

バレイシヨの機能性に関する研究

一丸 禎樹・犬塚 和男・角田 志保・渡邊 正己¹⁾・鈴木 啓司¹⁾・
柳田 晃良²⁾・井手 勉³⁾・小川 義雄

キーワード：バレイシヨ，機能性，抗酸化性，ポリフェノール

Research on Function of Potato

Yoshiki ICHIMARU, Kazuo INUTSUKA, Shiho KADODA, Masami WATANABE¹⁾
Keizi SUZUKI¹⁾, Teruyoshi YANAGITA²⁾, Tsutomu IDE³⁾ and Yoshio OGAWA

目 次

1. 緒 言	71
2. 材料及び方法	72
3. 結 果	74
1) バレイシヨの機能性成分の分析	74
(1) バレイシヨのポリフェノール含量の品種間差異	74
(2) バレイシヨの亜硝酸分解能	74
(3) バレイシヨの抗酸化性	74
2) バレイシヨパウダー(A)添加がヒト正常細胞に与える影響	75
(1) ヒト正常細胞の増殖及び総細胞分裂数に及ぼす影響	75
(2) テロメアー長の短縮に及ぼす影響	75
3) バレイシヨパウダー(B)を添加した食餌のラットに与える影響	75
(1) 体重，摂食量及び臓器重量に及ぼす影響	75
(2) 血清，肝臓脂質濃度及び血中グルコース値に及ぼす影響	76
(3) 尿タンパク質量に及ぼす影響	76
4. 考 察	78
5. 摘 要	79
6. 謝 辞	80
7. 引用文献	80
Summary	81

1. 緒 言

バレイシヨは古くから本県の主要農作物として、島原半島を中心に県央，五島，平戸等の畑作地帯で栽培されてきた。バレイシヨの生産は，本県の温暖な気象条件のもと，春及び秋の2作が可能で

1) 長崎大学薬学部 2) 佐賀大学農学部 3) 現長崎県果樹試験場

あり、2000年度の生産面積は4,840ha、収穫量は128,900 t⁴⁾を誇る全国第2位のバレイショ生産地である。バレイショは、炭水化物の供給源の一つとして栄養学的に重要であり、サラダ、冷凍コロッケ等の調理用、ポテトチップス等のお菓子或いは焼酎の原料など様々な用途に利用されてきた。

また、近年、消費者の健康についての関心が高まり赤ワインブームに象徴されるように食品の機能性についての注目が集まっており、カンショを始め様々な農作物で機能性の研究が行われている。特に老化や発ガン抑制などの作用を持つ抗酸化作用については様々な農作物等で検討がなされており^{17,18,24)}現在もっとも研究がなされている分野でもある。バレイショは、抗酸化性で注目されているポリフェノールを含んでいるが、バレイショ加工の褐変変物質として加工適性を低下させるもの

と考えられてきた。有色カンショをはじめブドウ等他の農作物のポリフェノール類は、抗酸化性を持つ機能性物質として研究⁵⁾がなされてきたがバレイショのポリフェノールについては機能性的な研究がなされていなかった。その他バレイショは、ビタミンC等の機能性成分を含むため抗酸化性の他にも様々な機能性を持つことが考えられた。

そこで今回、本県で生産されているバレイショについて、抗酸化性をはじめとした *in vitro* から *in vivo* に至るまでの機能性の検討を行ったので、その結果を報告する。

なお、本研究は(財)長崎県産業技術振興財団委託の「地域開発促進拠点支援事業 (RSP事業) 可能性試験」及び農林水産省委託の「食料自給率向上のための21世紀の土地利用型農業の確立に関する総合研究」の成果の一部を取りまとめたものである。

2. 材料及び方法

1) バレイショ成分の機能性分析

(1) 材料

ポリフェノール含量の品種間差異については、第2表に示すように1998年春作の愛野馬鈴薯支場で栽培したバレイショ11品種・系統を用い、その他の亜硝酸分解能試験及びラジカル消去能試験については、それぞれ1999年及び2001年に総合農林試験場内で栽培したアイノアカ、デジマ、ニシユタカの3品種のバレイショを用いた。

(2) ポリフェノールの測定

材料に等量の80%エタノールを加え、テフロンホモジナイザーを用いて磨砕・抽出し、その粗抽出液を70°Cで30分加熱し酵素を失活させた。その後、遠心分離 (6,000rpm, 30分) により得られた上清を粗バレイショ抽出液とし、その溶液のポリフェノール含量をフォーリンデニス法に準拠して測定した。得られたポリフェノール量をバレイショ生重100 g 当たり換算した。なお、ポリフェノール含量は、クロロゲン酸換算とした。

(3) 亜硝酸分解能の測定

材料に等量の80%エタノールを加えホモジナイザーを用いて磨砕・抽出した。得られた抽出液を70°Cで30分加熱し酵素を失活させた。その後、遠

心分離 (6,000rpm, 30分) により得られた上清を凍結乾燥し、バレイショ抽出物とした。得られたバレイショ抽出物を10倍量の蒸留水に溶解し、適量の亜硝酸ナトリウム溶液を加え37°Cで1時間インキュベートした後、ファニルアミド・ α -ナフチルアミン法を用いて残存する亜硝酸量を測定し、バレイショ抽出物を加えない亜硝酸溶液をコントロールとして、コントロールから残存する亜硝酸濃度を差し引き、その値をコントロールで割ったものを亜硝酸分解能とした。

$$\frac{\text{亜硝酸溶液の亜硝酸濃度} - \text{残存する亜硝酸濃度}}{\text{亜硝酸溶液の亜硝酸濃度}} \times 100 = \text{亜硝酸分解能 (\%)}$$

