HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アロニアおよびハスカップ果実に含まれるアントシアニンの抗酸化能に関わる諸要因の解析［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	髙橋, あずさ
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11818号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58632
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Azusa_Takahashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：　博士（農学）　　氏　名　髙橋　あずさ

学位論文題名

アロニアおよびハスカップ果実に含まれるアントシアニンの抗酸化能に関わる諸要因の解析

ヒトの三大成人病は生体内酸化ストレスなどが原因で発症するといわれ、予防医学の観点から、食品中の抗酸化成分に注目が集まっている。その代表格が植物色素のアントシアニンであり、赤ワインやブルーベリー果実などに含まれ、酸化ストレスの原因物質である活性酸素の消去に効果を発揮するといわれている。北海道特産小果樹のアロニア（*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott）およびハスカップ（*Lonicera caerulea* L.）も、果実にアントシアニンを豊富に含むことから、健康食品素材としての活用が期待されている。しかし、これら果実のアントシアニン組成および含量の系統間差、ならびに果実の抗酸化能に対するアントシアニンの寄与の程度ついては、未解明な点が多い。さらに、果実成熟段階および収穫年次に伴うアントシアニン含量の変動についても明らかにされておらず、その態様を知ることは、機能性食材として果実の利用拡大を図る上で大変重要である。また、アントシアニンが豊富なこれらの果実が in vitro で高い抗酸化能を示すとしても、ヒトの体内で機能性を発揮するには腸管から吸収されることが前提となる。しかし、現状では、腸管におけるアントシアニンの吸収動態に関する知見は乏しい。そこで、本研究では、アロニアおよびハスカップ果実に含まれるアントシアニンの特徴を多面的に捉え、その含量と抗酸化能との関連を明らかにするとともに、果実抽出色素をラットが摂取した場合の腸管におけるアントシアニン吸収動態、ならびに抗肥満および脂質代謝改善などに及ぼす色素給餌の効果について検討した。得られた結果の概要は、以下のとおりである。

１．果実に含まれるアントシアニンの特徴と抗酸化能との関連

ハスカップおよびアロニア果実に含まれる色素成分の特徴を比較した結果、色素中のアントシアニン組成は大きく異なるが、濃度を一致させた場合同程度の抗酸化能を有し、その値はアントシアニンが豊富なことで知られるビルベリー色素に比べて高いことがわかった。この場合、アロニアおよびハスカップ色素のアントシアニン組成は、ビルベリーのそれと比べて単純であった。次に、ハスカップ果実におけるアントシアニン含量の個体間差および栽培化の影響を調べるため、遺伝的背景が極めて近いと考えられる勇払原野（北海道苫小牧市柏原）に自生する野生個体 100 株、ならびに約 20 年前に同一地区から堀上げ北大農場（札幌市）に移植した株（約 50 株）のうち現存する 31 株から果実を採取し分析した。その結果、野生個体群のアントシアニン含量には幅広い変異が確認され、野生個体群が遺伝的多様性を内包していることがわかった。また、野生個体群のアントシアニン含量と抗酸化能には正の相関が認められ、ハスカップ果実の抗酸化能がアントシアニン含量に依存していることも明らかになった。野生個体群と栽培個体群を比較すると、総ポリフェノール含量および ORAC 値について両群の平均値間に統計的有意差（$P<0.05$）が認められ、機能性成分含量や抗酸化能が環境の違いにより変化することも明らかになった。また、ア

ントシアニン含量に個体間、年次間、栽培環境および成熟段階別の大きな差異が認められたのに対し、その組成に著しい差異は認められなかった。従って、アントシアニン組成は種に特有の形質であり、果実から抽出・精製・濃縮されたアントシアニンの組成および機能性は安定しているもの判断された。

２． ラット小腸におけるアントシアニンの吸収動態

果実色素抽出物のアントシアニン組成が栽培条件によらず安定していたことから、これを用いてラットの生体に及ぼす影響を調査した。ハスカップおよびアロニア色素の 1%アントシアニン溶液を作製し、小腸結紮ループ法を用いてラット腸管に投与後、門脈および下大静脈血中アントシアニン濃度を投与 30 分後まで経時的に測定した結果、ハスカップ果実の主要なアントシアニン（Cy 3-glc）はアロニア果実のそれ（Cy 3-gal）よりも吸収され易いことが判明した。次に、吸収が悪い Cy 3-gal について、他の食品成分との併用が Cy 3-gal の吸収に及ぼす影響を調査した。すなわち、腸管吸収と関連のあることが報告されているカプサイシン（トウガラシの辛味成分）をアロニア色素に混ぜて投与した結果、カプサイシン併用区の門脈血中 Cy 3-gal 濃度が投与 10 分後以降対照区の 2 倍以上に増加し、カプサイシンが Cy 3-gal 吸収を促進することが明らかになった。

３． ラットの脂質代謝、血糖値および腎障害に及ぼす果実色素抽出物の給餌効果

脂肪給餌によって肥満させたラットに、各種果実アントシアニン色素抽出物を与えたところ、肥満の改善には至らなかった。次に、ラットを肥満させる過程で高脂肪飼料に色素抽出物を添加したところ、果実の種類を問わず、色素添加飼料を与えられたラットで内臓脂肪の蓄積量が減少し、血中の脂質濃度も低下することが確認された。従って、果実色素添加は、ラットの肥満防止に有効であると考えられる。この原因を探るため、コーンオイルエマルジョンを主体とした高濃度脂質に色素抽出物を混ぜ、経口投与後のラット血中脂質濃度を経時的に調べたところ、色素添加区の血中脂質濃度が対照（色素無添加）区より低く推移した。そこで、膵リパーゼ活性に及ぼす色素添加の影響を調べたところ、強いリパーゼ活性阻害が確認された。この結果は、添加された色素が脂質の消化を抑制し、腸管から吸収される脂肪の量を減少させた結果、血中脂質濃度が低下したことを示している。従って、色素抽出物給餌によるラット肥満防止効果の一因は、脂肪分解の抑制にあることが明らかになった。次に、スクロースを投与したラットの食後血糖値上昇に及ぼす色素添加の影響を調べたところ、アロニアおよびハスカップ果実抽出色素は、いずれも血糖値の急激な上昇を抑制することが明らかになった。この原因として、腸管内で起こるスクロースの酵素的分解を果実色素が阻害したことが考えられる。また、臭素酸カリウム投与（酸化ストレス）で人為的に誘発したラットの腎障害に及ぼす色素抽出物給餌の影響を調べたところ、アロニア色素添加区において、腎障害が軽減されるとともに血液および腎臓の ORAC 値が高いこと（$P<0.05$）を確認した。これにより、給餌したアロニア色素が生体内で抗酸化能を発揮し、人為的な酸化ストレスにより誘発される腎障害を軽減することが実証された。

以上の研究により、アロニアおよびハスカップ果実は異なる種類のアントシアニンを豊富に含有し、その色素抽出物はいずれも抗酸化能が高く、ラット腸管における吸収動態に違いはあるものの、いずれも脂質代謝改善および血糖値の上昇抑制などの機能性を発揮することが実証された。これらの成果は、果樹産業の振興ならびにヒトの健康増進に貢献するものと期待される。