

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350095

研究課題名(和文) 亜熱帯甘味資源由来の甘味素材の嗜好性および機能性解析と評価

研究課題名(英文) Analysis and evaluation of palatability and biological function in sweetener from subtropical resources

研究代表者

和田 浩二 (WADA, Koji)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：50201257

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、亜熱帯甘味資源から調製した新たな甘味素材の食品成分、嗜好特性および機能性を分析し評価した。サトウキビからは分割された内実部と比較対照として全茎から甘味素材を調製し、糖、ミネラル、色、味、香りおよび抗酸化活性を分析し比較した。また、スイートソルガムと比較対照としてサトウキビからシラップを調製し、糖、ミネラル、味および抗酸化活性を分析し比較した。以上の分析結果は、消費者や食品産業に新たな甘味素材の適応性や応用についての知見を提供すると考える。

研究成果の概要(英文)：In this study, food composition, palatability and biological function in new sweeteners from subtropical resources were analyzed and evaluated. Firstly, two types of solidified non-centrifugal brown sugars were prepared from the separated pith and whole stalk as a reference, respectively, of raw sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). These products were discriminated in terms of their quality attributes, including sugars and minerals composition, color, taste characteristic, aroma, and antioxidant activity. Secondly, thick liquid sugar syrups were prepared from the squeezed stalk juices of two important sugar crops, sweet sorghum (*Sorghum bicolor* M.) and sugarcane as a reference. The sugar syrups were distinguished in terms of sugars and minerals composition, taste characteristic, and antioxidant activity. The results of the present study demonstrate the suitability and application of new sweeteners for consumers and food industries.

研究分野：食品分析学

キーワード：サトウキビ スイートソルガム 含蜜糖 香気成分 呈味性 嗜好性 食品機能性

1. 研究開始当初の背景

熱帯・亜熱帯地域で生産されるサトウキビ (*Saccharum officinarum* L.) は世界的な砂糖の主原料であり、日本でも沖縄や南西諸島の基幹作物として栽培され、地域経済に重要な役割を果たしている。サトウキビからの砂糖は、製糖法により分蜜糖(グラニュー糖、上白糖など)と含蜜糖(黒糖など: non-centrifugal cane sugar (NCS)) に大きく分類できる。分蜜糖は糖蜜を除去し、ショ糖分だけを取り出した甘味素材で、主に甘味の付与やエネルギー摂取を目的とした利用となる。これに対して含蜜糖は分蜜しないため、原料であるサトウキビ由来の多くの有用成分を含むことになり、高い食品機能性(三次機能)をもつ甘味素材として注目されている。さらに、黒糖には独特の色、味、香りがある。これらの嗜好因子(二次機能)は、その独自性からりんとうや羊羹などへの利用については好都合であるが、食品素材そのものの嗜好特性を活かす食品加工や家庭内での調理での利用には十分に適しているとはいえない。

一方、サトウキビを甘味素材原料として利用するためには、1年から1年半の栽培期間を必要とするため、沖縄や南西諸島では夏から秋の台風や干ばつなどにより、生産量や品質にたびたび悪影響がでている。そこで、サトウキビ以外の亜熱帯甘味資源として、サトウキビと同じイネ科のスイートソルガム (*Sorghum bicolor* M.) が着目されている。スイートソルガムは飼料用のソルガムとして開発されたが、現在は食品用の甘味素材となり得る糖含量をもつ品種も開発されている。しかも栽培期間は3~4ヶ月程度で、サトウキビと異なり、糖液の搾汁後はそのまま発酵させ、容易に飼料として利用することができるなどの利点もある。しかしながら、機能性成分であるフェノール化合物などに関する知見や甘味素材としての利用についての情報はほとんど見当たらない。