(4) ラジカル消去能の測定

材料に等量の0.1N HCl を含むエタノールを加え、磨砕抽出後、遠心分離 (3,500rpm, 10分) により得られた上清を DPPH 法³⁾に従ってラジカル消去能を測定し、バレイショ生重1 g 当たりのラジカル消去能とした。

2) バレイショパウダー(A)の添加がヒト正常細胞に与える影響

(1) 材料

1999年春作暖地バレイショ (品種名: アイノア

カ) を蒸製し、剥皮後磨砕均一化して得られたバレイショを凍結乾燥し、バレイショパウダーを得た。得られたバレイショパウダーをバレイショパウダー(A)とし、ヒト細胞を用いた研究に供した。

(2) ヒト正常細胞の培養

細胞は、長崎大学薬学部放射線生命科学研究室所有のヒト正常胎児由来細胞を用い T25 型フラスコに一定数植え込み、CO₂ インキュベーターを用いて 37°C で培養した。培養した細胞は 3～4 日間隔で T25 型フラスコから細胞を一定量とり植え替える継代培養法を用いた。細胞培養環境中の活性酸素濃度は培養器内の酸素濃度に依存することから培養液の酸素濃度を 20%、2%、0.5% とした。バレイショパウダー A は、細胞培養液 1 l に対して 0.5 g になるように溶かしこみ (ヒト体重 60 kg 当たり 100 g バレイショ相当)、遠心分離 (6,000 rpm, 30 分) を行い不溶物を除去したものをバレイショパウダー溶液とした。一方、通常の培養液で培養したものをコントロール培養とした。

(3) 増殖率及び総細胞分裂数 (TPDN)

増殖率は、継代培養時の細胞の増殖数を血球計算板により算出した。また、総細胞分裂数 (TPDN) は、増殖率から各継代期における細胞分裂数から換算した。

(4) 細胞のテロメア長 の測定

細胞のテロメア長は、継代培養した細胞から渡邊らの方法²⁵⁾を用いて染色体を抽出し、Miller らの方法¹⁴⁾を用いて DNA の精製を行い、その後 Yang らの方法²⁶⁾に従ってサブテロメア境界領域を制限酵素 (Rsa-I 及び Hinf-I) を用いて切り離すことによりテロメアを含む染色体末端領域である Terminal restriction fragment 長 (以下 TRF 長と略す) を測定する方法を用いて検討した。この方法は、ヒトの染色体に制限酵素を作用させることにより断片化する方法で、使用した制限酵素は、テロメア領域には作用することができないため、断片化した DNA には、テロメア領域が現れるのである。

3) バレイショパウダー(B)を添加した食餌のラットに与える影響

(1) 材料

1998 年産バレイショ (品種名: アイノアカ) を等量のエタノールで抽出し、遠心分離後、得られ

た上清を凍結乾燥し、バレイショパウダーを得た。このバレイショパウダーをバレイショパウダー(B)として、ラットに給餌した。また、クロロゲン酸は和光純薬(株)製特級試薬を用いた。

(2) 実験動物及び食餌の組成

4 週齢の Sprague-Dawley 系雄ラットを購入し、室温 23 度、湿度 50%、12 時間の明暗サイクルで飼育した。各ラットには実験開始の数日間前まで、固形の Chow-食を与え、体重が等しくなるように 6 頭ずつ 5 群に分けた。5 群は、①コレステロール無添加群 ②コレステロール無添加+バレイショパウダー(B)添加 ③コレステロール添加群 ④コレステロール添加+バレイショパウダー(B)添加 ⑤コレステロール添加+クロロゲン酸添加とした。なお、コレステロール添加とは、食餌に 0.5% コレステロール及び 0.125% コール酸ナトリウムを添加し、バレイショパウダー(B)添加及びクロロゲン酸添加には、それぞれ 0.5% バレイショパウダー(B)、0.2% クロロゲン酸を添加し、その残りをシュクロースで調整した (表 1)。

また、食餌と水は自由摂取で、14 日間飼育した。

(3) 肝臓及び血清の脂質分析

実験期間の最終日 8 時間絶食後、エーテル麻酔下で、採血後臓器を摘出した。肝臓の総脂質は Folch らの方法⁷⁾で抽出純化した。肝臓のトリアシルグリセロール (TG)、リン脂質、コレステロール濃度はそれぞれ Fletcher⁶⁾、Bartletto¹¹⁾及び Sperry & Webb の方法²⁰⁾で定量した。血中の脂質成分やグルコース濃度等を定量するために用いる血清は、血液を 30 分静置後、遠心分離により得られたものを用い、各成分は市販の酵素キット (和光純薬) を用いて測定した。

(4) 肝臓ホモジネート及びマイクロソーム画分の調製法

肝臓の一部は、4 倍量の 10 mM Tris-HCl (pH 7.4) - 1 mM EDTA - 250 mM シュクロース溶液を加え、テフロンホモジナイザーを用い、肝ホモジネートを得た。このホモジネートを遠心分離し、その沈殿物を 4 重のガーゼで濾過後超遠心分離を行い、その沈殿物をマイクロソーム画分とした。肝臓マイクロソーム画分の蛋白質量は、Lowry 変法¹²⁾で定量した。

