

## 小果実に含まれるポリフェノールの血糖値上昇抑制とリパーゼ活性阻害

西 繁典<sup>1, 3)</sup>, 齋藤優介<sup>1, 3)</sup>, 小疇 浩<sup>2)</sup>, 弘中和憲<sup>2)</sup>, 小嶋道之<sup>1, 3)</sup>

(受付 : 2008年4月30日, 受理 : 2008年5月15日)

Blood glucose level rise control and pancreatic lipase inhibition of small fruits polyphenol

Shigenori Nishi<sup>1,3)</sup>, Yusuke Saito<sup>1,3)</sup>, Hiroshi Koaze<sup>2)</sup>, Kazunori Hironaka<sup>2)</sup>, Michiyuki Kojima<sup>1,3)</sup>

### 摘要

6品種のラズベリーを含む6種類の小果実に含まれるポリフェノールの組成と機能性について分析を行った。小果実に含まれるポリフェノール含量は種類により異なり、モノマー型およびオリゴマー型ポリフェノールの割合も顕著に異なっていた。*in vitro* 実験により、イエローラズベリー及びレッドラズベリーのポリフェノールに糖分解酵素活性阻害作用が認められた。ラズベリーのポリフェノールを一過的にマウスに与えたところ、イエローラズベリーのポリフェノールに血糖値上昇抑制作用が認められたが、レッドラズベリーのそれには顕著な作用が認められなかった。アントシアニン含量と腓リパーゼ活性の50%阻害を示すポリフェノール濃度(IC<sub>50</sub>)との間には正の相関が、オリゴマー型ポリフェノールの割合と腓リパーゼ活性の50%阻害を示すポリフェノール濃度(IC<sub>50</sub>)との間には負の相関が認められた。これらの結果は、腓リパーゼ活性の阻害作用は、アントシアニンなどのモノマー型ポリフェノールではなく、オリゴマー型ポリフェノールの含量に関係することを示唆している。今後、小果実ポリフェノールのメタボリックシンドローム抑制作用に関するヒトへの応用が期待される。

**キーワード :** 小果実, ポリフェノール, 血糖値, 腓リパーゼ, メタボリックシンドローム

近年、食習慣の変化に伴い、食事性脂肪の摂取量が増えている。食事性の脂肪が過剰に蓄積された状態が肥満であり、脂肪細胞の増加によりさまざまな因子が放出さ

れることで生活習慣病を加速させると考えられている (Fujioka et al. 1987)。そのような考えから、脂肪の消化吸収や抗肥満作用のあるフィトケミカルの探索が盛んに行われる

---

(<sup>1)</sup> 帯広畜産大学畜産科学科食料生産科学講座, 食品栄養科学研究室, (<sup>2)</sup> 食品工学研究室, (<sup>3)</sup> 岩手大学大学院連合農学研究科生物資源科学専攻生物機能開発学講座

(<sup>1)</sup>Laboratory of Food Nutritional Science, (<sup>2</sup>Laboratory of Food Engineering. Department of Food Production Science, School of Agriculture, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine. 080-8555, 11, nishi-2-sen, inada-cho, obihiro, Hokkaido, Japan. (<sup>3</sup>Divisions of Bioprocess Engineering Specialties of Science of Bioresources, United Graduate School of Agricultural Sciences, Iwate University. 020-8550 18-8, Ueda 3 chome, Morioka, Japan.)

ようになってきている(Okuda et al 2001)。また, 食事による急激な血糖値の上昇やインスリン抵抗性体質が生活習慣病のリスクファクターとも考えられている(岩佐 2002)。

