

宮崎県におけるブルーベリー葉の 機能性研究と事業化への取組



まつうら やすし
鹿児島大学理学部生命化学科
卒業、宮崎県入庁、環境森林
部環境対策推進課、商工観光
労働部食品開発センターを
経て、現在、宮崎県食品開発
センター食品開発部主任研究員。

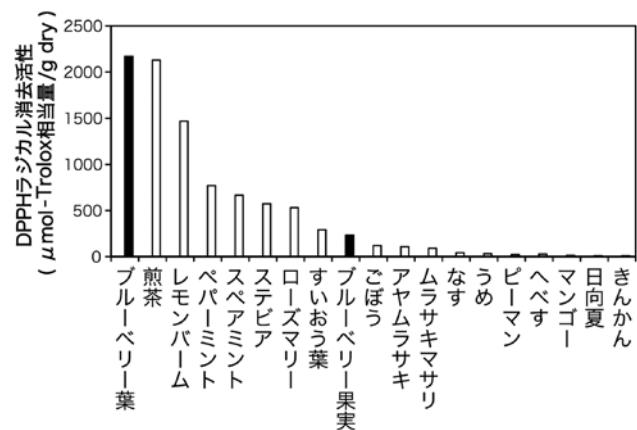
松 浦 靖

● 1. 研究のきっかけ ●

平成15年4月から当センターでは、バイオマーカーによる県産農産物の機能性評価に関する研究を行い、機能性の中でも抗酸化活性に着目して一斉スクリーニングを開始した。サンプルのほとんどは当県総合農業試験場で栽培されているものを適期に収穫し、可食部と非可食部に分けて凍結乾燥し、53作物、88品種、153部位の抗酸化活性（DPPHラジカル消去活性）を測定した¹⁾。その結果、茶やハーブ類が高い抗酸化力を示した。このような試験を行う中、予定外にブルーベリー葉が持ち込まれ、ブルーベリーの葉は、それまでに集めたサンプルの中では、緑茶葉に匹敵するほどの非常に高いラジカル消去活性を示した。また、アントシアニンを多く含み、抗酸化活性が高い²⁾ ことでも知られるブルーベリー果実の抗酸化活性と比較しても約10倍高値を示した（第1図）。各種生活習慣病の発症は、生体内での活性酸素、フリーラジカルの過剰発生と関連している^{3,4)}。ブルーベリー葉に抗酸化活性が高いことを見いだしたこの偶然をきっかけに、生活習慣病等の予防が期待できる食品素材として果実ではなく葉を注目するようになった。

● 2. 産学官連携共同研究 ●

当県では平成16年1月に科学技術振興機構（JST）から宮崎県地域結集型共同研究事業の採択を受け、県内初となる産学官大型共同研究プロジェクトを開始した。財団法人宮崎県産業支援財団（現：公益財団法人宮崎県産業振興機構）が中核機関となり、当センターの他、宮崎大学医学部・農学部、当県工業技術センター、当県総合農業試験場、県内食品製造業数社が参画し、「食の機能を中心としたがん予防基盤技術創出」に取り組むことになった。本事業では、「ウイルス感染を背景に発症するがん」を食の機能性により予防する



第1図 代表的な当県産農産物の抗酸化活性比較

ことをテーマとして、代表的な農産物を網羅的に解析した。培養細胞を使ったがん細胞増殖抑制試験等において、すべての試験項目で高い活性を示したのがブルーベリー葉であった(第1表)。ブルーベリーは、ツツジ科、スノキ属に分類される北アメリカ原産の落葉果樹であり、品種は北部ハイブッシュ系、南部ハイブッシュ系、ローブッシュ系およびラビットアイ系など多岐にわたる⁵⁾。宮崎大学が保有する各品種の葉のラジカル消去活性を比較したところ、特に暖地向けの品種であるラビットアイブルーベリー葉が高値を示した⁶⁾。このようにラビットアイ系が選抜されたことは、温暖な気候で豊かな食を生み出す「日本のひなた宮崎県」にとって好都合であった。

