

## 黒糖製造期間中におけるサトウキビ搾汁液の成分変動と黒糖品質の関係

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者	広瀬, 直人 前田, 剛希 高良, 健作 和田, 浩二
巻/号	45巻3号
掲載ページ	p. 141-147
発行年月	2019年5月

## 黒糖製造期間中におけるサトウキビ搾汁液の 成分変動と黒糖品質の関係

広瀬直人<sup>\*1†§</sup>・前田剛希<sup>\*1</sup>・高良健作<sup>\*2</sup>・和田浩二<sup>\*2</sup>

\*1 沖縄県農業研究センター

† 現所属：沖縄県工業技術センター

\*2 琉球大学農学部

### Study of the Interrelation between Variations in Sugarcane Juice Contents and Qualities of Non-Centrifugal Brown Sugar “Kokuto” during Production

HIROSE Naoto<sup>\*1†§</sup>, MAEDA Goki<sup>\*1</sup>, TAKARA Kensaku<sup>\*2</sup> and WADA Koji<sup>\*2</sup>

\*1 Okinawa Prefectural Agricultural Research Center, 820 Makabe, Itoman, Okinawa 901-0336

† Okinawa Industrial Technology Center, 12-2 Suzaki, Uruma, Okinawa 904-2234

\*2 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa 903-0213

The interrelation between variations in sugarcane juice contents and the qualities of non-centrifugal brown sugar, “Kokuto”, was investigated during the production period of Kokuto in 2014 and 2015. Large variations were observed in sugarcane juice contents, including the reducing sugar ratio, amino acid, organic acid, and sodium contents. Many components of sugarcane juice and Kokuto were positively correlated. Therefore, the component of sugarcane juice, sugarcane, was shown to be reflected in the contents of Kokuto. The apparent sugar purity of sugarcane juice was correlated with the hardness, moisture, and water activity of Kokuto. As a result, it was suggested that management of the apparent sugar purity during the production process is important for stabilizing the quality of Kokuto. Taste sensor measurement values showed a large fluctuation in the saltiness of Kokuto. “Salty taste” was positively correlated with the acetic acid, sodium, and calcium contents, but negatively correlated with the amino acid content of sugarcane juice.

(Received Aug. 30, 2018 ; Accepted Jan. 9, 2019)

**Key words** : sugarcane, brown sugar, apparent sugar purity, water activity, taste sensor

サトウキビ, 黒糖, 純糖率, 水分活性, 味覚センサ

黒糖は沖縄県を代表する農産加工品であり、県内8か所の黒糖製造工場で年間約8,000t製造されている<sup>1)</sup>。黒糖は製造工場によって味や色、香りなどの特徴が異なる<sup>2)</sup>ほか、製造時期によって成分に差異があることが報告されている<sup>3),4)</sup>。黒糖の認知度が高まるとともに、黒糖の品質に対する消費者のニーズも高くなり<sup>5)</sup>、黒糖の消費拡大を図るうえで、黒糖品質の安定化や高度化が課題の一つである。

図1に示すように、黒糖はサトウキビ(*Saccharum* spp.

hybrid)の搾汁液をそのまま加熱濃縮して製造される含みつ糖であることから、原料であるサトウキビ搾汁液の成分が黒糖の品質に大きく影響すると考えられる。サトウキビの成分は、品種や収穫時期によって異なることが報告されている<sup>6),7)</sup>が、サトウキビ原料の成分が黒糖の品質に及ぼす影響について、詳細に研究された例はない。そこで、製糖期間を通してサトウキビ搾汁液と黒糖を定期的に採取して分析・比較し、サトウキビ搾汁液の成分変動と黒糖品質の関係について検討した。