ラズベリーなどの小果実には色調の異なるアントシアニン類が豊富に含まれており(McGhie et al. 2003), それらが眼精疲労の軽減や夜盲症患者の視力改善(Matsumoto et al. 2003; Tominaga et al. 1999), 抗がん作用(Hou 2003; Katsube et al. 2003),  $\alpha$ -グルコシダーゼ活性の阻害作用(McDougall et al. 2005)などを示すことが報告されている。また, アントシアニン類以外のフェノール化合物として, エラグ酸やエラグタンニンが含まれており, それらが抗酸化作用(Meyer et al. 1998),  $\alpha$ -アミラーゼ活性の阻害作用(McDougall et al. 2005), 抗がん作用(Losso et al. 2004)などを示すことも報告されている。また, ラズベリーの香り成分であるラズベリーケトン(カプサイシンの分子構造と類似しており, カプサイシンの3倍程度の脂肪燃焼効果が認められ(石見ら 2003; 寺田ら 2003), ダイエット効果を掲げた商品の開発, 販売が進んでいる。

十勝地方は, 入植した農家がさまざまな農産物や果実を植えて栽培適性を調査してきた経験がある。ラズベリーなどの小果実もその中の一つで, 現在も農家の庭先などで見られる果実である。また, 中山間地の比較的温暖な場所では, 他の小果樹類の栽培が行われており, 生食または加工品として様々に利用されている。ラズベリーには, 赤色, 黄色及び黒色の果実色を持った品種が存在し, 特にレッドラズベリーは耐寒性が強い。ラズベリー果実は, 熟すと簡単にヘタから外れるが, ブラックラズベリーと類似のブラックベリー果実は, 熟してもヘタから簡単に外れない点で容易に区別することができる。

本研究では, 十勝地方で採取可能な小果実のポリフェノールの特徴およびそれらが血糖値上昇及び膵リパーゼ活性に及ぼす影響を明らかにしようとした。

## 実験材料及び方法

### 1. 小果実の種類と抽出

3品種のレッドラズベリー(ヨーロッパキイチゴ,

*Rubus idaeus*, 品種名: Waindar-bayred, Skyna, Neutoka), 2品種のイエローラズベリー(ヨーロッパキイチゴ, *Rubus idaeus*, 品種名: Fargold, Golden-emperor)および1品種のブラックラズベリー(ヨーロッパキイチゴ, *Rubus idaeus*, 品種名不明)とブラックベリー(セイヨウヤブイチゴ, *Rubus fruticosus*, 品種名不明), グズベリー(セイヨウスグリ, *Ribes uva-crispa*, 品種名不明), レッドカーラント(フサスグリ, *Ribes rubrum*, 品種名不明), アサマベリー(クロマメノキ, *Vaccinium uliginosum*, 品種名不明), リンゴンベリー(コケモモ, *Vaccinium vitis-idaea*, 品種名不明)の果実は, 帯広市郊外の村田農場で8月から10月の収穫適期に収穫した。各小果実は冷凍保存後, 各果実をミキサーでホモジナイズしてピューレーとし, 12.5gに約3倍容の5%ギ酸メタノールを加えてアントシアニン類を含むポリフェノール類を抽出した(小嶋ら 2005)。この残渣は, 同様の操作を3回以上繰り返して抽出液を集め, 濃縮後に冷凍保存した。各抽出液はロータリーエバポレーターで減圧乾固し, 一定量の蒸留水に溶解後, HP20カラム(40×15mm)に供し, 蒸留水で洗浄後エタノール溶出画分を粗ポリフェノールとした。またその一部は濃縮後にLH-20カラム(40×15mm)に供して, エタノール, メタノールおよび60%アセトンで溶出して亜画分を分析に用いた(齋藤ら 2007)。

### 2. 血糖値の測定

13週齢の雄マウス(ddY系, 日本SLC)を一週間の馴化後に用い(小嶋ら 2007), 16時間の絶食後, 各ラズベリー果実ポリフェノールが250mg/kg体重になるように調製したものを糖投与の30分前にゾンデで経口投与し, 糖溶液(2g/kg体重, デンプン及びスクロース)を与えた。投与直後, 30分後, 60分後および120分後に尾端採血して, プレシジョンQ.I.D.(アボット)により血中グルコース濃度を測定した。動物実験は帯広畜産大学動物実験委員会の承認を得て, ガイドラインに従い行った。

### 3. 糖分解酵素活性と阻害率の測定

マウス小腸に5倍量のリン酸カリウム緩衝液(pH6.7)

