

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

誌名	日本食品科学工学会誌
ISSN	1341027X
著者名	氏原,邦博 吉元,誠 和田,浩二 永井,竜児 広瀬,直人 照屋,亮
発行元	日本食品科学工学会
巻/号	56巻6号
掲載ページ	p. 343-349
発行年月	2009年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

氏原邦博[§], 吉元 誠, 和田浩二*, 永井竜児**, 広瀬直人***, 照屋 亮***

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター

* 琉球大学農学部生物資源科学科

** 熊本大学大学院医学薬学研究部

*** 沖縄県農業研究センター

Effect of Roller Material Used in Mill and Liming Treatments on Color Tone and Quality of Non-centrifugal Sugar

Kunihiro Ujihara[§], Makoto Yoshimoto, Koji Wada*, Ryoji Nagai**, Naoto Hirose*** and Ryo Teruya***

National Agricultural Research Center for Kyushu, Okinawa Region, National Agricultural and Food Research Organization, 2421 Suya, Goshi, Kumamoto 861-1192

* Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara-cho, Nakagami-gun, Okinawa 903-0213

** Faculty of Medical and Pharmaceutical Science, Kumamoto University, Honjo 1-1-1, Kumamoto 860-8556

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

The effects of the roller material used in mill and liming treatments on the color tone, nutritional and functional components and sensory characteristics of non-centrifugal sugar were investigated. The iron roller in mill and liming treatments was responsible for the dark color in commercially available non-centrifugal sugar, suggesting an acceleration in the amino-carbonyl reaction by iron during the liming treatment. Use of the stainless-steel roller in mill but not liming treatment depressed the amino-carbonyl reaction, resulting in a light tone non-centrifugal sugar. The light tone non-centrifugal sugar had lower iron and calcium contents than that obtained using the iron roller for the same treatment. No difference in potassium and magnesium content, amino acid components, sucrose content, and polyphenolic content was observed between the light tone and dark tone non-centrifugal sugar when the iron roller was used in the combined mill and liming treatment. Moreover, the light tone non-centrifugal sugar was superior to the dark tone using the iron roller in the combined treatment on the sensory evaluation.

(Received Jan. 13, 2009 ; Accepted Mar. 13, 2009)

Keywords : sugarcane, non-centrifugal sugar, production method, color tone, sensory evaluation

キーワード : サトウキビ, 黒砂糖, 製造法, 色調, 官能評価

サトウキビ (*Saccharum officinarum* L.) は台風や干ばつ等の悪条件下でも収量が確保できることから、南西諸島のような夏季に台風が常習的に襲来し、耕土が浅いために干ばつが常発する地域にはなくてはならない作物である。その用途は主に製糖用原料であり、一部が黒砂糖等に利用されている¹⁾²⁾。

しかし、サトウキビ産業は砂糖の消費低迷・内外価格差

〒861-1192 熊本県合志市須屋 2421

* 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原 1

** 〒860-8556 熊本県熊本市本荘 1 丁目 1-1

*** 〒901-0336 沖縄県糸満市真壁 820 番地

§ 連絡先 (Corresponding author), kuji@affrc.go.jp

あるいは異性化糖との競合などの深刻な問題があり、厳しい状況にある。近年、健康志向の高まりから食品に含まれるポリフェノールやフラクトオリゴ糖などの機能性成分が注目され、このような成分を多く含有する食品は高付加価値商品として有利に取引されている。黒砂糖はサトウキビを搾汁し、加熱により濃縮して製造されており、白砂糖に比べてサトウキビ由来のミネラルやポリフェノール類等機能性成分を含む優れた食品である³⁾。ポリフェノール類には 17 種類の抗酸化成分⁴⁾⁵⁾、小腸のグルコース吸収における 3 種類の阻害成分⁶⁾、2 種類の血糖値上昇抑制成分が同定され⁷⁾⁸⁾、さらに、表皮のワックスによる高コレステロー

