

高機能性新規サトウキビ酢飲料の製造に関する基礎的研究

—高機能性サトウキビ酢飲料製造のための素材選択 (I)—

Fundamental Study on Production of Sugarcane-Vinegar Beverage with Highly Physiological Functions
— Choice of Materials for Sugarcane -Vinegar Beverage with Highly Physiological Functions (I) —

木戸めぐみ*・伊地知満宏**・吉元誠***
Megumi Kido, Mitsuhiro Ijichi, Makoto Yoshimoto

*鹿児島女子短期大学 **JA あまみ ***現所属) マイ食品開発研究所

本研究の目的は、飲みやすく機能性の高い新規のサトウキビ酢飲料を開発することにある。原料として、サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ原酢、廃糖蜜について検討した。サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ原酢を1:3:4の割合で混合し、1ヶ月培養することにより、飲みやすい新規サトウキビ酢飲料が製造できた。飲料のコクを出すには、サトウキビ搾汁液の添加が必要であった。試作された酢飲料のポリフェノール含量は、従来のサトウキビ酢の約3倍、DPPH ラジカル消去能は約7.5倍の値を示した。DPPH ラジカル消去能は、バルサミコ酢と同程度であった。

Key words : サトウキビ、サトウキビ酢飲料、DPPH ラジカル消去能、ポリフェノール含量、糖組成

1. はじめに

著者らは、鹿児島県の基幹作物であるサトウキビについて、黒砂糖およびサトウキビ酢の機能性、さらに廃糖蜜の有効利用(平成23年度専攻科特別研究)に関する研究を進めている。サトウキビ酢はメタボリックシンドロームの抑制等各種機能性が明らかになっている¹⁾。サトウキビ酢は、従来の穀物酢に比べて飲みやすいことなどから、調味料としてよりはむしろ機能性飲料として利用されている。しかし、酢を機能性飲料として継続して飲むには、その酸味の強さから困難が伴う。そこで、今回、飲みやすく、機能性の高い新規サトウキビ酢飲料を短期間で製造する技術確立を目的に研究を実施した。

サトウキビの糖蜜には、少なくとも17種類のポリフェノール類の存在が報告されている²⁾。これらの成分には、小腸からのグルコースの吸収抑制作用も報告されている³⁾。サトウキビの分蜜糖製造時には、廃糖蜜が残渣として排出される。一部は、家畜飼料や肥料として再利用されているが、その大部分は廃棄されている。廃糖蜜はポリフェノール類やミネラルを豊富に含有しており、機能性としては脂質および糖代謝に対する影響^{4, 5)}、血中インシュリンの上昇抑制⁶⁾、抗う蝕作用⁷⁾、ラジカル消去能およびチロシナーゼ阻害活性⁸⁾など数多く報告されて

いる。

サトウキビの主な糖分は、ショ糖であるが、これは、甘味としては、後を引く甘味である。甘味の高い酢としては、ぶどうを原料としたバルサミコ酢がある。バルサミコ酢の糖成分はブドウ糖と果糖が約半々ずつ含まれており、さわやかな甘味を作り出している。一方、サトウキビ中には3種類のインベルターゼが存在しており、このうち、強酸性側で作用する酵素の存在も報告されている⁹⁾。バルサミコ酢を製造するには、数年以上の年月がかかり、その熟成年数によって価格も違ってくる。このように、製造に数年以上もかかることから、取り組む企業(サトウキビ酢を製造している会社はほとんど零細な会社であることが多い)はなかった。

本研究は、サトウキビの酸性インベルターゼを活かして飲みやすく、さらに糖蜜のポリフェノール類を活用して機能性の高いサトウキビ酢飲料の開発を目的とする。サトウキビ酢飲料は、サトウキビの新規用途促進、需要者の健康増進、さらに地域経済の活性化に寄与できる。