そこで、本研究では亜熱帯甘味資源由来の新たな甘味素材の嗜好性および機能性解析と評価を行った。

2. 研究の目的

砂糖のような甘味素材はヒトの嗜好性やエネルギー摂取などに重要な役割をもっているが、肥満や生活習慣病につながる大きな要因とも考えられている。この背景には、甘味素材の質(食品成分構成)が大きく関わっている。すなわち、食生活の中でエネルギー摂取だけの甘味素材ではなく、原料甘味資源由来の栄養成分や機能性成分を多く含み、嗜好性にも優れた甘味素材となることで、ヒトの健康維持・増進や食生活の楽しみにも貢献できる食品素材になると考えられる。

そこで本研究では、亜熱帯甘味資源であるサトウキビ、スイートソルガムから新たな甘味素材の開発に向けた試作を行うとともに、それらの甘味素材の栄養成分や機能性成分、

さらには嗜好性と加工法との関連について、従来の黒糖やシラップと比較検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) サトウキビからの新たな甘味素材(含蜜糖)の嗜好性および機能性成分の解析と評価

材料

サトウキビは農林15号を用い、ケーンセパレーターを用いて内実部のみからの搾汁液を調製した(図1)。なお、比較対照としてはサトウキビ全茎を絞った搾汁液を用いた。

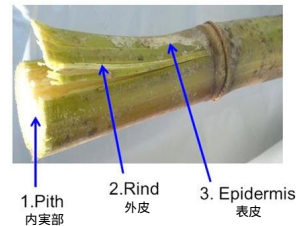


図1 サトウキビの構造

新たな含蜜糖と黒糖の調製

均一で再現性のある含蜜糖と黒糖の調製を行うために、卓上型黒糖試験製造装置を設定し、サトウキビの内実部(pith)の搾汁液と全茎(whole)の搾汁液からそれぞれ含蜜糖(P-NCS)と黒糖(W-NCS)を調製した(図2)。すなわち、各搾汁液650mlをコールドライミング法により清浄化後、各搾汁液のBrixが50°になるまでIHヒーターにより加熱濃縮し、シラップを調製した。次に、シラップをステンレスカップに入れ、仕上げ加熱装置(図2(A))で攪拌しながら加熱濃縮した。さらに、シラップの温度が130°に到達後、冷却攪拌装置(図2(B))に移して攪拌し、最後に成形用型に流し込み固化することでP-NCSとW-NCSを得た。調製したP-NCSとW-NCSはデシケーターにて保存し、一部の分析においては1.40mmメッシュのふるいにかけたものを試料とした。

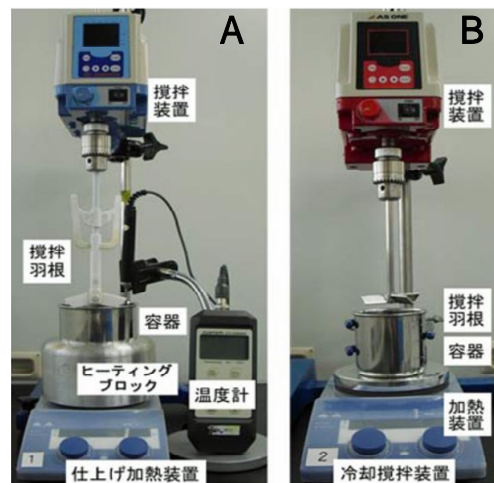


図2 卓上型黒糖試験製造装置

分析項目

一般的な食品成分としては水分、糖およびミネラル、嗜好性成分としては色、味および香り、機能性成分としてはフェノール化合物含量および抗酸化活性について、各種分析機器を用いて測定した。

(2) スイートソルガムシラップの嗜好性および機能性成分の解析と評価

材料

スイートソルガムは高糖分ソルゴーからの搾汁液、比較対照としてサトウキビ(NCo310)からの搾汁液を用いた。

シラップの調製

スイートソルガムおよびサトウキビの搾汁液 1000mL をピーカーに採取し、攪拌しながら石灰乳を添加後、搾汁液を 90 まで加熱して清浄化した。次に、各清浄液の上清をオープンパンに移し、IH ヒーターに Brix が約 70° になるまで濃縮し、シラップを調製した。調製したシラップはプラスチック容器にて測定まで -30 で保存した。