を加えて攪拌後、1000rpm、3分間の遠心上清をリン酸カリウム緩衝液(pH6.7)で200倍希釈したものを酵素液( $\alpha$ -アミラーゼ活性測定用)とした。また、 $\alpha$ -グルコシダーゼ溶液は、酵母由来の $\alpha$ -グルコシダーゼ(EC 3.2.1.20, オリエンタル酵母)粉末を2U/mlになるようにリン酸カリウム緩衝液(pH6.8)を加えて調製した。糖分解酵素活性の測定は、生成した還元糖量を測定するDNS法で行った(齋藤ら 2007)。すなわち、1mlの0.5%デンプン溶液、0.6mlの0.1Mリン酸緩衝液(pH6.7)、0.2mlの1%塩化ナトリウム溶液を試験管に加えて反応混液を作成し、別のチューブに100 $\mu$ lの $\alpha$ -アミラーゼ溶液と100 $\mu$ lの粗ポリフェノール溶液の酵素混合液を作成した。両者は、37℃でプレインキュベート後、37℃で30分間インキュベートした。0.2mlの2M水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応を停止させ、0.2mlの1%ジニトロサリチル酸水溶液(発色剤)を加えて10分間沸騰浴中で発色させ、540nmの吸光値を測定した。糖分解酵素活性は生じた還元糖量から算出した。また、 $\alpha$ -グルコシダーゼ活性測定は、試験管に1.5mlの0.1Mリン酸緩衝液(pH6.8)、0.1mlの0.4Mショ糖水溶液、0.2mlの1%塩化ナトリウム溶液を加えて反応混液を作成し、別のチューブに100 $\mu$ lの $\alpha$ -グルコシダーゼ溶液と100 $\mu$ lの粗ポリフェノール溶液の酵素混合液を作成した。両者は37℃で10分間プレインキュベートし、混合後37℃で30分間インキュベートした。0.2mlの2M水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応を停止させ、0.2mlの1%ジニトロサリチル酸水溶液(発色剤)を加えて10分間沸騰浴中で発色させ、540nmの吸光値を測定した。糖分解酵素活性は生じた還元糖量から算出した。また、各試料を加えて同様の操作を実施した際の値との差より糖分解酵素活性の阻害率(%)及びIC<sub>50</sub>を算出した。

#### 4. ポリフェノール、アントシアニンおよび抗酸化活性の測定

総ポリフェノール量はFolin-Ciocalteu法(宮下ら 2005)で測定した。すなわち、0.1mlの試料、0.3mlの蒸留水、0.4mlのFolin試薬を加えて混和後に0.4mlの10%炭

酸ナトリウムを加えて攪拌後、30℃のウォーターバスで30分間反応した。3000rpmによる遠心上清の760nm吸光値を求め、新鮮重量100g当りのカテキン当量としてポリフェノール量を算出した。総アントシアニン量は、pH-differential法(Subramani et al. 2002)に従い、新鮮重量100g当りのシアニジン3-グルコシド量として算出した。アントシアニン組成は、逆相HPLC(島津製作所製)で分析した。40℃の逆相カラム; Phenomenex C18(4.6mm×250mm)を用い、流速1ml/minで溶出溶媒は0.1%トリフルオロ酢酸を含む蒸留水(溶離液A)と0.1%トリフルオロ酢酸を含むアセトニトリル(溶離液B)を溶離液Bが8%から30%まで30分間で上昇するグラジエント条件を用い、SPD-10ADvp検出器を接続して520nmで検出した。また、市販のシアニジン3-グルコシドを標準物質として用いた(宮下ら 2005)。抗酸化活性は、1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)ラジカル消去活性として評価した(小嶋ら 2006)。すなわち、150 $\mu$ lのサンプルに等量の0.5M DPPH-エタノール溶液を加えて混合後、暗所室温で15分間静置してマイクロプレートリーダー(MTP-300, コロナ)を用いて520nmにおける吸光値を測定し、新鮮重量100g当りのTrolox相当量として算出した。