● 3. ブルーベリー葉に含まれる特徴的成分と生理機能●

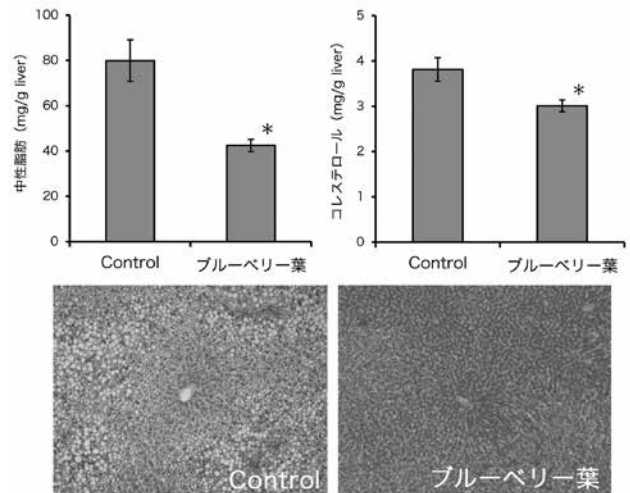
ブルーベリー葉熱水抽出液の味は、ポリフェノール成分による渋味、有機酸であるキナ酸の酸味により作り出され、ハーブティーのような味わいがある。ポリフェノール成分としては、主にクロロゲン酸、ルチン、フラバン-3-オールが多数重合したプロアントシアニジンが含まれる⁷⁾。一方、キナ酸はブルーベリー乾燥葉 1 g に 100 mg 程度含まれることがわかっている。キナ酸を多く含む食品素材としてサンザシ完熟果、クランベリー、緑茶乾燥葉、ウーロン茶乾燥葉などがあり、最も多いもので 1.6% 程度である⁸⁾。キナ酸はビタミン臭を抑制する作用⁹⁾があり、風味改善作用などポリフェノールがもつ生理機能(三次機能)とは異なる機能が期待される。

ブルーベリー葉の生理機能として、動物を用いた実験において、脂質代謝改善作用^{10, 11, 12)}(第2図)、血圧上昇抑制作用^{13, 14)}(第3図)、インスリン抵抗性改善作用¹⁵⁾等が認められた他、近年ではドライアイ改善効果¹⁶⁾、アルコール代謝亢進作用およびアルコール性肝障害抑制作用¹⁷⁾などの新たな機能も明らかになってきた。また、様々な生理機能が明らかになる一方で、一部の生

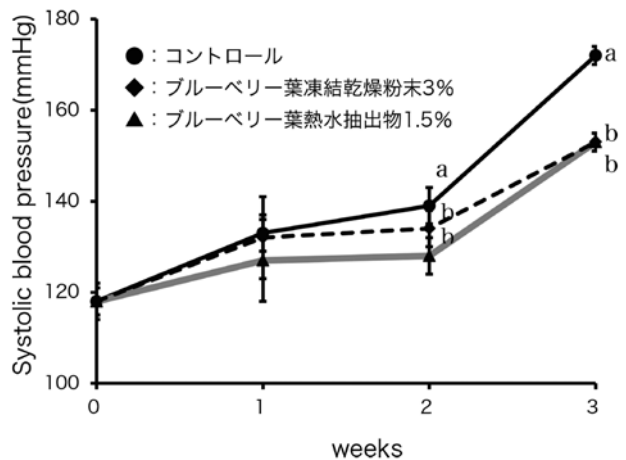
第1表 *in vitro* 試験において高い活性を示した作物

機能性	抗酸化活性	肝がん細胞増殖抑制活性	ATL細胞・HTLV1感染細胞増殖抑制活性	HCV複製抑制活性
作物	ブルーベリー葉 茶 ハーブ類	ブルーベリー葉 茶 ハーブ類 ニガウリ種子 サトイモ皮	ブルーベリー葉 ハーブ類 ニガウリ種子 サトイモ皮	ブルーベリー葉 サトイモ皮

ATL: Adult T-cell Leukemia (成人T細胞白血病)
HTLV1: Human T-cell Leukemia Virus Type I (ヒトT細胞白血病ウイルス型)
HCV: Hepatitis C Virus (C型肝炎ウイルス)



第2図 Sprague-Dawley ラット肝臓の脂質濃度 (カラー図表を HP に掲載 C004)
 平均値 ± 標準誤差 (n = 7-8), *p<0.05
 写真はラットの肝臓組織, 白い部分は脂肪滴
 Yuji et al, *J. Oleo. Sci.*, **62**, 89-96 (2013).