実験方法

1. 供試試料

サトウキビ搾汁液およびサトウキビ搾汁濃縮液 (Brix 70)、サトウキビ原酢 (酸度7.9%) はJA あまみキビ酢工場から提供された。廃糖蜜は南西糖業(株)から供与されたものを用いた。新規サトウキビ酢との比較として、香酢 (1種)、バルサミコ酢 (2種)、ワイン酢 (赤2種、白2種)、醸造酢 (9種)、サトウキビ酢 (9種) の市販品を供試した。

2. DPPH ラジカル消去能

試料を適宜蒸留水で希釈した後、等量のエタノール (99.5%) と混合して分析に供した。DPPH ラジカル消去活性は既報¹⁰⁾ に従って算出した。すなわち、96穴マイクロプレートに分析試料75 μ L と200 mM MES 緩衝液 (pH6.0) 150 μ L 加え、マイクロプレートミキサー (TAITEC 社製 MicroMixer E-36) で攪拌した。これに150 μ M DPPH / エタノール溶液75 μ L を加え、攪拌後、室温で2分間放置し、マイクロプレート測定付属装置 (MPA-9300) 付きのフライングスポットスキャンニングデンシトメーター CS-9300 (島津製作所、京都) を用いて520nm における吸光度を測定した。検量線は Trolox を用いて作成し、DPPH ラジカル消去活性を mL 当たりのトロロックス相当量として算出した。

3. ポリフェノール含量

ポリフェノール含量は、Folin-Ciocalteu 法¹¹⁾ により測定し、クロロゲン酸 (Sigma 社, St. Louis, U.S.A) 相当量とした。96穴マイクロプレートの各ウエルに25 μ L を採取し、これらにフェノール試薬 (ナカライテスク(株), 京都) の希釈水溶液125 μ L を添加して、3分間攪拌した。その後、10%炭酸ナトリウム水溶液を添加し、15分間攪拌後、マイクロプレート測定付属装置 (MPA-9300) 付きのフライングスポットスキャンニングデンシトメーター CS-9300 (島津製作所, 京都) を用いて660 nm の波長を測定した。

4. 高速液体クロマトグラフィによる糖組成の分析

試料の糖組成は、ショ糖、果糖、ブドウ糖について分析した。高速液体クロマトグラフは糖分析用カラム Asahipak NH 2P-50 4E を装着した Shodex DS-4を用いた。溶媒はアセトニトリル/水 (75/25) で、流速は1 ml/分、カラム温度は35°Cとした。糖の検出は示差屈折率 (RI) 検出器 (Shodex RI-71) を用いた。

実験結果および考察

1. サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ搾汁液添加量の影響

新しいサトウキビ酢飲料を試作する際に、原料としてサトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ酢を原料としているため、これらの配合割合について検討する必要がある。まず、搾汁液添加量について検討した。搾汁液添加量を5 ml、2.5ml、1.0ml、0.5ml、0 ml とし、サトウキビ搾汁濃縮液15ml、サトウキビ酢20ml を添加した。搾汁液添加量を減らした分については、蒸留水を加えて全容量を40ml として1ヶ月培養した。測定事項としては、酸度の変化、ポリフェノール含量、DPPH ラジカル消去能について測定した。さらに、官能評価を行いどの組み合わせが、新サトウキビ酢飲料として適切か判断した。その結果を、表1に示した。

酸度は開始前後でほとんど変動はなく、約 $3.7 \pm 0.5\%$ を示した。ポリフェノール含量は $223.7 \pm 60.4 \sim 296.5 \pm 13.2$ (mg クロロゲン酸相当/100ml)、DPPH ラジカル消去能は $930 \pm 60 \sim 1180 \pm 80$ (μ mol/100ml) で変動した。官能試験では、実験1と実験2が新規の酢としては良いという判定であったが、実験1では酢の味が強く、実験2の酢はさらっとしているが、甘味が不足しているということから、実験1の組成で製造された酢が比較的良好という評価であった。