#### 5. リパーゼ活性と阻害率の測定

膵リパーゼ活性は、トリオレインからのオレイン酸遊離量を基にして算出した(西ら 2007)。基質溶液は、9mlのTES緩衝液(pH7.0)に80mgのトリオレイン(Sigma)、10mgのレシチン(太陽化学)、5mgのコール酸ナトリウム(関東化学)を加え、超音波処理を行い調製した。20 $\mu$ lの基質溶液、30 $\mu$ lの豚由来膵リパーゼ(3mg/ml, EC 3.1.1.3, Sigma)、20 $\mu$ lの既知濃度のサンプル溶液をよく混和後、37℃、30分間反応させ、ただちにNEFA-Cテストワコー(和光純薬)を用いて遊離脂肪酸量を測定した。コントロールにおける遊離脂肪酸量との比較から、膵リパーゼ活性に対する阻害率(%)及びIC<sub>50</sub>を算出した。

## 実験結果および考察

### 1. 血糖値の上昇抑制及び糖分解酵素活性の阻害

レッドラズベリー, イエローラズベリーおよびブラックラズベリーのポリフェノールを一過的にマウスに投与して, デンプンを投与したとき, イエローラズベリーのポリフェノールを投与したマウスの30分後の血糖値にのみ有意な上昇抑制が認められ, コントロールの約80%の値を示した (Table 1)。また, スクロースを投与したときは, イエローラズベリーのポリフェノール液を投与して30分後にのみ有意に血糖値上昇抑制が認められ, コントロール値の約75%を示した。また, レッドラズベリーやブラックラズベリーのポリフェノールを投与したマウスの血糖値は, それぞれ糖投与後60分, 糖投与後120分後に, コントロールの血糖値より有意に高い値を示し, 血糖値の急激な低下の抑制が示された (Table 2)。

$\alpha$  - アミラーゼ活性に対するレッドラズベリー, イエローラズベリーおよびブラックラズベリーポリフェノールの50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) を測定したところ, レッドラズベリーポリフェノールの IC<sub>50</sub> は97ppb, イエローラズベリーポリフェノールのそれは101ppb, ブラックラズベリーポリフェノールのそれは588ppb であった (Table 3)。同様に  $\alpha$  - グルコシダーゼ活性に対する50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) を測定したところ, レッドラズベリーポリフェノールのそれは479ppb, イエローラズベリーポリフェノールのそれは314ppb であったが, ブラックラズベリーポリフェノールには阻害作用がほとんど認められなかった (Table 3)。*in vitro* 実験において, レッドラズベリーポリフェノールはイエローラズベリーポリフェノールと同程度に糖分解酵素の阻害が示されたが, *in vivo* 実験ではイエローラズベリーポリフェノールにのみ有意な血糖値上昇の抑制作用が認められた。これらのことか

Table 1 Blood glucose level (mg/dl) in short-term administration of RRBp, YRBP and BRBP after feeding with starch

Time (min)	Control	RRBP	YRBP	BRBP
0	87.5 ± 22.7	92.8 ± 9.3	85.8 ± 4.6	92.5 ± 12.9
30	300.0 ± 28.3	303.0 ± 26.3	239.0 ± 34.0*	313.8 ± 28.1
60	267.5 ± 62.2	240.0 ± 35.4	205.8 ± 26.4	253.0 ± 54.6
120	109.3 ± 25.7	106.8 ± 15.4	96.0 ± 14.4	100.8 ± 15.5

Abbreviations : RRBp, Red raspberry polyphenol ; YRBP, Yellow raspberry polyphenol ; BRBP, Black raspberry polyphenol.

Values are means ± standard deviations for 4mice.

\*p<0.05.

Table 2 Blood glucose level (mg/dl) in short-term administration of RRBp, YRBP and BRBP after feeding with sucrose

Time(min)	Control	RRBP	YRBP	BRBP
0	86.0 ± 11.5	92.0 ± 29.3	80.8 ± 15.8	93.3 ± 10.6
30	187.5 ± 16.1	191.5 ± 19.3	141.5 ± 20.7*	181.0 ± 10.6
60	155.3 ± 12.8	199.0 ± 31.9*	160.8 ± 32.7	178.3 ± 15.9
120	100.5 ± 9.9	112.5 ± 16.1	116.5 ± 37.2	122.3 ± 17.7*

Abbreviations : RRBp, Red raspberry polyphenol ; YRBP, Yellow raspberry polyphenol ; BRBP, Black raspberry polyphenol.