第3図 高血圧自然発症ラット (SHR) における収縮期血圧の変化
 平均値 ± 標準誤差 (n = 6, 異なる文字間に有意差あり (p<0.05)
 松浦ら, 日本食品科学工学会誌, **60**, 689-694 (2013).

理機能における関与成分がプロアントシアニジンである^{11, 14, 18, 19)}ことも明らかになった。

●4. ブルーベリー葉の生産体制の確立●

ブルーベリー葉には、様々な生理機能が見いだされ、ブルーベリー葉の効果的利用により健康増進が期待できるものと考えられたため、次は葉を安定供給するための生産体制の確立が必要となってきた。果実生産のための栽培では生産コストが高いことから、茶の栽培法を改良し、1年生の挿し木苗を一定間隔で密植させ、農薬不使用で定植2年目以降から収穫を開始できる栽培法を確立した(第4図)。3年目以降の成園では10アールあたり1.5トン以上の生葉を収穫できるようになった。なお、密植栽培における挿し木苗の生産では、緑枝挿し、休眠挿しによる半年苗生産技術も同時に確立し、安定してブルーベリー苗を生産・供給できるようになった。収穫は、当初手摘みによるものであったが、産業化には機械収穫が必須であることから、茶の収穫機を改良し、茎ごと収穫することで時間とコストを抑えることが可能と

なった。現在では、茶用摘採機の改良による生産性向上を図り、大規模化、産地化に対応できるようになった(第5図)。このように産業化を目指し、平成21年8月に宮崎ブルーベリー葉栽培連絡協議会が設立され、20戸を超える生産者が参加して生産体制を整えた。現在では、宮崎県産高機能ブルーベリー葉を地域ブランドとするため、「宮崎県ブルーベリー葉栽培指針(宮崎大学作成)」に基づき、高品質な葉の栽培に取り組んでいる。この他にも、当県独自ブランド確立のため、ラビットアイブルーベリーの品種交雑からプロアントシアニジン含量が高く、葉栽培に適した品種を得て、世界初の葉専用品種「くにさと35号」を宮崎大学と宮崎県産業支援財団が共同で品種登録した(農林水産省登録第23433号)。現在は、この品種の栽培普及を進め、地域ブランド化をさらに強化している。

●5. ブルーベリー葉の加工●

ブルーベリー葉は野菜ではないため、生で食することはなく、緑茶などと同様、茶として飲用するか、または粉末素材を健康食品などとして利用



第4図 密植栽培によるブルーベリー葉の効率的な栽培 (カラー図表をHPに掲載 C005)
A: 定植後の様子, B: 定植2年目以降の様子



第5図 収穫の様子 (カラー図表をHPに掲載 C006)
A: 当初の手摘み作業, B: たばこ作業車 AP-1 を改良した収穫機, C: 茶用摘採機



第6図 ブルーベリー葉茶の加工において重要な殺青と炒り葉工程（カラー図表をHPに掲載 C007）
A：殺青のため過熱筒へ生葉を送る給葉機，B：過熱筒，C：炒り葉機

することが想定された。緑茶などの不発酵茶は、ポリフェノール成分の酸化を防ぐために、加工初期段階で加熱による蒸熱（酵素失活）を行い、乾燥して得られる²⁰⁾。ブルーベリー葉も同様の加工を行い、茶葉を得ようと試みたが、はじめは渋さと青臭さが際立ち、飲みづらく、おいしさの点では課題があった。これを改善するため、九州地方特有の釜炒り製法²¹⁾による加工を試みた。釜炒り製法は、煎茶の蒸熱工程で行う酵素失活を、釜で炒ることにより酸化酵素を失活させるのが特徴であり、この工程は殺青と呼ばれる。茶葉加工にこの製法を取り入れたことで、釜炒り独特の風味が付与され、評価を下げる原因だった青臭さが改善された（第6図）。また、加工方法以外にも収穫時期の違いによる葉の成分含量の違いを明らかにし、ブルーベリー葉茶に適した原料葉を見極めることで、クオリティを高めたブルーベリー葉茶を開発することができた。

●6. ブルーベリー葉の商品化●

ブルーベリー果実は食経験が十分あるものの、葉は食用として利用されていなかった。メディカルハーブ広報センター（米国ハーブ製品協会）のクラス分類では、クラスI（適切に使用する場合、安全に摂取することができるハーブ）に該当する²²⁾とされているが、健康食品として販売・利用するためにはさらなる安全性試験の実施が不可欠であった。そこで、亜急性毒性試験（90日間反復投与試験）、ヒト過剰摂取試験等を実施し、その結果を総合的に判断し、ブルーベリー葉の安全性を示すことができた。これまでに多くの時間と費用を要してきたが、ようやくブルーベリー葉を新規機能性食品素材として、市場に投入できるための準備が整った。