表1 食餌組成 (%)

構成要素	コレステロール無添加		コレステロール添加		
	①コントロール	②パレイショパウダー (B) 添加	③コントロール	④パレイショパウダー (B) 添加	⑤クロロゲン酸添加
カゼイン	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
α-コングスターチ	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
セルロース	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
ミネラル ミクスチャー*	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
ビタミン ミクスチャー*	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
L-メチオニン	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
コリンバイタルトレート	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
脂質 (パームオイル)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
コレステロール	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5
コール酸ナトリウム	0.0	0.0	0.125	0.125	0.125
パレイショパウダー(B)	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
クロロゲン酸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
シュークロース	44.5	44.5	43.875	43.375	43.675

※ AIN93

(5) 尿タンパク質量の測定

尿は実験開始の1週間後及び2週間後の尿を収

集した。尿タンパク質量は、Lowry 変法¹²⁾で測定した。

3. 実験 (試験) 結果

1) バレイショの機能性成分の分析

(1) バレイショのポリフェノール含量の品種間差異

愛野馬鈴薯支場の1998年春作産10品種及び1系統についてポリフェノール含量の測定を行った。その結果、10品種及び1系統のポリフェノール含量は、アーリージェムが110.6mg/100gf.w.と最も高かったが、現在、長崎県で栽培されている暖地産バレイショの中では、アイノアカが96.2mg/100gf.w.と最も高かった。また、生産量が多いニシユタカ及びデジマはそれぞれ89.2mg, 90.0mgであり、普賢丸は80.7mgであった (表2)。

現在栽培されている暖地のバレイショのポリフェノール含量は80~96mg/100gf.w.程度で大きな差は見られなかった。

(2) バレイショの亜硝酸分解能

1999年産バレイショ3品種 (デジマ, ニシユタカ, アイノアカ) について、バレイショの亜硝酸分解能を検討した。

その結果、バレイショには、亜硝酸分解能が認められた (図1)。また、3品種の亜硝酸分解能は、アイノアカ55%, デジマ53%, ニシユタカ50%

であり、アイノアカが最も高く、次にデジマ, ニシユタカの順であった。

(3) バレイショの抗酸化性

2001年産バレイショ3品種 (デジマ, ニシユタカ, アイノアカ) について、DPPH法によりバレイショの抗酸化性について検討を行った。その結

表2 バレイショのポリフェノール含量

品種名	ポリフェノール含量 (mg/100gf.w.)
男爵	86.5
メイクイン	89.4
メイホウ	87.4
農林1号	86.5
普賢丸	80.7
ニシユタカ	89.2
アイノアカ	96.2
デジマ	90.0
タワラムラサキ (メイホウ変異)	83.8
T9435-5 (紫: 系統)	102.8
アーリージェム (アメリカ産)	110.6

(愛野馬鈴薯支場 1998年春作産)

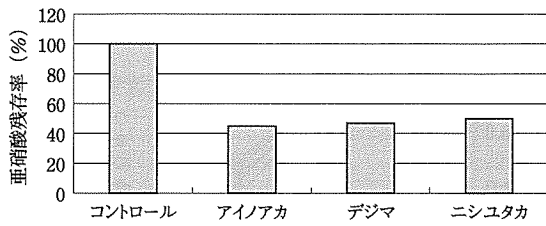


図1 バレイショの亜硝酸分解能

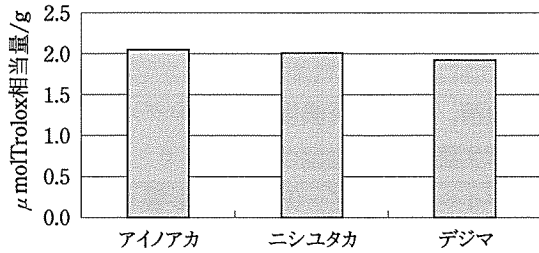


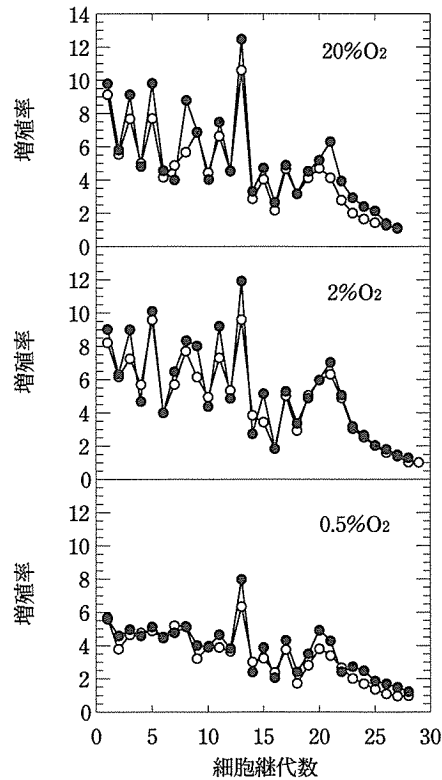
図2 バレイショのラジカル消去能

果、ラジカル消去能は、暖地バレイショ3種の全てにみられた(図2)。そのラジカル消去能は、アイノアカ $2.05\mu\text{mol Trolox}$ 相当量/g、ニシュタカ $2.01\mu\text{mol Trolox}$ 相当量/g、デジマ $1.92\mu\text{mol Trolox}$ 相当量/gで、アイノアカが最も高く、ニシュタカ、デジマの順であった。