\*1 〒901-0336 沖縄県糸満市真壁820番地

† 〒904-2234 沖縄県うるま市州崎12-2

§ Corresponding author, E-mail : hirosent@pref.okinawa.lg.jp

\*2 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地

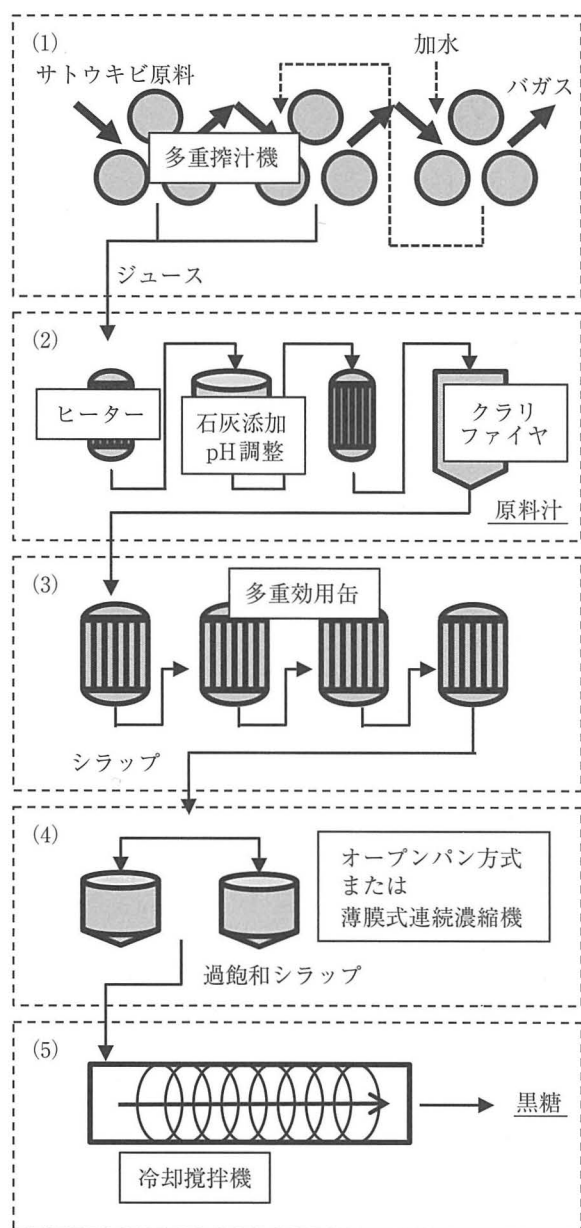


図1 一般的な黒糖製造工程 (模式図)

(1)多重榨汁機で搾られたジュースは、(2)石灰でpH調整の後に加熱してクラリファイヤで不溶物を除去する清浄化、(3)多重効用缶による濃縮、(4)過飽和まで加熱濃縮する仕上加熱を経て、(5)冷却攪拌で固化させ、黒糖を製造する。本研究では、(2)清浄化工程を経た原料汁と、(5)冷却攪拌工程直後の黒糖を、分析資料 (下線で示す) として用いた。

## 実験方法

### 1. 供試材料

沖縄県内の黒糖工場でもっとも生産量が多い宮古製糖多良間工場において、2014年度 (2014年1月第2週～3月第4週) および2015年度 (2015年1月第2週～4月第4週) の製糖期間中に毎週1回の合計29回、サトウキビ搾汁液と黒糖を採取した (図1)。サトウキビ搾汁液は採取後の変質を避けるため、搾汁後にpHを中性付近に調

整して104℃程度まで加熱する清浄化工程を経た搾汁液 (以下、原料汁とする) を用いた。また、黒糖は物性を測定するために形状を一定にする必要があることから、黒糖製造工程の最終段階である冷却攪拌工程直後より完全に固化していないペースト状の黒糖を採取し、ステンレス製の型枠で1cm角に成型して冷却固化させたものを供試した。成型した黒糖は、十分に冷却した後に型枠より取り出し、密閉容器中で保存した。本工場も含め、県内8か所の大規模黒糖製造工場はすべて連続式の搾汁～濃縮工程 (図1) であり、正確な製造サイクル時間 (搾汁から黒糖が製造されるのに要する時間) は不明であるが、製造ライン稼働開始から最初に黒糖が製造されるのに要する時間が4～6時間 (工場職員からの聞き取り調査による) であることを参考に、原料汁の採取は午前11時頃、黒糖の採取は同日の午後3時頃とした。なお、採取した原料汁および黒糖は、分析時まで-20℃で冷凍保存した。