しかし、先が見えない新規食品の開発に参入する企業は少なく、商品化は思うように進展しなかった。そのような中、平成23年1月に宮崎ブル



第7図 ブルーベリー葉を利用した食品（カラー図表をHPに掲載 C008）
A：ブルーベリー乾燥葉，B：ブルーベリー葉茶「ベリーフ」



第8図 ブルーベリー葉エキス粉末を利用した食品 (カラー図表をHPに掲載C009)
 A: 熱水抽出エキス粉末, B: サプリメント「ベリーフゴールドA」, C: ドリンク「ブルーベリー葉のチカラ」

ーベリー葉栽培連絡協議会会員数名により宮崎大学発ベンチャー企業「株式会社なな葉コーポレーション」ⁱ⁾が設立された。会社設立後は、ブルーベリー葉茶の商品化を行うことができ、約8年をかけ、研究の成果が実を結んだ(第7図)。その後、さらなる需要拡大を図るため、平成24年10月にブルーベリー葉エキスを粉末化した素材を備前化成株式会社(岡山県赤磐市)と共同で開発したⁱⁱ⁾。現在では、エキス粉末素材を原料とした飲料やサプリメント等の健康食品が全国の企業で開発・販売されている(第8図)。

●7. おわりに●

平成15年にはじまったブルーベリー葉の研究は、国の事業や当県内関係者の支援を受けながらここまで進めることができ、得られた研究成果を十分に活用して、ブルーベリー葉を機能性食品として商品化することができた。この当県オリジナルの研究成果の活用により、新たな産業が創出され、6次産業化にも結びついた。近年、茶やタバコ栽培が厳しくなる中で、新規作物としてブルーベリー葉が普及することを期待する。今後、地域活性化のモデルケースとして、国内のみならず国外からも注目を集め、地域の活性化に繋がることを期待している。

参 考 文 献

- 1) 柚木崎千鶴子, 小村美穂, アショク・クマル・サーカー, 岡部玲二 (2003). 県内産農産物の抗酸化活性, 宮崎県工業技術センター・宮崎県食品開発センター研究報告, **48**, 91-98.
- 2) Wu, X., Beecher, G. R., Holden, J. M., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E. and Prior, R. L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States., *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 4026-4037.
- 3) 大澤俊彦 (2009). がん予防と食品—デザイナーズフードからファンクショナルフードへ, 日本食生活学会誌, **20**, 11-16.
- 4) 矢賀部隆史, 宮下達也, 吉田和敬, 稲熊隆博 (2013). 野菜と果物の色に宿るチカラ—野菜や果物に含まれるカロテノイドと疾病の予防, 改善, 日本農芸化学会誌, **141**, 256-261.
- 5) 伴塚也, ブルーベリーの品種の変遷と最近の研究動向 (2014). 園学研, **13**(3), 185-191.
- 6) Tsuda, H., Kunitake, H., Kawasaki-Takaki, R., Nishiyama, K., Yamasaki, M., Komatsu, H. and Yukizaki, C. (2013)., Antioxidant Activities and Anti-Cancer Cell Proliferation Properties of Natsuhaze (*Vaccinium oldhamii* Miq.), Shashanbo (*V. bracteatum* Thunb.) and Blueberry Cultivars., *Plants*, **2**(1), 57-71.
- 7) Matsuo, Y., Fujita, Y., Ohnishi, S., Tanaka, T., Hirabaru, H., Kai, T., Sakaida, H., Nishizono, S., and Kouno, I. (2010)., Chemical Constituents of the leaves of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) and characterization of polymeric proanthocyanidins