ル改善効果が明らかにされている⁹⁾。サトウキビを搾汁したジュース(蔗汁)は高血圧防止効果のある γ -アミノ酪酸(GABA)¹⁰⁾を含有しており¹¹⁾¹²⁾、黒糖を製造することにより4~5倍に濃縮されることも明らかになっている¹³⁾。また、黒砂糖は廃糖蜜処理の問題がない環境に優しい食品でもある。

このような黒砂糖の特徴を活かし、消費拡大に結びつけることが、サトウキビ産業の活性化のためには重要である。しかし、現在製造されている黒砂糖は色調が暗く、味も独特の風味が強いためコーヒ、紅茶や料理等に使用しにくく、その用途は限定されている。

そこで、筆者らは色調が明るく、味が柔らかい、従来利用できなかった料理やコーヒ、紅茶等の新たな用途に利用できる黒砂糖を製造する技術の開発を目的に、搾汁機のローラーの材質および蔗汁 pH を中性付近に調整することによるスクロース分解防止のための石灰混和(ライミング)処理の有無が黒砂糖の色調、栄養成分、機能性成分および食味等へ与える影響について検討した。

実 験 方 法

1. 供試材料

サトウキビは九州沖縄農業研究センター種子島拠点で栽培された KY96T-547 (2006 年 4 月 10 日植付け, 2007 年 3 月 13 日収穫)を用いた。

2. 黒砂糖の製造法

収穫したサトウキビを鉄製ローラーを装備したテストミル(Mastuo社製)で搾汁し、水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)を添加して蔗汁 pH を 7.0 に調整(ライミング処理)後、加熱して作製(テストミル+ライミング)、テストミルで搾汁し、ライミング処理をせずに作製(テストミル+非ライミング)、ステンレス製のローラーを装備したキビジュース(Mastuo社製)で搾汁し、ライミング処理して作製(キビジュース+ライミング)およびキビジュースで搾汁し、ライミング処理せずに作製(キビジュース+非ライミング)の計4種類の製造方法で黒砂糖を作製した。

3. 明度・色度の測定

黒砂糖の明度および色度は分光測色計 CR-200 (Minolta社製)を用いて測定し、 L^* 、 a^* 、 b^* 表色系で表示した。

4. 成分分析方法

蔗汁ブリックスは光屈折式デジタル糖度計 (PAL-1, Atago社製)、pH は pH メーター Twin pH (Horiba社製)で測定した。糖組成は SCR-101N カラム (Shimadzu社製)を用い、示差検出計 RID-10A (Shimadzu社製)を装備した HPLC で分析した。アミノ酸は Shim-pack Amino-Li (強酸性陽イオン交換樹脂)カラムを用い、*o*-フタルアルデヒド (Wako社製)を反応試薬として、蛍光波長 (Ex = 350 nm, En = 450 nm) で測定する RF-10AXL (Shimadzu社製)を装備した HPLC で分析した。総ポリフェノール含

量はフォーリン・チオカルト法を改変してマイクロプレートリーダー CS-933PC (Shimadzu社製)で測定し¹⁴⁾、クロロゲン酸 (Sigma社製)相当量として算出した。ミネラルの分析はカリウムおよびマグネシウムは Shim-pack IC-A 3 カラムを用いたイオンクロマトグラフィー (PIA-1000, Shimadzu社製)を用い、鉄とカルシウムは日本食品分析センターに委託した。

5. 官能評価

テストミル+ライミング黒砂糖を基準にキビジュース+非ライミング黒砂糖について「色」、「香り」、「甘味」、「塩味」、「苦味」、「酸味」、「えぐみ」、「美味しさ」、および、甘味調味料としての汎用性を調査することを目的に「料理に使うとすると」の各項目を、年齢が 20 代から 50 代の男性 30 人、20 代から 40 代の女性 7 名の一般消費者により評価した。