2) バレイショパウダー(A)添加がヒト正常細胞に与える影響

(1) ヒト正常細胞の増殖及び総細胞分裂数に及ぼす影響

ヒト正常細胞の培養液にバレイショパウダー(A)を添加し、細胞増殖や細胞寿命に与える影響を検討した。その結果、バレイショパウダー(A)を添加した培養液中でヒト細胞を培養した場合、通常の培養液で培養した場合と比べ各継代期で高い増殖率を示す傾向が見られた。ただし、酸素濃度が最も低い0.5%培養ではその差は顕著ではなく、バレイショパウダー(A)添加による増殖促進効果は酸素濃度による差がみられた(図3)。さらに、総細胞分裂数(TPDN)を比較したところ、バレイショパウダー(A)を添加した培養液の細胞は、総細胞分裂数すなわち細胞寿命の延長が有意に認められた($p < 0.01$, Wilcoxon test)。また、増殖率同様に培養時の酸素濃度が低い0.5%では、その細胞寿命の延長が顕著ではなく、2%以上の酸素濃度で培養した場合に細胞寿命延長効果が認められた(図4)。



○ 通常培地 ● バレイショパウダー(A)添加培地

図3 細胞増殖におけるバレイショパウダー(A)添加の効果

(2) テロメアー長の短縮に及ぼす影響

現在、細胞寿命は染色体内に存在するテロメアー部分の短縮が関わっていることが示唆されている⁸⁾。そこで、バレイショパウダー(A)が細胞のテロメアーにどのような影響を及ぼすかについて、TRF長を調べることにより検討を行った。その結果、ヒト細胞の培養初期のテロメアー長は約10 kbであったが、10継代期で7 kb、20継代期で4~5 kbへと短くなることが認められた(図5)。また、平均のテロメアー長は、継代数が進むにつれ、テロメアー長が直線的に短縮していくことが明らかになった(図6)。酸素濃度による差は、20%と2%の間では差が認められなかったが、0.5%酸素濃度においてはその短縮率が大きかった。しかしながら、テロメアー長の短縮率にバレイショパウダー(A)添加の影響は認められなかった。

3) バレイショパウダー(B)を添加した食餌のラットに与える影響

(1) 体重、摂食量及び臓器重量に及ぼす影響

ラットは各群とも給餌により体重、臓器重量と

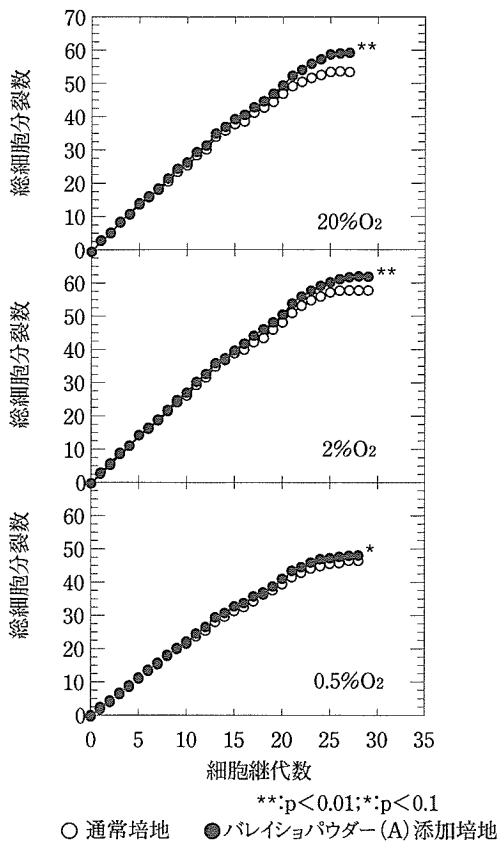


図4 バレイショパウダー(A)添加における細胞寿命延長効果

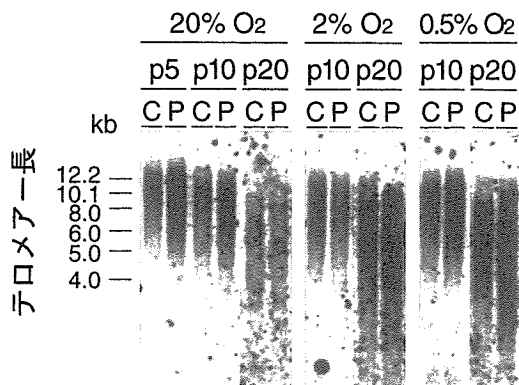


図5 テロメア短縮に及ぼすバレイショパウダー(A)の影響

も増加し、また、バレイショパウダーBやクロロゲン酸による影響は体重、摂食量及び臓器重量については各群間で有意な差は認められなかった。また、コレステロール添加食群は無添加食群と比べコレステロール添加の影響により相対肝重量は明らかに高い値を示した(表3)。