分析項目

一般的な食品成分としては、糖およびミネラル、嗜好性成分としては味、機能性成分としてはフェノール化合物含量と抗酸化活性について、各種分析機器を用いて測定した。

4. 研究成果

(1) サトウキビからの新たな甘味素材(含蜜糖)の嗜好性および機能性成分の解析と評価

食品成分

卓上型黒糖試験製造装置を用いて調製した P-NCS と比較対照の W-NCS を写真 1 に示した。水分と水分活性は、P-NCS で 3.43% と 0.55、W-NCS で 3.29% と 0.53 であり、両糖とも微生物の増殖を抑制する値であることが確認された。また、P-NCS のショ糖と還元糖(ブドウ糖、果糖)を分析し W-NCS と比較した結果、ショ糖の転化による還元糖の増加は認められず、ショ糖含量も 85% と W-NCS の 83% とほぼ同等であり、製糖に問題はないことが明らかとなった。



内実部搾汁液からの含蜜糖 (P-NCS) 全茎搾汁液からの黒糖 (W-NCS)

写真 1 サトウキビ内実部搾汁液および全茎搾汁液からの含蜜糖と黒糖

ミネラル含量は P-NCS と W-NCS とともにカリウム(K)が最も多く、次いでカルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)の順であり、その他に測

定したミネラルもほぼ同等の含量を示し、P-NCS にミネラルが豊富に維持されていることが確認された(図 3)。

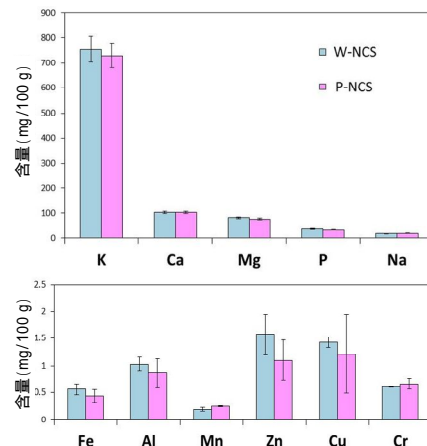


図 3 P-NCS と W-NCS のミネラル含量

色、味および香り

$L^*a^*b^*$ 表色系で P-NCS と W-NCS の色調を比較した結果、P-NCS のほうが L^* 値(明度)が高く、 a^* 値(色相)と b^* 値(彩度)は低い値を示したことから、W-NCS に比べ色調が薄いことが明らかとなった(表 1)。

表 1 P-NCS と W-NCS の色調($L^*a^*b^*$ 表色系)

| | L^* | a^* | b^* |
|-------|--------------|-------------|--------------|
| W-NCS | 62.69 ± 7.25 | 8.29 ± 2.80 | 28.06 ± 3.61 |
| P-NCS | 69.94 ± 1.94 | 4.56 ± 1.41 | 23.09 ± 3.46 |

*平均値 ± 標準偏差 (n = 3)

味覚センサーでの味の評価は、10mmol KCl 溶液を基準とした相対値で示した(図 4)。味として味覚センサーで認識された甘味、ミネラル系苦味、旨味、塩味、苦味および渋味において、P-NCS と W-NCS でほとんど違いは認められなかった。

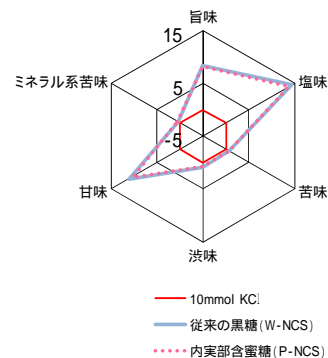


図 4 味覚センサーによる P-NCS と W-NCS の味の評価

P-NCS と W-NCS のヘッドスペースガスをガスクロマトグラフ分析およびガスクロマトグラフ-質量分析した結果、18 成分を同定し定量できた。ここで未知化合物も含めてその分析データを官能基ごとに含量と組成比