6. 黒砂糖の明度・色度への鉄とライミング処理の影響

キビジュースで搾汁した蔗汁を用い、酸化鉄 (Fe_2O_3) を添加し、ライミング処理して作製 (酸化鉄添加+ライミング)、酸化鉄を添加し、ライミング処理せずに作製 (酸化鉄添加+非ライミング)、酸化鉄を添加せず、ライミング処理して作製 (酸化鉄無添加+ライミング)、酸化鉄を添加せず、ライミング処理せずに作製 (酸化鉄無添加+非ライミング) の 4 種類の処理を行い黒砂糖を作製し、明度・色度を測定した。酸化鉄の添加量はテストミル+ライミング黒砂糖の無機成分分析結果に基づいて 0.5 mg/100 ml とした。また、黒砂糖の褐色度は、黒砂糖 10 mg を 1 ml の蒸留水に加え、Sonicator ULTRASONIC DISRUPTOR UD-201 (TOMY社製)で溶解後、10 000×g、5 分間遠心分離し、上澄を分光光度計 U2000 (HITACHI社製)を用いて 470 nm の波長で吸光度を測定した。

7. 統計処理法

統計処理は Excel 2007, エクセル統計 2006 を用い、Tukey の方法により有意差の検定 ($p < 0.05$) を行った。結果は、平均値±標準偏差 ($n=3$) で示した。

実験結果および考察

1. 明度・色度の比較

図 1 にテストミル+ライミング、テストミル+非ライミング、キビジュース+ライミング、キビジュース+非ライミングの各製造法で作製した黒砂糖の写真を示す。テストミル+ライミング黒砂糖は暗い色調であり、キビジュース+非ライミング黒砂糖は明るい色調であった。表 1 に 4 製造法による黒砂糖の L^* 、 a^* 、 b^* 値を示す。 L^* 値 (明度) はテストミル+ライミング黒砂糖が最も小さく、次いでテストミル+非ライミング黒砂糖とキビジュース+ライミング黒砂糖が同程度であり、キビジュース+非ライミング黒砂糖が最も大きかった。 a^* 値 (赤色) はいずれの製法でも値が小さかった。 b^* 値 (黄色) は L^* 値と同様の

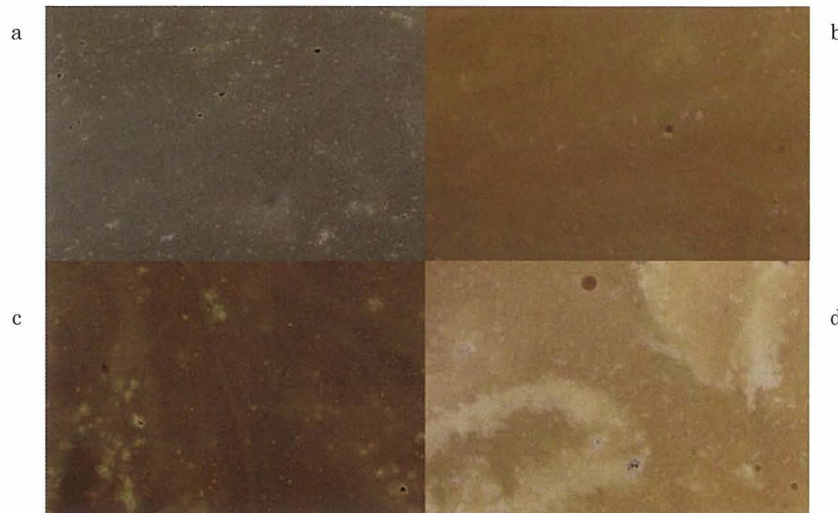


図 1 製造法の違いが黒砂糖の色調に及ぼす影響

a: テストミル+ライミング, b: テストミル+非ライミング
c: キビジャーサー+ライミング, d: キビジャーサー+非ライミング

表 1 製造法の違いが黒砂糖の色調へ及ぼす影響

	テストミル		キビジャーサー	
	ライミング	非ライミング	ライミング	非ライミング
L* 値	44.92±0.67 ^a	55.22±2.08 ^b	52.60±0.96 ^b	65.02±2.82 ^c
a* 値	2.36±0.10 ^a	3.49±0.24 ^b	5.84±0.57 ^c	5.71±0.38 ^c
b* 値	15.04±0.59 ^a	20.27±0.85 ^b	21.86±0.63 ^b	26.59±0.15 ^c

n=3, 平均値±標準偏差

アルファベットは, 異なる文字間に有意差 ($P<0.05$) のあることを示す.