Values are means ± standard deviations for 4mice.

\*p<0.05.

らレッドラズベリーポリフェノールに含まれる成分が血糖値の上昇抑制作用を阻害する物質を含むかもしれないが、どのような成分に由来する作用なのかについては今後の課題である。McDougall の研究では、ラズベリーポリフェノールからゼラチン吸着法やゲルろ過法により分画したアントシアニン粗画分が  $\alpha$ -グルコシダーゼ活性を阻害し、エラグタンニン粗画分が  $\alpha$ -アミラーゼ活性を阻害することを報告している (McDougall et al. 2005)。しかし、本研究においてアントシアニンが主成分であるブラックラズベリーポリフェノールには、 $\alpha$ -グルコシダーゼ活性の阻害作用がまったく認められなかった。今回の結果から、アントシアニン画分に混入した微量化合物が、 $\alpha$ -グルコシダーゼ活性に影響を与えるのかもしれないが、ラズベリーアントシアニン類の  $\alpha$ -グルコシダーゼ活性の阻害作用については、今後さらに詳細な検討が必要である。

## 2. ポリフェノール及びアントシアニン含量と抗酸化活性

小果実の中でポリフェノール含量が最も高かったのはブラックラズベリー ( $6.61 \pm 0.17 \text{ mg/g}$ ) であり、次いでリンゴンベリー ( $6.54 \pm 0.09 \text{ mg/g}$ )、アサマベリー ( $5.93 \pm 0.04 \text{ mg/g}$ ) およびブラックベリー ( $4.57 \pm 0.08 \text{ mg/g}$ ) の順であった (Table 4)。また高い抗酸化活性を示したのは、ブラックベリー ( $26.3 \pm 0.0 \mu \text{ mol/g}$ ) であり、次いでブラックラズベリー ( $24.8 \pm 0.3 \mu \text{ mol/g}$ )、アサマベリー ( $18.3 \pm 1.1 \mu \text{ mol/g}$ ) 及びリンゴンベリー ( $16.9 \pm 1.0 \mu \text{ mol/g}$ ) であった (Table 5)。これらポリフェノール含量と抗酸化活性との間には正の相関が認められた ( $y = 2.1405x + 8.3332$ ,  $R^2 = 0.6364$ )。これらの結果から、小果実の抗

酸化活性はポリフェノール含量に相関することが示された。しかし、小果実類にはポリフェノール以外に抗酸化活性を示すアスコルビン酸やカロテノイドなどが含まれているので、それらとの相互作用についても今後検討する必要がある。

小果実の中でアントシアニン含量が最も多かったのは、ブラックラズベリー ( $416.2 \pm 17.1 \mu \text{ g/g}$ ) であり、次いでアサマベリー ( $130.7 \pm 6.7 \mu \text{ g/g}$ )、ブラックベリー ( $121.0 \pm 4.9 \mu \text{ g/g}$ )、リンゴンベリー ( $106.0 \pm 1.4 \mu \text{ g/g}$ ) であった (Table 4)。アントシアニン組成を検討したところ、レッドラズベリーの 1 種であるワイダーベールレッドでは Cyanidin-3-sophorosid, Cyanidin-3-glucorutinoside, Cyanidin-3-glucoside, Cyanidin-3-rutinoside が、ブラックラズベリーでは Pelargonidin-3-glucorutinoside や Cyanidin-3-rutinoside が、ブラックラズベリーでは Pelargonidin-3-glucorutinoside が主成分として認められ、ブラックラズベリーではこれら以外の成分も複数認められた。イエローラズベリー 2 品種では、他の果実と比較してアントシアニン含量がごく少なく (ファーゴールド;  $2.0 \pm 4.0 \mu \text{ g/g}$ , ゴールデンエンペラー  $0.9 \pm 0.0 \mu \text{ g/g}$ )、オリゴマー型ポリフェノールの割合が高い特徴が示された。