- containing phenylpropanoid units and A-type linkages. *Food Chemistry*, **121**, 1073-1079.
- 8) 服部時久, 藤元紀, 藤本正司, 渡辺康 (2002). キナ酸の抽出, 精製方法, 特許第3347822号, 9月6日.
 - 9) 戸川真, 村西修一, 増田秀樹, 岸本憲明, 田野達男 (2012). ビタミン臭抑制剤. 特許第4921630号, 2月10日.
 - 10) Nagao, K., Higa, K., Shirouchi, B., Nomura, S., Inoue, N., Inafuku, M. and Yanagita T. (2008). Effect of *Vaccinium ashei* reade Leaves on Lipid Metabolism in Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty Rats., *Biosci. Biotech. Biochem.*, **72**, 1619-1622 .
 - 11) Inoue, N., Nagao, K., Nomura, S., Shirouchi, B., Inafuku, M., Hirabaru, H., Nakahara, N., Nishizono, S., Tanaka, T. and Yanagita, T. (2011). Effect of *Vaccinium ashei* reade Leaf Extracts on Lipid Metabolism in Obese OLETF Rats. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **75**, 2304-2308 .
 - 12) Yuji, K., Sakaida, H., Kai, T., Fukuda, N., Yukizaki, C., Sakai, M., Tsubouchi, H. and Kataoka, H. (2013). Effect of dietary blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) leaves on serum and hepatic lipid levels in rats. *J. Oleo S ci.*, **62**, 89-96 .
 - 13) Sakaida, H., Nagao, K., Higa, K., Shirouchi, B., Inoue, N., Hidaka, F., Kai, T. and Yanagita, T. (2007). Effect of *Vaccinium ashei* reade leaves on angiotensin converting enzyme activity in vitro and on systolic blood pressure of spontaneously hypertensive rats in vivo. *Biosci. Biotech. Biochem.*, **71**, 2335-2337 .
 - 14) 松浦靖, 金子真緒, 平原秀秋, 日高史絵, 境田博至, 柚木崎千鶴子, 窄野昌信 (2013). 高血圧自然発症ラットにおけるブルーベリー葉の血圧上昇抑制作用, 日本食品科学工学会誌, **60**, 689-694 .
 - 15) Yamasaki, M., Matsuyama, Y., Hayasegawa, R., Hamada, K., Nishiyama, K., Kai, T., Kamenaga, K., Arakawa, T., Tari, H., Shi mizu, Y., Matsuura, Y. and Yukizaki, C. (2015). Blueberry (*Vaccinium virgatum Aiton*) leaf extract ameliorates insulin resistance in mice fed a high-fat, high-sucrose diet. *Food. Sci. Technol. Res.*, **21**, 827-833.
 - 16) 備前化成株式会社 (2015). 眼精疲労及び／又はドライアイの予防及び／又は治療用組成物, 特開2015-196673.
 - 17) Yamasaki, K., Nagatomo, H., Kawamura, Y., Sugamoto, K., Kai, T., Kamenaga, K., Takeshita, M., Kikuchi, Y., Matsuura, Y., Yukizaki, C., Nishiyama, K. and Yamasaki, M. (2016). A single dose of blueberry leaf extract suppresses serum ethanol levels after oral ethanol administration in rats. *Eur. J. Biochem. Res.* **140**, 352-365.
 - 18) Takeshita, M., Ishida, Y., Akamatsu, E., Ohmori, Y., Sudoh, M., Uto, H., Tsubouchi, H., and Kataoka, H. (2009). Proanthocyanidin from Blueberry Leaves Suppresses Expression of Subgenomic Hepatitis C Virus RNA. *J Biol Chem.*, **284**, 21165-21176.
 - 19) Nagahama, K., Eto, N., Sakakibara, Y., Matsushita, Y., Sugamoto, K., Morishita, K. and Suiko, M. (2014). Oligomeric proanthocyanidins from rabbiteye blueberry leaves inhibits the proliferation of human T-cell lymphotropic virus type 1-associated cell lines via apoptosis and cell cycle arrest. *J. Func. Food*, **6**, 356-366.
 - 20) 村松敬一郎 (1991). 「茶の科学」, 朝倉書店, 東京, pp. 52-56.
 - 21) 茶の科学用語辞典 (2007). 第2版 (日本茶業技術協会, 静岡), pp. 19.
 - 22) メディカルハーブ広報センター監修, マイケル・マクガフィン, クリストファー・ホップス, ロイ・アプトン, アシリア・ゴールドバーグ編 (2001). 「メディカルハーブ安全性ハンドブック」, (株)東京堂出版, 東京, pp.178.

参 考 URL

- i) <http://www.nanaha-miyazaki.co.jp/>
- ii) http://www.bizen-c.co.jp/raw_material/blueberry_leaf_extract_powder/