順位でテストミル+ライミング砂糖が最も小さく, キビジャーサー+非ライミング黒砂糖が最も大きかった。これらのことから, 鉄製ローラーで搾汁し, ライミング処理を行うと暗く, くすんだ色の黒砂糖が製造され, ステンレス製ローラーで搾汁し, ライミング処理を行わなければ明るく, 黄色方向のやや強い黒砂糖が製造できることが示された。市販されている黒砂糖は鉄製のローラーを装備した搾汁機でサトウキビを搾り, その搾汁液をライミング処理し, 加熱により濃縮して製造されている。テストミル+非ライミング黒砂糖とキビジャーサー+ライミング黒砂糖とは L*, a*, b* 値ともに同程度であり, テストミル+ライミング黒砂糖よりも全ての値が大きいことから, 市販黒砂糖は鉄製ローラーの使用とライミング処理の相乗効果により, 色調が暗くなっていると推測された。

2. 栄養成分および機能性成分の比較

テストミルで搾汁した蔗汁の pH は 5.3, ブリックスは 20.6%, キビジャーサーで搾汁した蔗汁の pH は 5.3, ブリックスは 20.5% で黒砂糖の原料となる蔗汁の pH, ブリックスともに搾汁方法の違いによる差は認められなかった。同様に蔗汁の糖類組成 (ラフィノース, スクロース, グル

コースおよびフルクトース含量) も搾汁方法の違いによる差は認められなかった (データ略)。テストミル+非ライミング黒砂糖の pH は 5.5, キビジャーサー+非ライミング黒砂糖の pH は 5.4 と蔗汁 pH と同程度であった。テストミル+ライミング黒砂糖の pH は 6.8, キビジャーサー+ライミング黒砂糖の pH は 6.9 とライミング処理により中性に近い値であった。表 2 に 4 製造法による黒砂糖のラフィノース, スクロース, グルコースおよびフルクトース含量を示す。スクロース含量に製造法の違いによる差は認められなかったが, ラフィノース, グルコースおよびフルクトース含量はライミング処理しない黒砂糖が多かった。これはライミング処理しない場合には蔗汁 pH が低いため, 加熱によりスクロースが分解し, ラフィノース, グルコース, フルクトースが生成したことを示しているが, スクロースの分解率は小さく, ライミング処理の有無によりスクロース含量に差が認められる程度ではなかった。アミノ酸含量についても製造法の違いによる差は認められなかった (データ略)。表 3 に 4 製造法による黒砂糖のミネラルの分析結果を示す。カリウムおよびマグネシウム含量は製造法の違いによる差は認められなかった。鉄含量はテストミル

表 2 製造法の違いが黒砂糖の糖組成へ及ぼす影響 (mg/100 g)

	テストミル		キビジュース	
	ライミング	非ライミング	ライミング	非ライミング
ラフィノース	269±16 ^a	486±139 ^b	280±28 ^a	417±6 ^b
スクロース	86632±3692	84484±657	88124±1625	83995±3067
グルコース	312±14 ^a	1128±168 ^b	391±176 ^a	1038±21 ^b
フルクトース	297±13 ^a	1042±127 ^b	361±164 ^a	971±20 ^b

n=3, 平均値±標準偏差

アルファベットは, 異なる文字間に有意差 (P<0.05) のあることを示す.

表 3 製造法の違いが黒砂糖のミネラル組成に及ぼす影響 (mg/100 g)

	テストミル		キビジュース	
	ライミング	非ライミング	ライミング	非ライミング
K	706.26±54.06	832.84±325.61	800.85±22.87	820.55±226.98
Mg	74.39±3.92	97.25±39.54	86.20±22.89	78.10±3.83
Ca	84.17±2.84 ^a	59.67±1.61 ^b	79.83±7.94 ^a	51.83±0.58 ^b
Fe	1.77±0.35	1.23±0.25	—	—

n=3, 平均値±標準偏差

—: 検出されなかったことを示す.