各小果実のポリフェノールを Sephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーで比較分析した。Sephadex LH-20 カラムクロマトグラフィーによる溶出パターンは、大まかなポリフェノールの分子量 (重合度) の違いを示すことが報告されている (Takahata et al. 2001)。すなわち、エタノール溶出画分は、主にモノマー型ポリフェノール、メタノール溶出画分には低重合度のポリフェノール類 (タ

Table 3 Polyphenol concentration which inhibits  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase activity to 50%

	50% inhibition concentration ( $\text{IC}_{50}$ , ppb)	
	$\alpha$ -amylase	$\alpha$ -glucosidase
RRBP	97	479
YRBP	101	314
BRBP	583	n.d.

n.d. : not detected



ニン類など；オリゴマー型ポリフェノール), 60% アセトン溶出画分には高重合度のポリフェノール類が溶出されると推察されている。ブラックラズベリーポリフェノールを亜画分に分別し, ポリフェノール含量を比較したところ, 全体の94%のポリフェノールがエタノールで溶出した。レッドラズベリーポリフェノールでは, 50%以上のポリフェノールがエタノールで溶出した。しかし, 2品種のイエローラズベリーでは, ファーゴールドで24%, ゴールデンエンペラーで34%のポリフェノールがエタノール溶出画分に認められた。また, イエローラズベリーポリフェノールの中で, 60%アセトンで溶出したポリフェノールの割合は59%と高かったのに対して, ブラックラズベリーやアサマベリーポリフェノールのそれは1%以下であった。グズベリーとリンゴンベリーポリフェノールは, メタノールで溶出したポリフェノールの割合が35%以上を示し, 他の果実とは異なる特徴を示した (Table 4)。これらのことからイエローラズベリー以外の果実のポリフェノール組成は, モノマー型が多い傾向にあり, 特にブラックラズベリーやアサマベリーでは顕著にモノマー型ポリフェノールが高い特徴を持つことが推察された。また他の果実中にはオリゴマー型ポリフェノールが含まれ, 果実の種類により, 重合度が異なることが示唆された。今後, オリゴマー型ポリフェノール類の詳細な構造解析が期待される。

### 3. 腓リパーゼ活性の阻害

各小果実ポリフェノールの腓リパーゼ活性に対する50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) を求めたところ, イエローラズベリーのファーゴールドで28.2ppm, ゴールデンエンペラーで31.7ppm 及びレッドラズベリーのヌートカで32.7ppm を示し, 高いリパーゼ活性阻害を示した (Table 5)。また, 各小果実のアントシアニン含量腓リパーゼ活性阻害の50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) との間には正の相関が認められ ( $y = 3.0444x - 205.5$ ,  $R^2 = 0.6744$ ), また, モノマー型ポリフェノールの割合と腓リパーゼ活性阻害の50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) との間にも正の相関 ( $y = 1.0784x + 4.8117$ ,  $R^2 = 0.7013$ ) が認められた。しかし, オリゴマー型ポリフェノールの割合と腓リパーゼ阻害の50%活性阻害濃度 (IC<sub>50</sub>) との間には負の相関が認められた ( $y = -1.08478x + 95.586$ ,  $R^2 = 0.702$ )。これらのことから, 腓リパーゼ活性の阻害はアントシアニンなどのモノマー型ポリフェノールではなく, オリゴマー型ポリフェノールに強く影響を受けることが推察された。