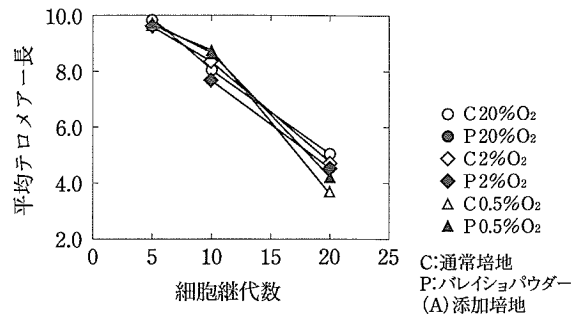


図6 細胞老化に伴う平均テロメア一長変化の比較

(2) 血清、肝臓脂質濃度及び血中グルコース値に及ぼす影響

バレイショパウダー(B)添加の影響を調べた結果、コレステロール無添加群では、血中のトリアシルグリセロール(TG)濃度が8%程度の低下、遊離脂肪酸の濃度が16%程度増加し血中グルコース値が7%程度低下した。また、肝臓TG及びコレステロール濃度についてはそれぞれ19%、14%程度低下した。しかし、これらについては有意差が認められなかった(表4)。

コレステロール添加群では、バレイショパウダー(B)添加により、血清総コレステロール濃度が19%程度低下し、HDL-コレステロール濃度及び血中リン脂質も低下した。また、血中グルコース量は、バレイショ抽出群では8%程度の低下を示した。これらについても有意差は見られなかった。

クロロゲン酸の添加により、血清総コレステロール濃度は20%程度低下し、逆にHDL-コレステロール濃度と血中グルコース量は16~17%程度増加したが、クロロゲン酸添加においても有意差は見

られなかった。

(3) 尿タンパク質量に及ぼす影響

尿タンパク質量は、コレステロール無添加及び添加群において、バレイショパウダー(B)を添加することにより1週目で増加したが、2週目では有意差がなくなった。しかし、コレステロール添加群におけるクロロゲン酸を加えた群は、1週目及び2週目のいずれも尿タンパク質量が増加した(図7)。

表3 ラットの体重及び臓器重量におけるバレイショパウダー(B)の影響

構成要素	コレステロール無添加		コレステロール添加		
	①コントロール	②バレイショパウダー(B)添加	③コントロール	④バレイショパウダー(B)添加	⑤クロロゲン酸添加
摂取前体重(g)	148.9±2.8	148.9±2.6	148.5±2.3	148.2±2.4	148.9±1.9
摂取後体重(g)	259.9±4.8	265.6±3.8	268.2±4.2	264.0±2.4	273.0±5.9
摂取量(g/日)	21.63±0.20	22.01±0.19	21.61±0.30	22.07±0.26	22.01±0.28
組織重(体重%)					
肝臓	4.41±0.22 ^a	4.40±0.14 ^a	5.70±0.15 ^b	5.33±0.16 ^b	5.47±0.28 ^{ab}
腎臓	0.84±0.01 ^{ab}	0.80±0.02 ^{ab}	0.85±0.02 ^a	0.87±0.02 ^b	0.83±0.01 ^{ab}
心臓	0.40±0.02	0.41±0.01	0.40±0.01	0.40±0.01	0.43±0.02
脾臓	0.30±0.02 ^a	0.31±0.01 ^{ab}	0.32±0.01 ^{ab}	0.32±0.01 ^{ab}	0.34±0.01 ^b
脂肪組織	1.86±0.27	1.74±0.12	1.47±0.16	1.57±0.17	1.30±0.14

表4 ラット血中の脂質濃度, グルコース濃度及び肝臓脂質におけるバレイショパウダー(B)の影響

構成要素	コレステロール無添加		コレステロール添加		
	①コントロール	②バレイショパウダー(B)添加	③コントロール	④バレイショパウダー(B)添加	⑤クロロゲン酸添加
血中脂質					
トリアシルグリセロール (TG)	182.2±26 ^a (100)	166.9±25 ^{ab} (92)	124.9±8.3 ^b (100)	119.3±9.5 ^b (96)	122.1±13 ^b (98)
リン脂質	151.1±9.4(100)	153.4±8.8(102)	155.6±7.4 (100)	142.7±8.2 (92)	141.9±7.2 (91)
総コレステロール	80.2±3.0 ^a (100)	85.1±5.9 ^a (106)	210.1±24 ^b (100)	170.9±17 ^b (81)	168.3±9.4 ^b (80)
HDL-コレステロール	48.2±1.7 ^a (100)	48.6±3.5 ^a (101)	26.6±1.1 ^b (100)	24.2±2.7 ^b (91)	30.9±3.9 ^b (116)
遊離脂肪酸 (Eq/L)	0.58±0.04 ^{ab} (100)	0.67±0.05 ^a (116)	0.57±0.05 ^{ab} (100)	0.59±0.05 ^{ab} (104)	0.45±0.06 ^b (79)
血中グルコース (mg/100ml)	141.9±8.1 ^{ab} (100)	131.6±1.9 ^a (93)	171.1±23.9 ^{ab} (100)	156.6±14.1 ^{ab} (92)	200.9±3.3 ^b (117)
肝臓脂質 (mg/g)					
トリアシルグリセロール (TG)	47.0±9.4 ^a (100)	37.9±2.0 ^a (93)	78.7±5.6 ^b (100)	72.8±3.7 ^b (93)	76.6±5.7 ^b (97)
リン脂質	29.5±0.84 ^a (100)	28.5±1.2 ^a (97)	25.0±0.7 ^b (100)	26.7±0.7 ^{ab} (107)	27.3±0.8 ^{ab} (109)
コレステロール	2.74±0.23 ^a (100)	2.35±0.11 ^a (a 86)	39.1±2.80 ^b (100)	40.4±4.20 ^b (103)	38.5±3.83 ^b (98)

※ () については, コントロールを100としたときの指数.