### 2. 分析方法

原料汁または蒸留水に溶解した黒糖を適宜希釈し、成分分析用試料とした。純糖率の測定にはポータブル屈折旋光計 (RePo-1, アタゴ) を用いた。試料を卓上遠心機 (Mini-6KT, Allsheng) で遠心分離 (1,700×g, 1分間) し、得られた上清を孔径0.45μmのPVDF膜 (PVDF-25mm GD/X, Whatman) でろ過して分析に供した<sup>8)</sup>。糖組成はUnison UK-Amino (3.0×250mm, Imtakt) カラムと蒸発光散乱検出システム (ELSD-LT, 島津製作所) を装備したHPLC (LC-20AB, 島津製作所) で測定した。移動相は80%アセトニトリル、流速を0.5ml/minとし、カラム温度は45℃とした。アミノ酸の分析は自動プレカラム誘導体による高速高感度分析システム (Nexera X2, 島津製作所)、有機酸の分析にはpH緩衝化ポストカラム電気伝導度検出法による有機酸分析システム (LC-10, 島津製作所) を、それぞれ用いた<sup>9)</sup>。陽イオンおよび陰イオンの分析には、陽イオンまたは陰イオン分析用カラム Dionex IonPac CS12A または AS19 (4.0×250mm, サーモフィッシャーサイエンティフィック) を装備したイオンクロマトグラフィーシステム (Dionex ICS-1100, サーモフィッシャーサイエンティフィック) を用いた。移動相は、陽イオン分析には20mmol/lメタンサルホン酸、陰イオン分析にはKOHグラジエント (3～50mmol/l) を用いた。流速はいずれも1.0ml/min、カラム温度は35℃とした。総ポリフェノール含量はFolin-Ciocalteu法を一部改変したマイクロプレートリーダー法で測定し、没食子酸相当量として算出した<sup>2)</sup>。

硬さの測定にはレオメーター (EZ-S500N, 島津製作所) を用いた。1cm角型枠で成型した黒糖に、底面0.5mm×幅3cmの歯形治具 (歯形押し棒B, 島津製作所) を移動速度10mm/minで押し当て、最大破断荷重 (N) を測定した。水分および水分活性は、既報<sup>2)</sup>に従って測定し

た。匂い強度の測定には、ニオイセンサ (XP-329, 新コスモス電機) を用いた。200ml容の測定ビンに粉砕した黒糖試料を0.20g量りとして密封し、40℃の湯浴中で30分間保温した後にヘッドスペースの匂い強度を測定した。色調および着色度は、既報<sup>9)</sup>に従って測定した。味覚センサによる黒糖の味分析には、味認識装置 (TS-5000 Z, インテリジェントセンサーテクノロジー) を用いた。15.0gの黒糖を超純水に溶解して150mlにメスアップし、No.2ろ紙 (アドバンテック) でろ過して分析に供した。なお、宮古製糖多良間工場にて2016年1月10日に製造された粉黒糖を、標準試料に用いた。

分析はすべて3~5反復で実施し、平均値と標準偏差を示した。統計解析にはエクセル統計 (Ver.2.14, 社会情報サービス社製) を用い、変動係数およびピアソンの積率相関係数を算出した。

## 実験結果と考察

### 1. 製糖期間における原料汁および黒糖の成分変動

原料汁および黒糖の成分分析値を、表1に示す。黒糖の純糖率は原料汁よりも低く、還元糖比は高くなった。これは、黒糖製造工程中の加熱によって、ショ糖の分解が生じたためと推察された。原料汁では、ショ糖の含有量は安定していたが、還元糖比やアミノ酸、有機酸、Naの変動が大きく、これらの変動は原料サトウキビ<sup>6),7)</sup>由来であると考えられた。Caも変動は大きかったが、これは原料サトウキビ中の変動に加えて、清浄化工程で添加された石灰の残存<sup>9)</sup>による影響も考えられた。総遊離アミノ酸に対する主要なアミノ酸の組成比を原料汁と黒糖で比較すると、アスパラギン酸は原料汁の4.6%が黒糖では5.1%、グルタミン酸はいずれも1.1%、アスパラギンは78.7%と78.5%、グルタミンは1.5%と0.9%であり、アミノ酸によって挙動が異なるようであった。これは、原料汁のアミノ酸は黒糖製造時の加熱によって生じ