## 謝辞

本研究は帯広畜産大学21世紀 COE プログラム研究の一環として行いました。また, 試料果実を値供していただいた村田農場に感謝いたします。

Table 4 Polyphenol and anthocyanin contents of 11 fruits

Spiece	Variety	Polyphenol (mg/g FW)	Proportion of the polyphenol			Anthocyanin ( $\mu$ g/g FW)
			A	B	C	
Red raspberry	Waindarbayred	1.8 $\pm$ 0.1	55	1	44	30.4 $\pm$ 2.1
	Skyna	1.8 $\pm$ 0.0	49	1	50	37.6 $\pm$ 1.4
	Neutoka	1.8 $\pm$ 0.1	62	3	35	39.2 $\pm$ 1.1
Yellow raspberry	Fargold	1.3 $\pm$ 0.0	24	17	59	2.0 $\pm$ 0.4
	Goldenemperor	0.9 $\pm$ 0.0	34	22	45	0.9 $\pm$ 0.0
Black raspberry	-	6.6 $\pm$ 0.2	94	5	1	416.2 $\pm$ 17.1
Blackberry	-	4.6 $\pm$ 0.1	75	1	24	121.0 $\pm$ 4.9
Gooseberry	-	1.5 $\pm$ 0.1	42	38	20	30.6 $\pm$ 0.6
Redcurrunt	-	1.5 $\pm$ 0.0	58	12	30	31.3 $\pm$ 0.8
Asamaberry	-	5.9 $\pm$ 0.0	82	18	<1	130.7 $\pm$ 6.7
Lingonberry	-	6.5 $\pm$ 0.1	50	44	6	106.0 $\pm$ 1.4

The elution A ; ethanol fraction, B ; methanol fraction and C ; 60% acetone fraction of the LH-20 column.

Values are means  $\pm$  standard deviations.

Table 5 Antioxidant activity and pancreatic lipase inhibition of 11 fruits

Spiece	Variety	Antioxidant activity ( $\mu$ mol/g FW)	50% inhibition concentration of pancreatic lipase (IC <sub>50</sub> , ppm)
Red raspberry	Waindarbayred	13.8 $\pm$ 0.5	47.0
	Skyna	13.9 $\pm$ 0.3	44.2
	Neutoka	13.4 $\pm$ 0.5	32.7
Yellow raspberry	Fargold	11.3 $\pm$ 0.4	28.2
	Goldenemperor	7.9 $\pm$ 0.2	31.7
Black raspberry	-	24.8 $\pm$ 0.3	81.1
Blackberry	-	26.3 $\pm$ 0.0	53.6
Gooseberry	-	7.8 $\pm$ 1.0	54.6
Redcurrunt	-	10.3 $\pm$ 0.4	46.4
Asamaberry	-	18.3 $\pm$ 1.1	69.7
Lingonberry	-	16.9 $\pm$ 1.0	41.3

Values are means  $\pm$  standard deviations.

## 引用文献

- Fujioka S., Matsuzawa Y., Tokunaga K., Tarui S., 1987. Contribution of intra-abdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36: 54-59
- Hou DX, 2003. Anthocyanidins induce apoptosis in human promyelocytic leukemia cells, structure-activity relationship and mechanisms involved. *International Journal of Oncology* 23:705-712
- 石見百江, 嶋津孝, 寺田澄玲. 2003. ラズベリーケトンがラットのエネルギー代謝に及ぼす作用 (I) 酸素消費ならびに呼吸商への影響. *肥満研究* 9: 296-301.
- 岩佐寧. 2002. 医学医療の進歩: 虚血性心疾患の疾患概念の変化とリスク評価. *日本保険医学会誌* 100: 35-45
- Kahkonen MP, Heinamaki J, Ollilainen V, Heinonen M., 2001. Berry anthocyanins: isolation, identification and antioxidant activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83:1403-1411
- Katsube N, Iwashita K, Tsushida T, Yamaki K, Kobori M. 2003. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:68-75
- 小嶋道之, 宮下淳一, 前田龍一郎, 稲川裕, 村松祐司. 2005. プラム中の抗酸化活性を有する機能性成分. *日本食品科学工学会誌* 52: 507-511
- 小嶋道之, 山下慎司, 西繁典, 齋藤優介, 前田龍一郎. 2006. 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* 53: 386-392
- 小嶋道之, 西繁典, 齋藤優介, 小嶋浩, 弘中和憲, 前田龍一郎. 2007. 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. *日本食品科学工学会誌* 54: 50-53
- Losso JN, Bansode RR, Trappey A 2nd, Bawadi HA, Truax R. 2004 In vitro anti-proliferative activities of ellagic acid. *The Journal of nutritional biochemistry* 15: 672-8
- Matsumoto H, Nakamura Y, Tachibanaki S, Kawamura S, Hirayama M. 2003. Stimulatory effect of cyanidin3-glycosides on the regeneration of rhodopsin. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 51:3560-3563
- McDougall GJ, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. 2005. Different polyphenolic components of soft fruits inhibit alpha-amylase and alpha-glucosidase. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53:2760-6
- McGhie, .TK., Ainge, G.D., Barnett, L.E., Cooney, J.M., Jensen, D.J., 2003. Anthocyanin Glycosides