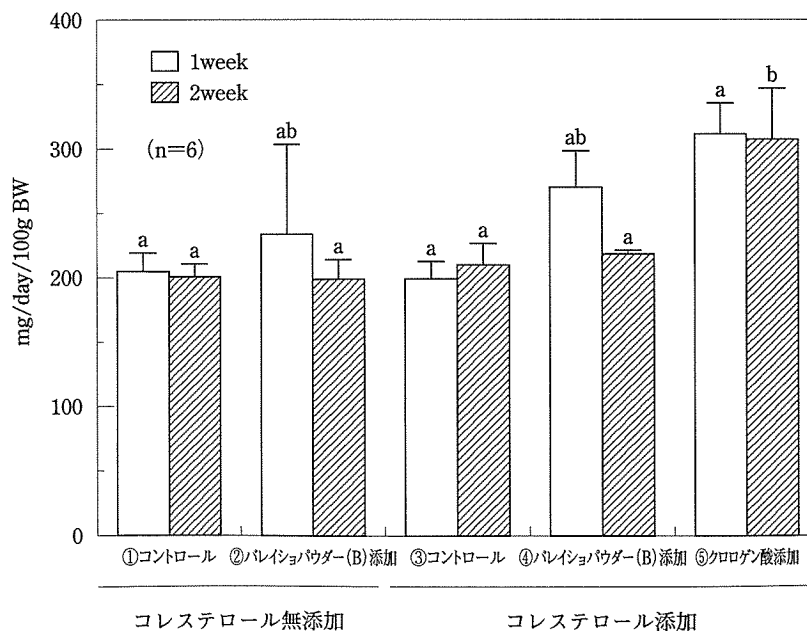


図7 ラット尿タンパク質量におけるバレイショパウダー(B)の影響

4. 考 察

本研究では、長崎県で主に栽培されている暖地バレイショ品種を用いてその機能性についての検討を行った。その結果、現在暖地で栽培されている品種のポリフェノール含量は、80~96mg/100gf.w.程度であることが明らかになった。カンショの機能性の研究¹⁹⁾においてもほぼ同量のポリフェノール含量が報告されている。バレイショとカンショのポリフェノール含量がほぼ同量とした場合食事等で摂取する機会が多いバレイショのポリフェノールが、ヒトに摂取されている可能性が多いと考えられる。

次に暖地バレイショの主栽培品種であるニシユタカ、デジマ及びアイノアカについて亜硝酸分解能を検討した。その結果、3品種とも亜硝酸分解能が認められ3品種においてはアイノアカが最も高かった。亜硝酸は、漬け物等に含まれ酸性下で2級アミンと化学反応を起こし、ニトロソアミンと呼ばれる発ガン性物質を生成することが明らかになっている。このニトロソアミンは、食事により胃の中で生成することが懸念されており、ニトロソアミンの生成を低減させる一つの方法として亜硝酸の分解が考えられるグエンらの報告^{2,11)}では、コーヒーの成分のクロロゲン酸やビタミンCなどに亜硝酸分解能があり、亜硝酸分解が起こることにより、酸性下で2級アミンが存在した場合でもニトロソアミンの生成が減少することを報告している。暖地バレイショには、クロロゲン酸やビタミンCを含むため、そのような抗酸化物質により亜硝酸分解能を有したと推察された。バレイショのクロロゲン酸含量は、コーヒーの1/10¹⁰⁾以下であるが、バレイショにはコーヒーと異なりビタミンCも含有することから、体内での亜硝酸分解能が期待できる。これらのことから、バレイショの摂取により食事中に発生する発ガン物質を抑制する可能性が考えられる。

また、前述の3品種の抗酸化性についてラジカル消去能を指標に検討をおこなった。その結果、亜硝酸分解能の結果と同様に3品種ともラジカル消去能があり、アイノアカが最も高い結果となっ

た。バレイショのラジカル消去能は、他の農作物等と比較した場合、ポリフェノールが多いお茶とブドウ種子と比較した研究¹⁰⁾と比べ高いとはいえなかったが、ポリフェノール含量があまり高くないピーマン等⁹⁾と比較した場合、ラジカル消去能は高いと考えられた。

抗酸化能は、生体内等で発生する活性酸素を消去し、発ガンや老化を抑制する機能であり、食品の機能性研究の中で注目をされている。

バレイショには、野菜と同じ様な抗酸化能を持つことが推察された。今回、*in vitro*の実験においても、バレイショが抗酸化性等の能力を持つことを明らかにした。今まで野菜等の抗酸化性については、様々な研究^{15,21)}がなされており、発ガン抑制等様々な成果が得られている。しかしながら、いも類は一部有色カンショ^{22,23)}での研究はなされているが、バレイショについての研究は十分な研究はなされていない。そこで、3品種の暖地バレイショの中で機能が最も高いと考えられるアイノアカで、その機能性について細胞やラットを用いて検討を行った。その結果、細胞レベルにおいては、ヒト正常細胞の細胞の増加が認められ、総細胞分裂数の増加する事が明らかになった。このことは、細胞においてバレイショパウダーが細胞の寿命を延長したといえる。また、増殖率や総細胞分裂数が酸素濃度に依存して増減することが明らかになった。総細胞分裂数の増減が酸素濃度に依存しているということは、細胞内で酸素消費等により増大する活性酸素の増大を抑制する可能性を示している。細胞内では、呼吸等により活性酸素が発生し、その活性酸素が細胞膜や遺伝子に障害を及ぼすことが明らかになっている。この影響が大きかった場合、細胞は、細胞分裂能力を有したまま細胞死を迎える。これを防ぐために細胞内においてはラジカルを含む活性酸素を消去する酵素のカタラーゼやスーパーオキシドディスムターゼ(SOD)が存在する。しかしながら、細胞内で必要以上に活性酸素が生成した場合など酵素だけで活性酸素の消去が満足に行われない場合は、抗酸化