としてまとめた結果、香気成分量は P-NCS に比べ W-NCS で多かったが、組成比についてはほとんど違いはなかった(図 5、図 6)。したがって、P-NCS は W-NCS に比べ、香りの強さは弱いものの、香りの質は同等であることが示唆された。

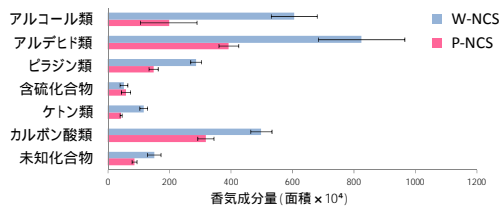


図 5 P-NCS と W-NCS の官能基ごとの香気成分量

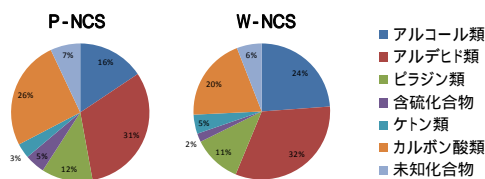


図 6 P-NCS と W-NCS の官能基ごとの香気成分組成

フェノール化合物含量と抗酸化活性

フェノール化合物含量は P-NCS に比べ W-NCS が高い値を示したが、原料である両搾汁液の含量の分析値から、P-NCS ではサトウキビ外皮由来の成分が含まれていないためと考えられた(図 7(A))。また、二種類の抗酸化活性試験(DPPH 法と ORAC 法)において、W-NCS のほうが高いラジカル消去活性を示したが、P-NCS においても W-NCS と比較して約 70% のラジカル消去活性を示したことから、機能性のある程度維持していることが明らかとなった(図 7(B))。

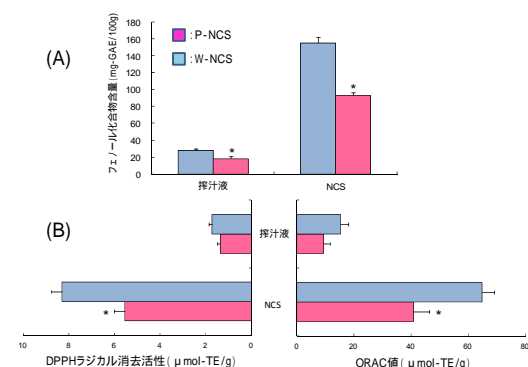


図 7 P-NCS と W-NCS のフェノール化合物含量 (A) と抗酸化活性 (B)

以上のことから、従来の黒糖(W-NCS)は濃い褐色と独特の味と香りが特徴的であるが、本研究で試作した新たな含蜜糖(P-NCS)は薄い褐色で明るい色合い、香りが柔らかいことが特徴であり、黒糖の味や香りの質、機能性である抗酸化性も保持する新たな甘味素材として活用できることが示唆された。ま

た、分割したサトウキビ外皮の活用も容易となるために、サトウキビの多角的な活用が期待できると考える。

(2) スイートソルガムシラップの嗜好性および機能性成分の解析と評価

食品成分

実験室レベルで調製したスイートソルガムシラップ(SSS: sweet sorghum syrup)と比較対照のサトウキビシラップ(SCS: sugarcane syrup)を写真 2 に示した。可溶性固形分量(°Brix)は SSS で 71、SCS で 73 であった。糖含量では、SSS は SCS に比べショ糖含量が低く、ブドウ糖と果糖が多いことが示された(図 8)。ブドウ糖や果糖といった還元糖が多く含まれると、スクロースの結晶化を阻害することから、スイートソルガムの甘味素材形態はサトウキビとは異なり、液糖が望ましいと考えられた。また、両シラップで糖含量および糖組成に違いが認められたことから、甘味の強さも異なることが示唆された。