以上の結果は、新規サトウキビ酢の製造には、サトウキビ搾汁液の添加が、官能評価に重要な影響を与えていることが示唆される。

表1 新規サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ搾汁液添加量の影響

		組成 (ml)				
		実験1	実験2	実験3	実験4	実験5
サトウキビ搾汁液 (ml)		5	2.5	1	0.5	0
サトウキビ搾汁濃縮液 (g)		15	15	15	15	15
キビ酢 (ml)		20	20	20	20	20
脱イオン水 (ml)		0	2.5	4	4.5	5
酸度 (%)	開始前	3.6 \pm 0.0	3.6 \pm 0.1	3.5 \pm 0.2	3.7 \pm 0.1	3.5 \pm 0.3
	開始後	3.7 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1	3.7 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1	3.7 \pm 0.1
ポリフェノール含量 (mg クロロゲン酸相当/100ml)	開始前	248.1 \pm 30.8	259.1 \pm 35.3	265.2 \pm 42.7	195.4 \pm 55.7	221.6 \pm 26.1
	開始後	296.5 \pm 13.2	290.3 \pm 28.3	223.7 \pm 60.4	233.0 \pm 22.7	291.7 \pm 13.6
DPPHラジカル消去能 (μ mol/100ml)	開始前	870 \pm 100	950 \pm 20	950 \pm 20	960 \pm 30	1200 \pm 10
	開始後	930 \pm 60	950 \pm 20	960 \pm 10	1130 \pm 0	1180 \pm 80
官能評価および所見		酢の味が強い さらっとしている。甘味が不足。 甘味が薄い。酸味はある 酸味が足りない コクが無い				

2. サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ搾汁濃縮液添加量の影響

サトウキビ搾汁液の添加量を5 mlに固定し、サトウキビ搾汁濃縮液の添加量を、15ml、10ml、5 ml、2.5ml、0 mlに換えて酸度、ポリフェノール含量、DPPHラジカル消去能について検討した。これらの結果を表2に示した。酸度は開始前後で、若干増加傾向を示し、約3.8±0.0%~3.5±0.1%を示した。ポリフェノール含量は実験1で235.5±37.3 (mg クロロゲン酸相当/100ml)を示し、実験5では59.9±17.2 (mg クロロゲン酸相当/100ml)であった。これらの結果は、新規サトウキビ酢飲料のポリフェノール含量に、サトウキビ搾汁濃縮液が大きな影響を与えている事を示している。ポリフェノール含量とDPPHラジカル消去能は、正の比例関係があることが明らかになっている。DPPHラジカル消去能は実験1で990±50 (μmol/100ml)で、サトウキビ搾汁濃縮液の添加量が減少するに従い、DPPHラジカル消去能も減少した。官能試験では、実験1と実験2が新規酢飲料としては良いという判定であった。実験1の酢飲料は、甘味が強く、実験2の酢飲料は、甘味もあり、酸味も強くなるという評価であった。以上の結果は、新規サトウキビ酢飲料の製造において、機能性の高い酢を製造する事を目的としていることから、サトウキビ搾汁濃縮液の添加量は可能な限り多い方が良いが、そうすると甘味も強くなる傾向があり、これらの原料の割合が重要となる。

表2 新規サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ搾汁濃縮液の影響

	組成(ml)					
	実験1	実験2	実験3	実験4	実験5	
サトウキビ搾汁液(ml)	5	5	5	5	5	
サトウキビ搾汁濃縮液(g)	15	10	5	2.5	0	
キビ酢(ml)	20	20	20	20	20	
脱イオン水(ml)	0	5	10	12.5	15	
酸度(%)	開始前	3.7±0.1	3.7±0.1	3.5±0.2	3.3±0.1	3.2±0.2
	開始後	3.8±0.0	3.8±0.1	3.6±0.1	3.5±0.1	3.5±0.1
ポリフェノール含量 (mg クロロゲン酸相当/100ml)	開始前	208.3±12.9	162.7±26.6	108.5±45.8	118.1±6.5	91.0±18.2
	開始後	235.5±37.3	180.9±6.6	133.1±27.7	96.6±11.9	59.9±17.2
DPPHラジカル消去能 (μ mol/100ml)	開始前	930±60	660±30	370±20	200±0	110±0
	開始後	990±50	740±40	370±10	230±4	120±2
官能評価および所見	酢の味が強い 甘味も有り、酸味が強くなる 甘味が少なく、酸味が強い 甘味が少なく、酸味が強い 薄い酢水					

3. サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ酢添加量の影響

サトウキビ搾汁液およびサトウキビ搾汁濃縮液の添加量を、それぞれ5 mlおよび15mlに固定し、サトウキビ

原酢の添加量を換えて、酸度、ポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去能に及ぼす影響を検討した(表3)。サトウキビ原酢の添加量は、20ml、15ml、10ml、5 ml、0 mlとした。

酸度は、実験開始前の酸度は、添加するサトウキビ原酢の添加量に比例して低下した。しかし、サトウキビ原酢の添加量が5 mlの実験4と添加されていない実験5では、酸度は実験開始前に比べて増加していた。ポリフェノール含量は、実験1~実験4までは、発酵の開始前後で差はないと判断した。しかし、実験5では、前後で、2倍以上の差を示した。官能評価では、実験4および実験5では、アルコール臭がし、実験4では、3本の培養フラスコのうち、1本は、カビが繁殖していた。特に、実験5ではアルコール臭が強く、雑菌の増殖が観察された。新規サトウキビ酢飲料としては、実験1および2の組成が良いと判断した。

表3 新規サトウキビ酢飲料製造におけるサトウキビ原酢添加量の影響

	組成(ml)					
	実験1	実験2	実験3	実験4	実験5	
サトウキビ搾汁液(ml)	5	5	5	5	5	
サトウキビ搾汁濃縮液(g)	15	15	15	15	15	
キビ酢(ml)	20	15	10	5	0	
脱イオン水(ml)	0	5	10	15	20	
酸度(%)	開始前	3.9±0.1	3.1±0.1	1.7±0.1	1.0±0.1	0.2±0.1
	開始後	3.9±0.5	3.0±0.1	1.8±0.5	1.2±0.8	1.5±0.7
ポリフェノール含量 (mg クロロゲン酸相当/100ml)	開始前	217.8±14.4	195.8±2.5	229.3±31.0	213.7±9.6	115.0±76.8
	開始後	240.1±100.7	263.2±3.6	250.8±16.4	223.3±99.7	363.5±104.7
DPPHラジカル消去能 (μ mol/100ml)	開始前	970±60	910±30	980±30	920±40	720±50
	開始後	980±10	1010±80	910±20	930±40	870±50
官能評価および所見	甘味も有り、酸味もある 酸味も有るが甘味が強い 砂糖水の甘さ アルコール臭、1本にカビ アルコール発酵					

4. 新規サトウキビ酢飲料製造における廃糖蜜添加量の影響

廃糖蜜は精製糖を製造した後の蜜で、現在ほとんど利用されていない。しかし、サトウキビの機能性成分の大部分は廃糖蜜に含有されている。著者らも、廃糖蜜を焙煎すると、抗酸化能が約4倍ほど上昇することを報告している¹²⁾。この廃糖蜜は、ポリフェノール類が濃縮されたものと考えてよいので、廃糖蜜を新規サトウキビ酢の製造に利用することとした。サトウキビ原酢は一定量とし、サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、廃糖蜜の添加量を換えて実験を実施した(表4)。全量は80mlとした。実験開始前後で、酸度は増加する傾向を示した。また、廃糖蜜を添加した画分では、開始前から高い酸度を示した。廃糖蜜を添加した画分は、無添加の画分比べて、高いポリフェノール含量を示した。官能評価実験

においては、廃糖蜜の添加していない実験1が最も酢らしい味がした。廃糖蜜およびサトウキビ搾汁液を添加しない実験4の酢は、酢らしい味や甘味もあるが、薄いという評価であった。今回は、廃糖蜜を15g、30g添加したが、黒糖のアクの味がして酢としては不適ということになった。