表1 黒糖製造期間における原料汁および黒糖成分分析値の変動と相関

	原料汁			黒糖			相関係数 <sup>1)</sup>
	平均値	標準偏差	変動係数	平均値	標準偏差	変動係数	
純糖率 (%)	89.0	1.3	0.01	87.3	1.9	0.02	0.82**
ショ糖 (g) <sup>2)</sup>	13.6	1.9	0.14	82.3	6.6	0.08	0.48**
還元糖比 <sup>3)</sup>	2.6	1.1	0.41	4.6	2.2	0.47	0.67**
総遊離アミノ酸 (mg) <sup>2)</sup>	171.6	55.6	0.32	715.8	263.7	0.37	0.83**
アスパラギン酸	8.1	1.6	0.19	37.1	9.5	0.26	0.70**
グルタミン酸	2.2	0.5	0.23	9.1	2.5	0.28	0.57**
アスパラギン	136.5	50.4	0.37	571.6	239.8	0.42	0.86**
グルタミン	2.9	1.5	0.52	7.2	2.7	0.37	0.74**
総有機酸 (mg) <sup>2)</sup>	96.4	26.7	0.28	679.0	78.4	0.12	-0.09
クエン酸	13.1	4.7	0.36	81.2	24.3	0.30	0.33
リンゴ酸	13.5	2.5	0.19	78.8	8.3	0.11	-0.09
アコニット酸	39.0	16.4	0.42	210.2	87.2	0.41	0.92**
乳酸	14.9	9.0	0.60	221.7	103.2	0.47	-0.40*
酢酸	13.4	7.2	0.54	69.9	40.0	0.57	0.97**
総陽イオン (mg) <sup>2)</sup>	232.5	27.1	0.12	1,395.2	196.8	0.14	0.56**
Na	6.3	2.3	0.37	37.0	11.2	0.30	0.96**
K	167.5	18.3	0.11	1,004.6	138.9	0.14	0.45*
Mg	16.8	3.1	0.19	108.8	24.6	0.23	0.83**
Ca	41.9	12.0	0.29	244.8	68.3	0.28	0.91**
総陰イオン (mg) <sup>2)</sup>	237.2	41.3	0.17	1,397.9	271.7	0.19	0.79**
Cl	111.8	18.9	0.17	678.1	133.3	0.20	0.78**
SO <sub>4</sub>	123.4	23.5	0.19	703.0	140.1	0.20	0.80**
ポリフェノール (mg) <sup>2)</sup>	46.8	4.6	0.10	336.4	45.5	0.14	0.03

原料汁および黒糖は、宮古製糖多良間工場にて2015年度および2016年度の製造期間に毎週1回採取した (n=29)。

1) 原料汁と黒糖における分析値の相関を示した (\*\*P<0.01, \*P<0.05)。

2) 原料汁は100mlあたり、黒糖は100gあたりの含有量を示した。

3) ショ糖に対するブドウ糖および果糖の含有比の和を示した。

るメイラード反応で消費されて褐変物質や香気成分が生成される<sup>10)</sup>が、アミノ酸によって反応性が異なる<sup>11)</sup>ためと推測した。有機酸では、乳酸や酢酸は生鮮なサトウキビ中に含まれないこと<sup>12)</sup>から、搾汁工程における微生物の生育<sup>13),14)</sup>が考えられた。また、総有機酸に対する乳酸の組成比が、原料汁の15.5%に対して黒糖では32.6%と増加したことから、加熱による糖の分解<sup>14)</sup>も乳酸が増加した要因の一つと推察した。一方、酢酸は13.9%から10.3%に減少し、加熱によって揮散したと考えられた。乳酸と酢酸を除いた有機酸の組成比は、クエン酸が原料汁の19.2%に対して黒糖では20.9%、リンゴ酸は19.9%と20.3%、アコニット酸は57.4%と54.2%であり、挙動が異なるようであった。仲宗根ら<sup>14)</sup>は、常温保存した黒糖中で揮発性有機酸の増減が種類によって異なることを報告しており、製造工程中の挙動も含めて興味深い現象である。陽イオンと陰イオンでは、組成比に大きな差異はみられなかった。

原料汁と黒糖の成分は、多くが正の相関を示したが、有機酸やK、ポリフェノールでは相関が低いものや有意な相関を示さないものがみられた。有機酸は加熱による分解<sup>15)</sup>や、黒糖中でも変化しやすい<sup>2),14)</sup>ことが要因と推察された。また、Kやポリフェノールは含有量の変動が小さかったために、相関が検出されにくいと考えられた。Kは黒糖に最も多く含有されている陽イオンであり<sup>4)</sup>、黒糖のポリフェノールには機能性が見出されている<sup>16)</sup>。黒糖に期待される特性として健康機能性<sup>9),17)</sup>が注目されており、これら成分の動向については詳細な検討が必要である。

## 2. 製糖期間における黒糖物性分析値の変動

黒糖の物性および味覚センサ測定値を表2に示す。物性では、硬さ、および色彩を示す $a^*$ 値や $b^*$ 値の変動が大きかった。中田ら<sup>18)</sup>は、仕上げ加熱温度が十分に上昇した場合には、硬い(すなわち良質な)黒糖が得られるとしている。また、黒糖製造工程中の加熱によって生じるメイラード反応生成物は褐変物質として黒糖の色彩にも寄与するが、100~140℃では温度が高いほど生成量が多くなること<sup>19)</sup>や、反応の前駆物質や反応条件によって生成する物質も異なること<sup>10)</sup>が知られている。これらのことから、黒糖の硬さや色調の変動は、黒糖製造における加熱工程の温度条件に由来すると推察した。