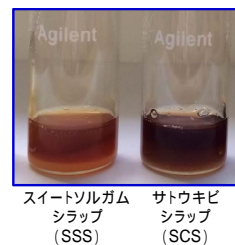


写真 2 スイートソルガムおよびサトウキビからのシラップ

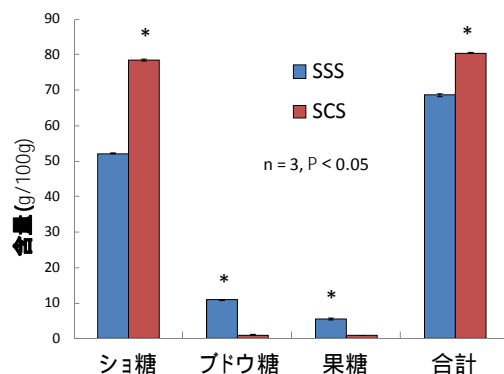


図 8 SSS と SCS の糖含量

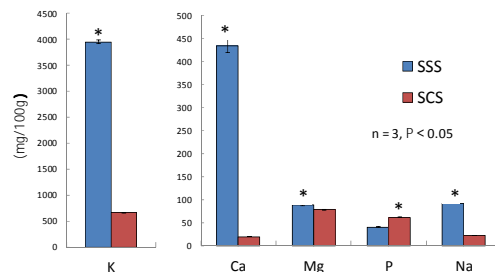


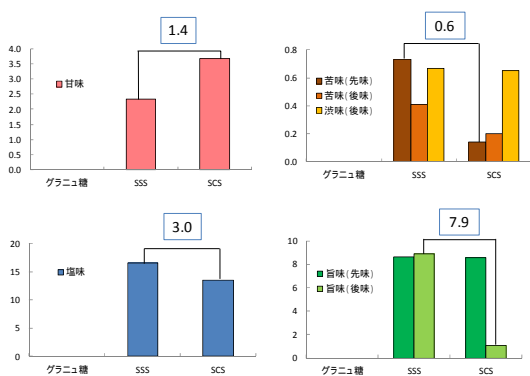
図 9 SSS と SCS のミネラル含量

ミネラル分析の結果、SSS と SCS ではカリウム(K)、カルシウム(Ca)、マグネシウム(Mg)、リン(P)、ナトリウム(Na)含量に有意差が認められ、P 以外のミネラルで SSS

が高い含量を示した(図9)。また、総ミネラル含量は、SSSがSCSの約5.4倍であり、SSSにミネラルが豊富に含まれていることが明らかとなった。

味

味覚センサーでの味の評価は、グラニュー糖を基準とした相対値で示した(図10)。SSSとSCSでは、甘味、苦味(先味)、塩味、旨味(後味)において味覚差が認められた。ここで、SSSの甘味が低かったことは、SCSに比べ、糖含量が低かった結果と一致した。一方、苦味と塩味はミネラル含量の違いが影響していることが示唆された。なお、旨味(後味)でSSSが顕著に高い値を示したが、SSSでは不溶物が多く、それがセンサー表面に残留したためと考えられた。



内は各味覚の味覚差の値
味覚差1.0は大多数の人が異なる味わいと感ずる濃度差
味覚差0.5は味覚に鋭敏な人なら知覚できる濃度差

図10 味覚センサーによるSSSとSCSの味の評価

フェノール化合物含量および抗酸化活性

フェノール化合物含量はSSSがSCSよりも約1.6倍高い値を示し、二種類の抗酸化活性試験(DPPH法とORAC法)においても、SSSが高いラジカル消去活性を示した(図11)。さらに、フェノール化合物含量と抗酸化活性の間には、強い正の相関(0.9以上)認められたことから、SSSとSCSの抗酸化活性には、フェノール化合物が寄与していることが示唆された。

