 池本敦 (2012) 秋田県産フードイノベーション 秋田の食資源を活用した健康食品素材の開発, *Food Style* 21, 16, 19-22.
5. 永田賢之助 (1997) 「あきた 山菜 キノコの四季」, 秋田魁新報社.
6. 藤本恵子, 池本敦 (2020) 秋田県における山菜の利用とシロザの活用に関するパングラデシュとの比較, *秋田大学教育文化学部研究紀要 (自然科学)*, 75, 1-11.
7. 田中修 (2007) 雑草のはなし 見つけ方, たのしみ方, 中公新書.
8. 安元教傳, 竹内昌昭, 安井明美, 渡邊智子 (2006) 五訂増補日本食品標準成分表分析マニュアル, 173-175.
9. Yamaguti, T., Takamura, H., Matoba, T., and Terao, J. (1998) HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62, 1201-1204.
10. Tanaka, M., Yamazaki, M., and Chiba, K. (2009) Neuroprotective action of genipin on tunicamycin-induced cytotoxicity in Neuro2a cells. *Biol. Pharm. Bull.*, 32, 1220-1223.
11. Daniel, L., and Rima, R. (2008) Endoplasmic reticulum stress increases the expression of methylenetetrahydrofolate reductase through the IRE1 transducer. *J. Biol. Chem.*, 283, 3151-3160.
12. 永井薫 (2008) 大豆由来リン脂質ならびに糖たん白質糖鎖による神経変性疾患予防効果, *大豆たん白質研究*, 11, 147-152.
13. Bligh, E. G., and Dyer, W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
14. Ikemoto, A., Ohishi, M., Sato, Y., Hata, N, Misawa, Y., Fujii, Y., and Okuyama, H. (2001) Reversibility of n-3 fatty acid deficiency-induced alterations of learning behavior in the rat: the level of n-6 fatty acids as another critical factor. *J. Lipid Res.*, 42, 1655-1663.
15. Bradford, M. M. (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.*, 72, 248-254.
16. 池本敦 (2012) メラニン抑制及びMITF抑制作用を有する美白用組成物及び抗ガン剤, 特願 2012-0259679 (特許第 5942185 号).
17. 池本敦, 上松仁 (2012) 小眼球症関連転写因子抑制剤, メラニン産生抑制剤, 化粧品組成物及び抗ガン剤, 特願 2013-074373 (特許第 6143167 号).
18. Poonia, A., and Upadharay, A. (2015) Chenopodium album Linn: review of nutritive value and biological properties. *J. Food Sci. Technol.*, 52, 3977-3985.
19. Islam, R., and Ara, T. (2015) Leafy Vegetables in Bangladesh, Photon eBooks.
20. Adedapo, A., Jimoh, F., and Afolayan, A. (2011) Comparison of nutritive value and biological activities of the acetone, methanol, and water extracts of the leaves of *Ridens pilosa* and *Chenopodium album*. *Acta Poloniae Pharmaceutica-drug Res.*, 68, 83-92.
21. Kaur, R., Kaur, J., Kaur, S., and Joshi, J. (2016) Evaluation of the antileishmanial efficacy of medical plant *Chenopodium album* Linn. Against experimental visceral leishmaniasis. *Int. J. Pharmacy Pharmaceutics Sci.*, 84, 227-231.
22. 池本敦, 鈴木景子, 伊藤慎一, 昌子智由 (2015) 秋田の伝統食であるアケビ種子油及び果皮を活用した健康食品の開発, *食品と開発*, 50, 74-76.
23. 鈴木景子, 池本敦 (2018) アケビ果皮の栄養・調理特性と食素材としての活用性に関する研究, *秋田大学教育文化学部研究紀要 (自然科学)*, 73, 1-9.
24. 池本敦 (2018) 秋田県に眠るオレオマテリアル—アケビ種子油—, *オレオサイエンス*, 18, 107-112.
25. 池本敦 (2020) 秋田県産フードイノベーション 白山山地由来の乳酸菌を活用した新規発酵食品の開発, *Food Style* 21, 24, 21-24.