味覚センサ測定値は「塩味」で変動係数は小さいものの標準偏差値が大きく、測定値の最大値(2016年4月第3週で6.8)と最小値(2015年3月第4週で2.4)で4.4の数値差が検出された。味覚センサにおける味の数値化はウェーバーの法則に基づき、一般的にヒトが識別可能な濃度差である20%が1目盛りを設定されている<sup>20)</sup>。したがって、「塩味」の変動値はヒトが十分に識別可能なレベルであることが示された。それ以外の味における最大値と最小値の数値差は「旨味コク」が1.5、「旨味」が1.4、「苦味雑味」が1.2で識別可能値以上であったが、

表2 黒糖製造期間における黒糖の物性および味覚センサ測定値の変動

	平均値	標準偏差	変動係数
硬さ (N) <sup>1)</sup>	43.8	18.8	0.43
水分 (%)	4.3	0.4	0.08
水分活性 (Aw)	0.6	0.0	0.05
匂い強度 <sup>2)</sup>	1,213.4	226.6	0.19
色調			
$L^*$	29.2	2.0	0.07
$a^*$	6.6	2.3	0.35
$b^*$	7.4	3.5	0.47
着色度 (ICUMSA色価 $\times 10^3$ )	10.8	1.5	0.13
味覚センサ <sup>3)</sup>			
苦味雑味	-0.3	0.3	-0.97
旨味	0.2	0.4	2.39
塩味	4.2	1.0	0.24
苦味	0.0	0.1	-3.15
渋味	-0.3	0.2	-0.54
旨味コク	0.6	0.4	0.58

黒糖は、宮古製糖多良間工場にて2015年度および2016年度の黒糖製造期間に毎週1回採取した ( $n=29$ )。

<sup>1)</sup> 破断荷重測定値を示した。

<sup>2)</sup> 匂いセンサ測定値を示した。

<sup>3)</sup> 味覚センサ測定値を示した。標準試料には、宮古製糖多良間工場にて2016年1月10日に製造された粉黒糖を用いた。「酸味」と「渋味刺激」は測定値が基準値より低いため、「味なし」と評価した。

「苦味」と「渋味」は1.0以下となり、変動係数は大きいもののヒトが識別可能な範囲以下の変動であった。なお、「酸味」と「渋味刺激」は測定値が基準値より低いため、評価から除外した。

## 3. 原料汁分析値と黒糖物性分析値の相関

黒糖の物性および味覚センサ測定値に対する原料汁成分分析値の相関を表3に示す。黒糖の硬さに対しては純糖率が正の相関、還元糖比や陽イオン、および陰イオンが負の相関を示したことから、原料汁の可溶性固形分やショ糖の割合が多いほど硬い黒糖になるという中田らの報告<sup>18)</sup>と一致した。一方、原料汁の純糖率を下げる要因である総遊離アミノ酸やアスパラギン、有機酸のうちアコニット酸が黒糖の硬さに対して正の相関を示し、相反する結果となったことから、これらの成分が硬さに及ぼす影響は、詳細に検討する必要がある。

黒糖の品質や保存性に影響する水分や水分活性<sup>21)</sup>は、原料汁の純糖率と正の相関、還元糖比と負の相関を示した。また、アミノ酸、有機酸、ミネラル等の非ショ糖成分の多くは負の相関を示し、純糖率に対する正の相関を補完する結果となった。サトウキビは品質取引制度に従い、工場に搬入された原料からサンプルを抜き取ってBrixを測定しているが、同時に純糖率も測定することで、原料段階での純糖率管理が可能と考えられる。また、原