アルファベットは, 異なる文字間に有意差 (P<0.05) のあることを示す.

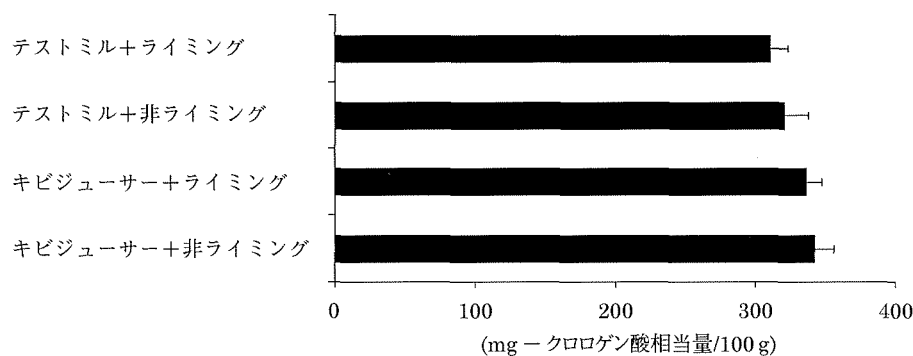


図 2 製造法の違いが黒砂糖のポリフェノール含量に及ぼす影響

n=3, 平均値±標準偏差

で搾汁した黒砂糖ではライミング処理の有無に関わらず検出されたが, キビジュースで搾汁した黒砂糖では検出限界以下であり, 黒砂糖中の鉄は搾汁機のローラー由来であることが示唆された。また, カルシウム含量はテストミル, キビジュースともにライミング処理した黒砂糖では, ライミング処理しない黒砂糖より多かったが, これはライミング処理に水酸化カルシウムを用いていることに由来するものである。機能性成分であるポリフェノール含量は製造法の違いによる差は認められなかった (図 2)。

3. 黒砂糖の明度・色度への鉄とライミング処理の影響

上記の栄養成分および機能性成分の比較の結果から黒砂糖の暗色化の原因を鉄とライミング処理によるものと推定し, キビジュースで搾汁した蔗汁に酸化鉄添加とライミング処理を行い, 作製した黒砂糖を分光測色計で測定した

結果を表 4 に示した。L* 値, a* 値, b* 値ともに酸化鉄添加+ライミング黒砂糖が最も低く, 酸化鉄無添加+非ライミング黒砂糖が最も高く, 黒砂糖の暗色化は搾汁機のローラー由来の鉄とライミング処理によることが示された。

図 3 にキビジュースで搾汁した蔗汁に酸化鉄添加とライミング処理を行い作製した黒砂糖を 470 nm の波長で測定した結果を示した。酸化鉄無添加+非ライミング黒砂糖の吸光度が低く, 酸化鉄添加+ライミング黒砂糖, 酸化鉄添加+非ライミング黒砂糖および, 酸化鉄無添加+ライミング黒砂糖は同程度で高かった。450 nm 付近の波長を用いて吸光度を測定することによりアミノカルボニル反応による着色度が測定できる¹⁵⁾ことが報告されており, この結果から酸化鉄の添加とライミング処理はアミノカルボニル反応を促進していることが示された。

表 4 黒砂糖の明度・色度への鉄とライミング処理の影響

	酸化鉄添加		酸化鉄無添加	
	ライミング	非ライミング	ライミング	非ライミング
L* 値	46.02±0.25 ^a	53.53±1.54 ^b	51.41±1.12 ^b	60.64±3.05 ^c
a* 値	3.19±0.14 ^a	4.29±0.49 ^b	4.20±0.23 ^b	5.75±0.51 ^c
b* 値	9.48±0.43 ^a	14.59±1.60 ^a	25.58±0.14 ^b	22.83±4.48 ^b

n=3, 平均値±標準偏差

アルファベットは, 異なる文字間に有意差 (P<0.05) のあることを示す.