from Berry Fruit Are Absorbed and Excreted Unmetabolized by Both Humans and Rats, Journal of Agriculture and Food Chemistry 51: 4539 -4548

Meyer AS, Heinonen M, Frankel EN. 1998. Antioxidant interactions of catechin, cyanidin, caffeic acid, quercetin, and ellagic acid on human LDL oxidation. Food Chemistry 61:71-75

宮下淳一, 小嶋道之. 2005. プラムとブルーベリーに含まれるポリフェノール量と抗酸化性との相関. 帯広畜産大学研究報告 26 : 13-19

西繁典, 齋藤優介, 小嶋浩, 弘中和憲, 小嶋道之. 2007. シーベリー葉ポリフェノールによる高脂肪食投与雄マウスの抗肥満効果. 日本食品科学工学会誌 54 : 477-481

Okuda H., Han, L.K., 2001. Medicinal plant and its related metabolic modulators. Folia Pharmacologica Japonica 118:347-351

齋藤優介, 西繁典, 小嶋浩, 弘中和憲, 小嶋道之. 2007. 豆類ポリフェノールの抗酸化活性ならびに $\alpha$ -アミラーゼ及び $\alpha$ -グルコシダーゼ阻害活性. 日本食品科学工学会誌 54 : 563-567

Subramani S, Casimir CA, Gerard K. 2002. Phenolic compounds and antioxydant capacity of georgia-grown blueberries and blackberries. Journal of Agriculture and Food Chemistry 50:2432-2438

Takahata Y, Ohnishi-Kameyama M, Furuta S, Takahashi, M, 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

寺田澄玲, 石見百江, 嶋津孝. 2003. ラズベリーケトンがラットのエネルギー代謝に及ぼす作用(II) 組織ならびに血中の脂質代謝動態に対する効果. 肥満研究 9 : 302-307

Tominaga S, Matsumoto H, Tokunaga T. Hirayama M. 1999. Effects of blackcurrant anthocyanosides on visual function. pp143 Proceeding of the 2nd ICOFF,

2nd ICOFF Secretariat. Kyoto

## Summary

In this research, we extracted polyphenol from six types of raspberry and five kinds of small fruits, and the composition and the functionality were compared. The content of the polyphenol was different according to the small fruits kind, and a big difference was detected in the composition like the anthocyanins content and the ratio of the oligomer type polyphenol. When functionalities were compared, the anti-oxidation revitalization and the pancreatic lipase obstruction revitalization were different depending on the kind of small fruits. The correlation was detected when the content of the polyphenol was compared with the anti-oxidation revitalization and it was suggested that the anti-oxidation revitalization originated in the polyphenol. Moreover, it was suggested that a positive correlation was admitted between IC50 of the anthocyanins content and the pancreatic lipase revitalization obstruction, and a negative correlation was detected between the ratio of the oligomer type polyphenol and IC50 of the pancreatic lipase revitalization. The pancreatic lipase obstruction originated in not a monomeric polyphenol like anthocyanins but the oligomer type polyphenol. When the sugar solution enzyme obstruction revitalization was examined by using the raspberry extracted material with different red, yellow, black fruits color, a high obstruction action was detected in a red and yellow raspberry. However, when the animal experiment was done by using these raspberries, only the yellow one showed the blood glucose level rise control action, and a result different from the in vitro experiment was shown. The application of the metabolic syndrome control action of these small fruits to the human will be expected in the future.

[key words] berry, polyphenol, blood glucose level, pancreatic lipase, metabolic syndrome