表4 新規サトウキビ酢飲料製造における廃糖蜜添加量の影響

		組成 (ml)					
		実験1	実験2	実験3	実験4	実験5	実験6
サトウキビ搾汁液 (ml)		10	10	10	0	0	0
サトウキビ搾汁濃縮液 (g)		30	15	0	30	15	0
キビ粕 (ml)		40	40	40	40	40	40
廃糖蜜 (g)		0	15	30	0	15	30
脱イオン水 (ml)		0	0	0	10	10	10
酸度 (%)	開始前	3.9±0.1	4.2±0.2	4.6±0.1	3.8±0.1	4.2±0.1	4.4±0.2
	開始後	4.1±0.1	4.7±0.1	4.8±0.3	4.1±0.2	4.5±0.3	4.7±0.3
ポリフェノール含量 (mg クロゲン酸相当/100ml)	開始前	244.5±18.9	448.6±73.7	819.5±141.7	197.7±17.1	559.5±46.7	896.4±93.6
	開始後	289.9±30.3	459.7±25.9	1044.0±396.0	175.1±91.7	704.6±134.7	1109.7±103.4
DPPHラジカル消去能 (μ mol/100ml)	開始前	1000±40	2140±100	2990±120	590±20	2130±80	2990±120
	開始後	1070±80	2270±80	3930±70	1100±80	3020±120	4530±80
官能評価および所見		酢らしい味	苦い、黒糖のアクの味	苦い、甘み無し	酢らしい味、甘味も有るが薄い	酸味が苦い	苦いだけ

5. 新規サトウキビ酢飲料の糖含量

新規サトウキビ酢は、原酢の他にサトウキビ搾汁液およびサトウキビ搾汁濃縮液を添加している。このため、新規サトウキビ酢は官能評価において、飲みやすい酢飲料になっている。これらの酢の糖組成含量について、果糖、ブドウ糖、ショ糖含量を高速液体クロマトグラフにより測定した (表5)。比較として市販サトウキビ酢についても測定した。新規サトウキビ酢飲料では、培養前と培養後では明らかに果糖およびブドウ糖で約1.8倍ほど増加した。今回、サトウキビ搾汁液を添加したのは、サトウキビ搾汁液に含まれるインベルターゼの酵素活性によりショ糖をブドウ糖と果糖に分解して、ショ糖の甘味ではなく、果糖およびブドウ糖の甘味を活かすことにある。特に、果糖は低温で甘味を増すことと、ショ糖に比べて上品な甘味がある。しかし、今回、サトウキビ搾汁液中のインベルターゼを測定していないので、これらの酵素が作用したか否かは今後確認の実験が必要である。

表5 新規サトウキビ酢飲料の糖組成

		糖組成 (mg/100 ml)		
		果糖	ブドウ糖	ショ糖
新規サトウキビ酢	培養前	2550	2570	25000
	培養後	4450	4380	28390
市販サトウキビ酢		54	29	0

6. 新規サトウキビ酢飲料のポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去能の比較

これまで、新規のサトウキビ酢飲料としては、サトウキビ搾汁液5ml、サトウキビ搾汁濃縮液15g、サトウキビ原酢20ml (サトウキビ搾汁液:サトウキビ搾汁濃縮液:サトウキビ原酢=1:3:4) が良いように思われる。この割合で得られた酢飲料のポリフェノール含量およびDPPHラジカルをバルサミコ酢等世界の各酢と比較した (図1)。新規サトウキビ酢飲料は、従来の米を原料とした醸造酢より高いポリフェノール含量およびDPPHラジカル消去能を示した。さらに、従来のサトウキビ酢 (加計呂麻島) に比較しても、ポリフェノール含量で約3倍、DPPHラジカル消去能で約7.5倍高い値を示した。このラジカル消去能の値は、香酢には及ばないものの、バルサミコ酢のDPPHラジカル消去能を超える値を示した。

今回の研究で、原料として、サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ原酢を発酵させる事により、従来のサトウキビ酢より甘味もあり、しかも抗酸化能の高い新規サトウキビ酢飲料を開発できた。サトウキビ酢がメタボリックシンドロームの改善に効果のあることは、報告されており¹⁾、新規サトウキビ酢飲料は従来の酢に比べて飲みやすい事から、製品化が期待される。しかし、今回得られた結果は、研究室規模であり、今後、実用化レベルでの新規サトウキビ酢飲料の試作が必要と考える。