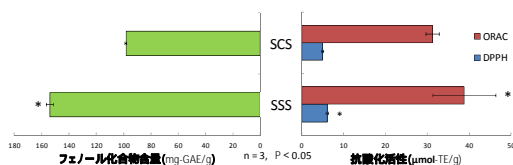


図11 SSSとSCSのフェノール化合物含量と抗酸化活性

以上のことから、スイートソルガムから、サトウキビとは異なる嗜好性や機能性をもつ新たな甘味素材の開発の可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. 広瀬直人、照屋亮、三枝隆裕、和田浩二、黒麹菌を用いた固体発酵によるサトウキビエキスの開発、沖縄農業、48、27-34(2017) 査読有
2. Takahashi, M., Ishmael, M., Asikin, Y., Hirose, N., Mizu, M., Shikanai, T., Tamaki, H., Wada, K., Composition, taste, aroma, and antioxidant activity of solidified noncentrifugal brown sugars prepared from whole stalk and separated pith of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), Journal of Food Science, 81, C2647-2655 (2016) 査読有 DOI: 10.1111/1750-3841.135311.
3. Asikin, Y., Takahashi, M., Mizu, M., Takara, K., Oku, H., Wada, K., DNA damage protection against free radicals of two antioxidant neolignan glucosides from sugarcane molasses, Journal of Science of Food and Agriculture, 66, 340-347 (2016) 査読有 DOI: 10.1002/jsfa.7208.
4. Asikin, Y., Hirose, N., Tamaki, H., Ito, S., Oku, H., Wada, K., Effects of different-drying solidification processes on physical properties, volatile fraction, and antioxidant activity of noncentrifugal cane brown sugar, LWT-Food Science and Technology, 66, 340-347(2016) 査読有 DOI: 10.1016/j.lwt.2015.10.039
5. 広瀬直人、前田剛希、高良健作、和田浩二、沖縄産黒糖の常温保存における物理化学的およびフレーバー特性の変化、日本食品保蔵科学会誌、41、253-259(2015) 査読有
6. Asikin, Y., Kamiya, A., Mizu, M., Takara, K., Tamaki, H., Wada, K., Changes in the physicochemical characteristics, including flavour components and Maillard reaction products, of non-centrifugal cane brown sugar during storage, Food Chemistry, 149, 170-177 (2014) 査読有 DOI 10.1016/j.foodchem.2013.10.089
7. 広瀬直人、前田剛希、照屋亮、宮平守邦、比屋根真一、和田浩二、再現性の高い試験用黒糖の製造方法の開発、沖縄県農業研究センター研究報告、8巻、40-44 (2014) 査読無

〔学会発表〕(計3件)

1. 高橋誠、ムタンダ イシュマエル、ヨナタン アシキン、広瀬直人、水雅美、和田浩二、サトウキビ内実部を原料とした含蜜糖の嗜好性と抗酸化性の分析、日本農芸化学会2016年度札幌大会、札幌コンベンションセンター(北海道、札幌市)2016年3月27日-30日
2. Hirose, N., Maeda, G., Shoda, M., Takara, K., Wada, K., The finish-heating and cooling-agitation process is influence on the quality of the brown sugar Kokuto - Small scale manufacturing method of the brown sugar "Kokuto", Taiwan-Japan Joint Symposium on Food Science & Technology at Food Industry Level, Food

Industry Research and Development Institute,
Hsinchu, Taiwan, May 22, 2015

3. 広瀬直人、前田剛希、新垣江利子、高良健作、和田浩二、黒糖の常温保存における物理化学的特性およびフレーバー特性の変化、日本食品保蔵科学会第 63 回大会、JA 長野県ビル（長野県、長野市）、2014 年 6 月 28 日-30 日

6 . 研究組織

(1)研究代表者

和田 浩二 (WADA Koji)

琉球大学・農学部・教授

研究者番号：50201257