表3 原料汁の成分分析値と黒糖の物性または味覚センサ測定値との相関

原料汁成分分析値	黒糖の物性測定値						黒糖の味覚センサ測定値*					
	硬さ	水分	水分活性	匂い強度	$L^*$	$a^*$	$b^*$	着色度	苦味雑味	旨味	塩味	旨味コク
純糖率	0.56**	0.59**	0.82**	-0.35	0.14	-0.21	-0.01	-0.12	-0.02	0.53**	-0.17	0.05
シヨ糖	0.45	0.06	0.31	-0.38	0.26	-0.05	0.08	0.13	-0.03	0.68**	-0.04	0.47**
還元糖比	-0.62**	-0.41	-0.59**	0.63**	-0.25	0.19	-0.05	0.32	-0.27	-0.53**	0.38	0.02
総遊離アミノ酸	0.58**	-0.05	0.27	-0.65**	0.33	-0.09	0.12	-0.16	0.27	0.67**	-0.40	0.10
アスパラギン酸	0.15	-0.08	-0.19	-0.50**	0.07	-0.05	-0.02	-0.27	0.20	0.20	-0.12	0.07
グルタミン酸	0.11	-0.01	-0.13	-0.36	0.11	-0.17	-0.04	0.07	0.46	0.21	-0.19	0.02
アスパラギン	0.62**	-0.02	0.31	-0.67**	0.34	-0.10	0.13	-0.19	0.26	0.70**	-0.43	0.07
グルタミン	0.41	-0.01	0.26	-0.53**	0.25	-0.18	0.06	0.01	0.34	0.53**	-0.46	-0.12
総有機酸	0.39	-0.21	0.13	-0.17	0.36	0.17	0.23	0.26	-0.17	0.64**	-0.01	0.47**
クエン酸	0.29	-0.25	0.01	-0.37	0.54**	0.49**	0.52**	-0.31	-0.07	0.34	-0.32	0.10
リンゴ酸	-0.19	-0.53**	-0.40	0.09	0.42	0.56**	0.45	0.14	-0.39	0.17	0.18	0.38
アコニット酸	0.62**	0.06	0.37	-0.59**	0.41	-0.04	0.19	-0.09	0.12	0.83**	-0.36	0.19
乳酸	0.28	-0.31	-0.01	-0.04	0.32	0.19	0.22	0.36	-0.19	0.51**	0.03	0.38
酢酸	-0.38	-0.14	-0.16	0.84**	-0.46	-0.06	-0.33	0.75**	-0.43	-0.38	0.79**	0.55**
総陽イオン	-0.66**	-0.53	-0.67**	0.44	-0.03	0.44	0.14	0.16	-0.36	-0.47	0.44	0.35
Na	-0.77**	-0.31	-0.69**	0.57**	-0.33	0.16	-0.13	0.24	-0.14	-0.82**	0.53**	0.12
K	-0.35	-0.46	-0.49**	-0.04	0.25	0.39	0.29	-0.05	-0.23	0.06	0.12	0.26
Mg	-0.73**	-0.42	-0.66**	0.42	-0.15	0.37	0.08	-0.09	-0.19	-0.83**	0.23	-0.09
Ca	-0.62**	-0.31	-0.46	0.82**	-0.35	0.26	-0.12	0.43	-0.38	-0.76**	0.64**	0.39
総陰イオン	-0.80**	-0.47**	-0.75**	0.53**	-0.15	0.38	0.07	0.08	-0.28	-0.77**	0.44	0.10
Cl	-0.74**	-0.52**	-0.84**	0.39	-0.10	0.36	0.08	0.05	-0.14	-0.69**	0.35	0.10
SO <sub>4</sub>	-0.79**	-0.40	-0.63**	0.63**	-0.20	0.37	0.04	0.13	-0.38	-0.78**	0.48**	0.10
ポリフェノール	-0.15	-0.17	0.09	0.43	-0.15	0.02	-0.09	0.31	-0.48**	0.05	0.38	0.30

数値は、原料汁と黒糖の分析値におけるピアソンの積率相関係数を示した (\*\* $P < 0.01$ )。

\*味覚センサ測定値のうち、ヒトが識別可能な差異を示した項目のみ表示した。

料の刈り置きによる劣化<sup>21)</sup>や、搾汁工程における微生物汚染の有無<sup>13)</sup>なども、原料汁の純糖率を測定することで追跡できる。このように、測定が容易な原料汁の純糖率<sup>9)</sup>を、原料管理あるいは工程改善の指標として活用できると思われた。

匂い強度は、酢酸とCaが強い正の相関を示した。このうち酢酸は、揮発性を有することが相関の要因であると考えられた。また、酢酸を多く含む原料汁は乳酸菌の生育が疑われるが<sup>14)</sup>、乳酸菌の生育によってpHが低下した原料汁では中和工程に多くの石灰を要するため、原料汁中にCaが多く残存した<sup>4)</sup>と考えられた。