物質等の関与がその細胞寿命に影響を与える可能性を示したものと考えられる。このことは、バレイショパウダー(A)の添加による細胞寿命の延長がテロメアーの短縮抑制等によるものではないと考えられた。このような結果から、バレイショパウダー(A)の摂取は、バレイショのもつ抗酸化物質等が細胞内の抗酸化性を高め、活性酸素等による細胞内変異物質の蓄積を抑制し、結果的に細胞寿命を延長させたと推察された。

また、様々なポリフェノール類に関する研究により、ポリフェノールの機能性は抗酸化作用や抗菌作用ばかりでなく、コレステロール低下作用がある¹³⁾ことが見いだされている。バレイショはポリフェノール類を含んでいることが明らかになったが、このような報告はない。そこで、バレイショ成分の脂質代謝における影響を検討した。その結果、バレイショパウダー(B)摂取による体重や臓器重量の変化は見られなかったが、血中のTGや総コレステロール量を減少させることが明らかになった。

バレイショは、15%程度がデンプンという炭水化物である。今回の実験では、そのデンプン成分を除き、アルコール可溶画分をバレイショパウダー(B)として用いている。このバレイショパウダー(B)の給餌が、ラットの体重や臓器重量を変化させることはなかったが、血中のTGや総コレステロール量の減少をもたらしたことは、バレイショパウダー(B)が、抗酸化性のみではなく、脂質代謝への影響がある可能性を示している。バレイショパウダー(B)及びバレイショのポリフェノール成分の一種であるクロロゲン酸(試薬)を短期間

摂取させることによって脂質の代謝に影響があることが推測された。しかし、脂質代謝に影響があるといえるまでの結果を導くことはできなかった。また、摂取1週間目の尿のタンパク質量測定では、その増加が認められた。この尿タンパク質の増加の理由については、現時点では不明である。これらのことを考え併せた追試験等、今後さらなる試験が必要であると考えられる。

このように、今回の *in vitro* 及び *in vivo* のバレイショの機能性研究において、バレイショは特に抗酸化性や亜硝酸分解能をもち、摂取により細胞寿命の延長効果や脂質代謝に影響がある可能性等が示唆された。いも類の中でもバレイショは調理加工範囲が広く、ほかのいも類よりも摂取量が多いと考えられる。これらのことはバレイショが優れた機能を持つ農作物というだけでなく、優れた機能性食品の原料になりうる可能性を持つことを示している。この研究を基に暖地バレイショのさらなる機能性研究を推進するとともに、その成果を利活用することによって暖地バレイショの需要の拡大を図る必要がある。

また現在、愛野馬鈴薯支場においてよりポリフェノール含量を高めた有色バレイショの育種研究が行われている。このバレイショは、有色(紫や赤)の特徴を持つだけでなく、現在のバレイショの約4倍以上のポリフェノール含量を持っているといわれている。この系統は、既存の暖地バレイショ品種よりも機能性が高いものになると考えられ、食品としての有用性が期待されている。

今後、バレイショ産地育成のために様々な方面からのバレイショ研究が望まれる。

5. 摘 要

長崎県の特産農産物である暖地バレイショが有する機能性について *in vitro* 及び *in vivo* での試験を行った結果、以下のことを明らかにした。

1) 暖地産バレイショには、80~96mg/100gf.w.のポリフェノールが存在することが明らかになった。また、ポリフェノール含量は品種間で差異があり、アイノアカが最も高かった。

2) 暖地産バレイショの3品種(アイノアカ、デ

ジマ、ニシユタカ)には、亜硝酸分解能及びラジカル消去能があることが明らかになった。この3品種の中では、亜硝酸分解能及びラジカル消去能のいずれにおいてもアイノアカが最も高かった。

3) ヒト正常細胞培養液中に蒸製したバレイショパウダー(バレイショパウダー(A))を添加し細胞の培養を行った場合、通常の培養液で培養した場合と比べ各継代期で高い増殖率を示す傾向が見ら

れた。また、総細胞分裂数（TPDN）を比較したところ、バレイショパウダー(A)を添加した培養液の細胞において、総細胞分裂数すなわち、細胞寿命の延長が有意に認められた。

4) バレイショからエタノール可溶成分を抽出しパウダー化（バレイショパウダー(B)）したものをラットの餌に添加し、ラットの脂質代謝等に与え

る影響について検討した。その結果、バレイショパウダー(B)を餌に添加し給餌した場合、ラットの体重や臓器重量の変化は認められなかったが、血中TG濃度及び総コレステロール量が低下傾向を示した。また、給餌後1週間目の尿タンパク質量が増加した。