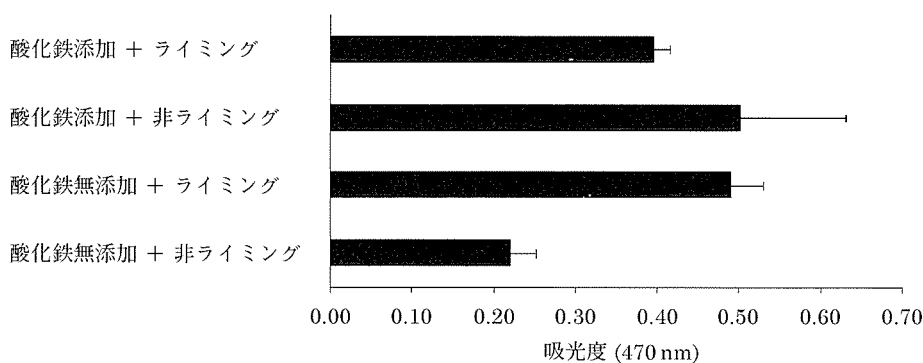


図 3 鉄およびライミング処理が黒砂糖の褐色反応に及ぼす影響 (測定波長 470 nm)

n=3, 平均値±標準偏差

これらの結果から黒砂糖の暗色化の原因は, 搾汁機のローラー由来の鉄分とライミング処理によるものであり, これらがアミノカルボニル反応を促進することで着色が進み, 暗色化していることが明らかとなった.

4. 官能評価

図 4 にテストミル+ライミング黒砂糖を基準とした場合のキビジュース+非ライミング黒砂糖の官能評価の結果を示した. キビジュース+非ライミング黒砂糖の「色」は「やや良い」, 「良い」の合計が 80% 以上を占め, 「香り」は「同じ」が 50% 以上を占めた. 「甘味」は「やや強い」が最も多く, 次いで「同じ」であった. 「塩味」, 「苦味」, 「酸味」, 「えぐみ」は同じが最も多かったが, それぞれ「やや弱い」, 「弱い」の合計が「やや強い」, 「強い」の合計よりも多く, 総合的な評価としての「美味しさ」は 60% 以上が「やや美味しい」あるいは「美味しい」と回答していた. 「料理に使うとすると」の問いには 81% がキビジュース+非ライミング黒砂糖と回答した. これらのことから, テストミル+ライミング黒砂糖よりもキビジュース+非ライミング黒砂糖のほうが消費者に好まれる色であり, 「苦味」, 「えぐみ」の一部はサトウキビ由来ではなく, ライミング処理に用いた水酸化カルシウムに由来し, 非ライミング黒砂糖は水酸化カルシウムを添加しないことから「苦味」, 「えぐみ」が改善され美味しくなったと考えられた. また, キビジュース+非ライミング黒砂糖の色調の明るさと食味の改善により, 料理に使いやすく, 甘味調味料としての汎用性も高いと推察された.

以上の結果より, ステンレス製ローラーを装備した搾汁機によりサトウキビを搾汁し, ライミング処理を行わずに黒砂糖を作製することにより, 市販されている黒砂糖の一般的な製造方法であるテストミル+ライミング黒砂糖よりも色が黄色で明るく, 食味が優れ, 汎用性も高く, 栄養成分は鉄含量およびカルシウム含量がやや劣るものの, その他の成分は同程度であり, 機能性成分も同程度の黒砂糖が作製できた. 鉄は搾汁機のローラー由来であり, カルシウムについてもライミング処理によるものであり, これらがアミノカルボニル反応を促進することにより黒砂糖が着色していることも明らかとなった. これらの成分はサトウキビ由来ではないことから, サトウキビのみで製造したことを販売戦略とすれば, 欠点にはならないと推測される. ライミング処理は主に黒砂糖の製造を安定的に行うことを目的にスクロースの分解を防止するため, 蔗汁の pH を中性付近に調整する技術である. 本実験ではライミング処理を行わなくてもスクロースの分解率は小さく, 黒砂糖の製造に影響は認められなかった. また, 実験室よりもやや規模が大きくなると, 一回の蔗汁処理量が 200 L の黒砂糖工場においても, ライミング処理を行わなくても黒砂糖の製造に影響は無いことを確認している. しかしながら, 大規模黒砂糖工場に適用する場合には更なる検討が必要である.