黒糖の色では、酢酸が着色度(色の濃さ)に強い正の相関、 $L^*$ 値(明るさ)に負の相関を示したほかに、顕著な傾向は観察されなかった。黒糖は羊羹や黒飴など色調を生かした加工用途に用いられるため、着色度は黒糖品質の指標として重要である。これまでに、アミノ酸を多く含む黒糖で着色度が高いことが明らかとなっている<sup>9)</sup>が、原料汁ではアミノ酸含有量も含めて、黒糖の着色度と明確な相関は示されなかった。今後、黒糖製造の諸条件も含めた、詳細な検討が必要である。

味覚センサ測定値では、最も変化が大きかった「塩味」には酢酸やNa、CaおよびSO<sub>4</sub>に有意な正の相関が検出された。また、「旨味」に対してはアミノ酸や有機酸の多くが正の相関を示した一方で、Kを除く陽イオン及び陰イオンが負の相関を示した。味覚センサは生体の味覚需要メカニズムと同様に脂質膜センサに生じる電位変化を測定したもので、「味」の数値化が可能である一方、各センサの応答値が具体的な官能的表現と一致しない場合も多く、官能的評価との相関性を評価する必要性が指摘されている<sup>20)</sup>。また、旨味センサによる測定にはポリフェノール化合物の除去処理が必要である<sup>22)</sup>など、各センサの測定条件を検討する必要がある。今回の結果から、味覚センサで黒糖を分析すると、味を識別できる程度の差を検出可能であることが示されたが、味の評価に用いるためには、官能評価との相関を含めた詳細な検討が必要である。

以上の結果より、製糖期間中における原料汁の成分は、原料サトウキビ由来と考えられる還元糖比やアミノ酸、有機酸、Naの変動が大きいことが明らかとなった。原料汁と黒糖の成分の多くは正の相関を示すことから、原

料汁, すなわち原料サトウキビの成分が黒糖の成分に強く反映することが示された。また, 原料汁の純糖率は黒糖の硬さや水分および水分活性との相関が検出され, 黒糖の品質を安定させるうえで純糖率の管理が重要であると推察した。

黒糖を特徴付ける要素である色や香りには, 黒糖製造工程の加熱中に生成する多様なメイラード反応物が大きく関与している<sup>20,23)</sup>。氏原ら<sup>24)</sup>は黒糖製造条件や使用機器の材質が黒糖色調に影響を及ぼすことを示している。また, 黒糖に含まれる多様な香気成分は, 栄養成分やポリフェノール類と共に黒糖の風味に大きく影響している<sup>25)</sup>。今後は, 黒糖の硬さや水分活性などの品質に加えて, 色や風味などの特性に寄与する成分を明らかにし, 黒糖品質の安定化や高品質化を進めていきたい。

## 要 約

黒糖製造期間において, 原料汁の成分は原料サトウキビ由来と考えられる還元糖比やアミノ酸, 有機酸, Naの変動が大きかった。原料汁と黒糖の成分の多くは正の相関を示したことから, 原料汁, すなわち原料サトウキビの成分が黒糖の成分に反映することが示された。原料汁の純糖率に黒糖の硬さや水分および水分活性との相関が検出され, 黒糖の品質を安定させるうえで純糖率の管理が重要であると推察した。黒糖の味覚センサ測定値では「塩味」が大きな変動を示し, 原料汁の酢酸やNa, Caに正の相関, アミノ酸類に負の相関を示した。

謝 辞 本研究は, 沖縄黒糖安定供給支援事業(平成26~28年度, 沖縄県黒砂糖協同組合)において実施した。多大なるご協力を賜りました宮古製糖(株)多良間工場の皆様に, 深く感謝致します。