6. 謝 辞

本研究を推進するに当たり、長崎大学薬学部放射線生命科学教室及び佐賀大学農学部食品栄養学教室には多大な御協力を頂いた。

また、日本女子大学食物学科生物化学研究室のグエン・ヴァン・チュエン教授には貴重な多くのご

助言をいただいた。

当场作物部長坂口荘一氏、愛野馬鈴薯支場長森憲昭氏には綿密なご校閲と数々のご助言を賜った。

本稿を草するにあたり、以上の各位および関係機関に衷心より感謝の意を表する。

7. 引用文献

- 1) Bartlett, R: Colorimetric assay methods for free and phosphorylated glyceric acids. *J. Biol. Chem*, 234, 469-471 (1959)
- 2) グエン・バン・チュエンら：コーヒーによる亜硝酸分解作用について、第52回日本栄養・食糧学会講演要旨集, 288 (1999)
- 3) 原貴洋ら：九農研, 62, 41 (2000)
- 4) 第48次長崎農林水産統計年報, 長崎農林水産統計情報事務所 (2001)
- 5) 石見佳子：植物ポリフェノールの機能性と安全性, *食品と開発*, 35, 6, 5-7 (2000)
- 6) Fletcher, J et al: A colorimetric method for estimating serum triglyceride. *Clin Chim. Acta*, 22, 393-397 (1968)
- 7) Folch, J. et al: A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol Chem*, 226, 497-506 (1957)
- 8) 井出利憲：細胞の老化・癌化とテロメア・テロメアーゼ, *実験医学*, 15, 1836 (1997)
- 9) 池田健一郎：特産野菜の環境付加軽減技術の確立, 流通と利用に関する試験成績書, 鹿児島県農産物加工研究指導センター (2001)
- 10) 北尾悟ら：ブドウ種子抽出物のラジカル補足能に及ぼす熱及びpHの影響と蒟蒻の製造, *食科工*, 48, 593 (2001)
- 11) 小松亜希ら：コーヒー及びクロロゲン酸によるニトロソアミン生成抑制効果について, 第54回日本栄養・食糧学会講演要旨集, 124 (2001)
- 12) Lowry, H et al: Protein measurement with the Folin Phenol reagent, *J. Biol. Chem*, 193, 265-275 (1951)
- 13) Matsumoto, N et al: Effect of black tea polyphenols on plasma lipids in cholestrrol-fed rats, *J. Nutr. Sci. Vitaminol*. 44, 337-342 (1998)
- 14) Miller, S et al: A sample salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells, *Nucleic Acids Res*, 16, 1215 (1988)
- 15) 任恵峰ら：無農薬栽培野菜の抗酸化性・抗菌性及びフラボノイド含量, *食科工*, 48, 246-252 (2001)
- 16) 西澤千恵子ら：コーヒーと茶類の抗変異原性, ラジカル消去作用及び抗酸化性の比較, *食科工*, 48, 533 (2001)

- 17) Renaud, S et al: Lancet 339, 1523-1526 (1992)
- 18) Renaud, S et al: Epidemiology 9, 2, 184-188 (1998)
- 19) 下園英俊：サツマイモの機能性評価・利用技術，流通と利用に関する試験成績書，鹿児島県農産物加工研究指導センター（2000）
- 20) Sperry, M. and Webb, M.: A revision of the Schoenheimer-Sperry method for cholesterol determination. J. Biol. Chem, 187, 97-106 (1950)
- 21) 新本洋士ら：野菜抽出物のヒト培養細胞株の増殖に対する作用のWST-1アッセイによる検討, 食科工, 43, 64-68 (1996)
- 22) 須田郁夫ら：FFI ジャーナル, 181, 59 (1999)
- 23) 須田郁夫ら：食科工, 44, 315 (1997)
- 24) 須田洋行：食品機能学への招待, 三共出版 (1995)
- 25) Watanabe, M et al: Karyotypic changes with neoplastic conversion in morphologically transformed golden hamster embryo cells induced by X-rays, Cancer Res, 50, 760-765 (1990)
- 26) Yang, S et al: Telomerase activity, telomere length, and chromosome aberrations in the extension of life span of human embryo cells induced by low-dose X-rays: J. Radiat Res, 39, 39-51 (1988)

Research on Function of Potato.

Yoshiki ICHIMARU, Kazuo INUTSUKA, Shiho KADODA, Masami WATANABE
Keizi SUZUKI, Teruyoshi YAMAGITA, Tsutomu IDE and Yoshio OGAWA

Summary

We studied the function of potato *in vitro* and *in vivo*.

- 1) Potatoes contained 80-96 mg/100g f.w. polyphenol content differ from each potato. AINOAKA is a most amount of polyphenol than other potatoes.
- 2) Potatoes (AINOAKA, DEZIMA and NISHIYUTAKA) in Nagasaki had both nitrite and anti-oxidant activity. Both activity of AINOAKA is stronger than DEZIMA and NISHIYUTAKA.
- 3) Enhanced cell proliferation was observed in normal human diploid cells cultured in the medium containing potato powder (A). The total population doubling numbers (TPDNs) of these cells increased significantly compared with those of the control cells, indicating that the life span of normal human cells is extended. Because there was no significant difference in the telomere length between the control cells and the cells cultured in a potato powder (A)-containing medium, it can be hypothesized that anti-oxidants in the potato powder (A) may ameliorate cellular aging.
- 4) The effects of dietary potato powder (B) on body weight, liver weight, the concentrations of triacylglycerol and cholesterol in plasma and liver and the concentration of protein in urea were studied in SD-rats fed non-cholesterol and cholesterol-enriched diets. Dietary potato polyphenol extract tended to decrease the plasma concentrations of triacylglycerol and total cholesterol in rats. The concentration of protein in urine were tended to be higher in rats fed the potato powder (B) diet compared to the controls.