今回、廃糖蜜の有効利用を念頭に置いて、その利用を考えたが、添加した量が多く、官能評価の観点から、好ましい評価が得られなかった。しかし、廃糖蜜は、ポリフェノール類が濃縮され、高濃度に含まれている。今後、添加量を検討する事により、香酢をしのぐ高機能性の新規サトウキビ酢飲料の開発を目指す。

要 約

飲みやすく、抗酸化能の高い新規サトウキビ酢飲料の開発を目的として、原料の割合、試作されたサトウキビ酢飲料のポリフェノール含量、機能性としてDPPHラジカル消去能、糖組成について検討した。

原料として、サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ原酢、さらに廃糖蜜を用いて試作した。サトウキビ搾汁液、サトウキビ搾汁濃縮液、サトウキビ原酢を、1:3:4の割合で混合することにより、飲みやすいサトウキビ酢飲料が製造できた。

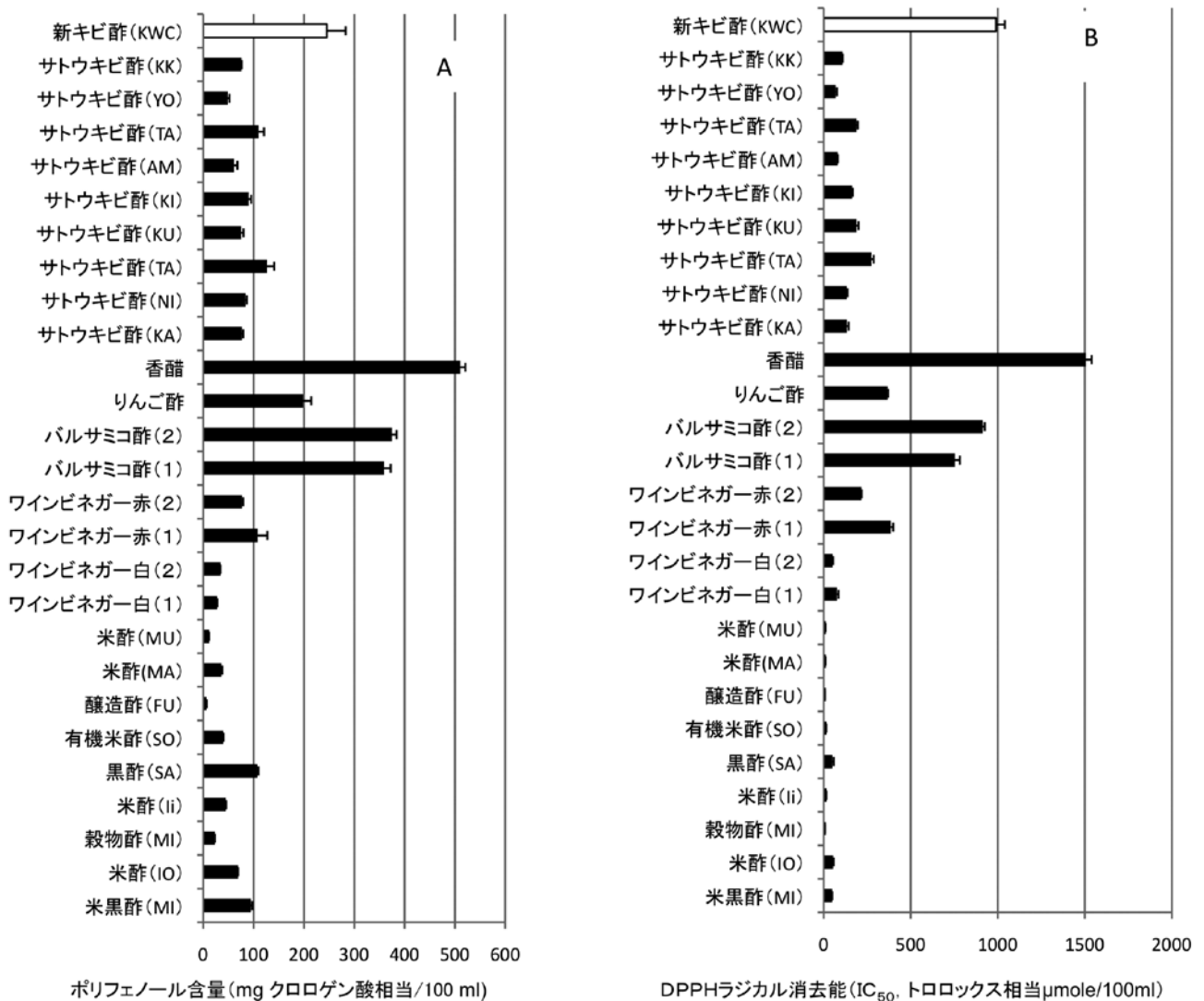


図1 新規サトウキビ酢飲料のポリフェノール含量および DPPH ラジカル消去能の比較

白棒：新規サトウキビ酢飲料、黒棒：市販酢および研究室製造酢

(A)：ポリフェノール含量、(B)：DPPH ラジカル消去能

試作された新規サトウキビ酢飲料のポリフェノール含量および DPPH ラジカル消去能は、従来のサトウキビ酢のそれぞれ約 3 倍および約 7.5 倍であった。DPPH ラジカル消去能は、バルサミコ酢に匹敵する値であった。

培養前後の糖組成の変化から、ブドウ糖および果糖が増加していたことから、培養中にショ糖が分解されている可能性が示唆された。

文 献

- 1) 柿野賢一、佐々木淳、田村文博他：肥満・老化現象に対する「さとうきび酢」摂取の効果、*新薬と臨床*, 57, 270-275 (2008).
- 2) Nakasone, Y., Takara, K., Wada, K., et al: Antioxidative compounds isolated from Kokuto, non-centrifugal cane sugar. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 60, 1714-1716 (1996).
- 3) Matuura, Y., Kimura, Y., and Okuda, H: Effect of aromatic glucosides isolated from black sugar on intestinal absorption of glucose. *和漢医薬学会誌*, 7, 168-172 (1990).
- 4) Kimura, Y., Okuda, H., and Arichi, S: Effects of non-sugar-fraction in black sugar on lipid and carbohydrate metabolism; part I. *Planta Medica.*, 92, 465-468 (1984).