本製品の開発により, 黒砂糖の利用範囲を従来品よりも広げることが可能であり, 需要の拡大に結びつくと考えられる.

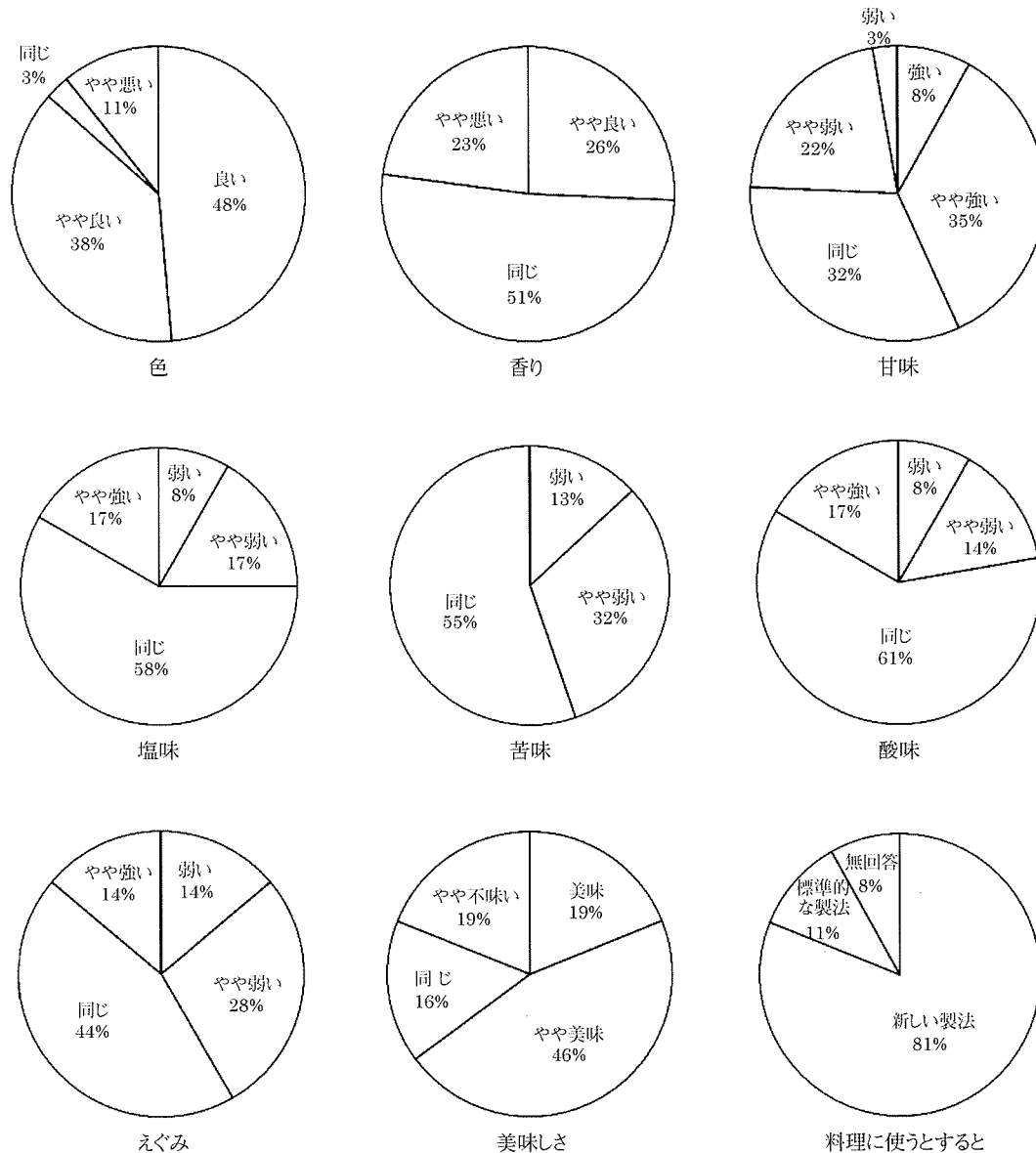


図 4 テストミル+ライミング黒砂糖を基準とするキビジュース+非ライミング黒砂糖の官能評価成績

標準的な製法：テストミル+ライミング黒砂糖

新しい製法：キビジュース+非ライミング黒砂糖

要 約

黒砂糖の色調、栄養成分、機能性成分および食味等に搾汁機のローラーの材質およびライミング処理が及ぼす影響を調査し、以下の結果を得た。

(1) 市販黒砂糖の暗色化の原因は、搾汁機のローラー由来の鉄とライミング処理によるものであり、これらがアミノカルボニル反応を促進することで着色が進み、暗色化していることが明らかとなった。搾汁機のローラーの材質をステンレスに換え、ライミング処理しないことにより、黒砂糖の色調は明るくなった。

(2) ステンレス製ローラーで搾汁し、ライミング処理しない黒砂糖は鉄製ローラーで搾汁し、ライミング処理した

黒砂糖よりも鉄含量とカルシウム含量は少なかったが、スクロース含量、アミノ酸組成、カリウム含量、マグネシウム含量および機能性成分であるポリフェノール含量は同程度であった。

(3) ステンレス製ローラーで搾汁し、ライミング処理しない黒砂糖の明るい色調は消費者に好まれ、食味は苦味、えぐみ等が改善されたことにより評価が優れ、料理への適性も高いと考えられた。

文 献

- 1) さとうきび及び甘しゃ糖生産実績，平成 18/19 年（沖縄県農林水産部，沖縄），pp. 1-20 (2007)。
- 2) さとうきび及び甘しゃ糖生産実績，平成 18/19 年（鹿児島県農林水産部，鹿児島），pp. 1-23 (2007)。

- 3) 山根獄雄, 甘蔗糖製造法, pp. 37-40 (1963).
- 4) 高良健作, 金城聡子, 松井大吾, 和田浩二, 仲宗根洋子, 与儀誠一, 黒糖の非ショ糖画分におけるフェノール性抗酸化成分, 農化, 74, 885-890 (2000).
- 5) Nakasone, Y., Takara, K., Wada, K., Tanaka, J. and Yogi, S., Antioxidative compounds isolated from Kokuto, non-centrifugal cane sugar. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 60, 1714-1716 (1996).