## 文 献

- 1) 垣花郁夫: 沖縄県の黒糖生産の推移, 沖縄黒糖製造ハンドブック(沖縄県黒砂糖協同組合, 沖縄), pp.25~28 (2015)
- 2) 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, 日食保蔵誌, 41 (6), 253~259 (2015)
- 3) 秋永孝義・岡留博司・國府田佳弘: 黒糖の品質に関する研究(第1報) 黒糖の物理化学的特性, 農業機械学会誌, 56 (5), 51~56 (1994)
- 4) 秋永孝義・野瀬昭博・岡留博司・國府田佳弘: 黒糖の品質に関する研究(第2報) 黒糖の品質と無機成分の関係, 農業機械学会誌, 58 (3), 11~17 (1996)
- 5) 栄野比美徳・後藤一寿・恵比寿則明: 黒糖に対する消費者ニーズと消費拡大の方向性, 砂糖類・でん粉情報, 59 (8), 50~55 (2017)
- 6) 儀間 靖・島袋正樹: サトウキビメモその1, サトウキビ蔗汁の固形物の蓄積, 沖縄農業, 34 (2), 70~77 (2000)
- 7) 氏原邦博・増田亮一・杉浦 誠・永田茂穂・杉本明・寺島義文・福原誠司: サトウキビジュースにおける有用成分の生育時期別推移と加工時の消長, 日作九支報, 70, 75~77 (2004)
- 8) 広瀬直人・小野裕嗣・前田剛希・和田浩二: ポータブル屈折旋光計による純糖率測定に適したサトウキビ搾汁液の簡易澄清化法の検討, 南資源誌, 33 (1), 43~50 (2018)
- 9) 広瀬直人・前田剛希・照屋 亮・高良健作・和田浩二: サトウキビ搾汁粕から分離したGABA強化黒糖製造に利用可能な乳酸菌, 日食保蔵誌, 44 (1), 17~21 (2018)
- 10) 藤巻正生・倉田忠男: 食品の加熱香気, 化学と生物, 9 (2), 17~21 (1971)
- 11) KOBAYASHI, N. and FUJIMAKI, M.: On the formation of mercaptoacetaldehyde, hydrogen sulfide and acetaldehyde on boiling cysteine with carbonyl compounds, *Agr. Biol. Chem.*, 29 (7), 698~699 (1965)
- 12) BINKLEY, W.W. and WOLFORM, M.L.: Composition of cane Juice and cane final molasses, *Adv. Carbohydr. Chem.*, 8, 291~314 (1953)
- 13) NEL, S.: Microbial diversity profiling in sugarcane processing: what, why and how?, *Proc. S. Afr. Technol. Ass.*, 87, 246~254 (2014)
- 14) 仲宗根洋子・和田浩二・渡辺 守・安田正昭・森川誠司: 貯蔵にともなう黒糖有機酸の変化, 琉大農報, 38, 249~253 (1991)
- 15) 中林敏郎: 焙煎によるコーヒーの有機酸とpHの変化, 日食工誌, 25 (3), 142~146 (1978)
- 16) 前田剛希・萩 貴之: 沖縄産純黒糖の抗酸化能と糖類分解酵素阻害活性, 沖縄工技報, 10, 1~5 (2006)
- 17) JAFFE, W. R.: Health effects of Non-Centrifugal Sugar (NCS): A review, *Sugar Tech*, 14 (2), 87~94 (2012)
- 18) 中田栄太郎・前田直彦・谷口 修・酒井一幸: 黒糖製造法, シュガーハンドブック(朝倉書店, 東京), pp.106~118 (1964)
- 19) CLARK, A. V. and TANNENBAUM, S. R.: Isolation and characterization of pigments from protein-carbon browning systems. Isolation, purification, and properties, *J. Agric. Food Chem.*, 18 (5), 891~894 (1970)
- 20) 豊田健太郎・池崎秀和・平林和之・三村昭彦・那須賢二・戸塚 昭: 味覚センサーを用いた清酒の後味評価, 醸協, 111 (1), 49~58 (2016)
- 21) 寺内方克・松岡 誠・寺島義文・境垣内岳雄・伊禮信・氏原邦博・下田 聡・平良正彦・前田剛希・下地 格・宮城克浩: サトウキビ多収品種「Ni27」の育

- 成とその特性, 九沖農研報, **62** (5), 11~24 (2014)
- 22) 久保智子・藤原孝之・富澤代志子: 異なる条件で浸出した緑茶の渋味およびうま味の味覚センサーによる評価, 日食科工誌, **61** (5), 192~198 (2014)
- 23) 広瀬直人・前田剛希・照屋 亮・高良健作・和田浩二: 香気を強化した黒糖の製造技術開発, 沖縄農業, **49** (1), 11~19 (2018)
- 24) 氏原邦博・吉元 誠・和田浩二・永井竜児・広瀬直人・照屋 亮: 黒砂糖の色調と品質に及ぼすサトウキビ搾汁機ローラーの材質とライミング処理の影響, 日食科工誌, **56** (6), 343~349 (2009)
- 25) ASIKIN, Y., TAKAHARA, W., TAKAHASHI, M., HIROSE, N., ITO, S. and WADA, K.: Compositional and electronic discrimination analyses of taste and aroma profiles of non-centrifugal cane brown sugars, *Food Anal. Methods*, **10**, 1844~1856 (2017)  
(平成30年8月30日受付, 平成31年1月9日受理)
-