- 5) Kimura, Y., Okuda, H., and Arichi, S. Effects of non-sugar fraction in black sugar on lipid and carbohydrate metabolism; part I. *Planta Medica.*, 92, 465-468 (1984).

- 6) Kimura, Y., Okuda, H., and Arichi, S. Effects of non-sugar fraction in black sugar on lipid and carbohydrate metabolism; part II. New compounds inhibiting elevation of plasma insulin. *Planta Medica.*, **92**, 469-473 (1984).
- 7) Takara, K., Ushijima, K., Wada, K., et al. Phenolic compounds from sugarcane molasses possessing antibacterial activity against cariogenic bacteria. *J. Oleo Sci.*, **56**, 611-614 (2007).
- 8) Takara, K., Otsuka, K., Wada, K., et al. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity and tyrosinase inhibitory effects of constituents from sugarcane molasses. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **71**, 183-191 (2007).
- 9) 松井年行、北川博敏、サトウキビのインベルターゼ活性の季節変化とショ糖蓄積の関係、*日食工誌*、**32**, 655-660 (1985).
- 10) 須田郁夫、緒方裕子、水城尚美他. DPPH 分光法による有色農産物・食品のラジカル消去能の測定. *九州農業研究*、**61**, 32 (1999).
- 11) Islam, M.S., Yoshimoto, M., Yahara, S., et al. Identification and characterization of foliar polyphenolic composition in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 3718-3722 (2002).
- 12) 吉元誠、木戸めぐみ、杉田望美他：サトウキビ廃糖蜜の焙煎による DPPH ラジカル消去能の増加と抗変異原性. *鹿児島女子短期大学紀要*、**47**, 35-42 (2012).

(平成31年1月8日 受理)