- 6) Matsuura, 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).
- 7) 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).
- 8) 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).
- 9) 福田恒博, 佐藤 優, 屋 宏典, 尚 弘子, 知念 功, 甘蔗茎皮ワックスの白ネズミの血清および肝臓脂質成分の及ぼす影響, 農化, 60, 1023-1025 (1986).
- 10) 大森正司, 矢野とし子, 岡本順子, 津志田藤二郎, 村井敏信, 樋口 満, 嫌気処理緑茶(ギャバロン茶)による高血圧自然発症ラットの血圧上昇抑制作用, 農化, 61, 1449-1451 (1987).
- 11) 王 金子, 台湾新品種甘蔗中気基酸之鑑定, 台湾糖業試験所研究集報, 54, 129-136 (1965).
- 12) 松井年行, 北川博敏, サトウキビの茎・根・葉の遊離アミノ酸, 香川大学農学部学術報告, 41, 69-74 (1989).
- 13) 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, 日本作物学会九州支部会報, 70, 75-77 (2004).
- 14) Maeda, G., Takara, K., Wada, K., Oki, T., Masuda, M., Ichba, T., Chuda, Y., Ono, H. and Suda, I., Evaluation of antioxidant activity of vegetables from Okinawa prefecture and determination of some antioxidative compounds. *Food Sci. Technol. Res.*, 12, 8-14 (2006).
- 15) 花田朋美, 中村アツコ, アミノカルボニル反応による着色度の評価に対する測色計と色差計の利用と比較, 東京家政学院大紀要, 44, 1-4 (2004).

(平成 21 年 1 月 13 日受付, 平成 21 年 3 月 13 日受理)