

## サトウキビの食品利用と新商品の開発

沖縄県農業研究センター農業システム開発班 主任研究員 広瀬 直人

### はじめに

サトウキビはミネラルやポリフェノール類を豊富に含み、その加工食品である黒糖については様々な食品機能性が報告されているなど、甘味資源としての利用に加えて、健康の維持・増進に寄与しうる食品としての可能性を秘めている。サトウキビを搾って得られるジュースには可溶性固形分が15~20%程度含まれており、そのうち70~90%程度がショ糖である。サトウキビの主たる用途を占める粗糖（分蜜糖）の生産ではショ糖以外の成分を分離・除去するが、食品機能性を有する成分はこのショ糖以外の部分に存在しているため、有用成分は十分に活用されていない。

本稿では、これら有用成分の利用を視野に、サトウキビの食品利用と新商品開発の動向について、筆者らの研究も含めて紹介する。

### 黒糖

サトウキビ加工食品の代表格は、サトウキビを搾汁し、そのまま煮詰めて固化させ製造する黒糖であろう。黒糖は製造工程中の加熱によって生成する複雑多様なメイラード反応物由来の独特な色調と、サトウキビには無い風味（甘い焦げ臭など）を持ち、甘味料としての利用に加えて、嗜好品、あるいは風味付けに利用されている。

黒糖の歴史は古く、天保年間（1830年代）に記されたとされる「甘蔗大成」に、その製造方法が紹介されている。すなわち、サトウキビを搾ったジュースを煮詰めつつ石灰を添加し、さらに煮詰めて濃縮する。得られた過飽和状態の濃縮液を新しい鍋に移して攪拌しながら冷却し、黒糖を製造する。基本的な黒糖製造の原理は現代のそれと大きく変わらないものの、江戸時代の「二転子・三鍋法（牛を動力として2本の木製搾汁機を回転させてサトウキビを搾り、得られたジュースに石灰

を加え三つの鍋で順に煮つめて黒糖を作る）」から、動力歯車による圧搾、ホット／中間ライミング法による清浄化、ボイラー方式の効用缶による濃縮、直火方式に加えてオープン・パン式仕上げ、さらには遠心薄膜式濃縮機を用いた連続仕上げなど、その製造工程は技術の進歩と共に改良されている。

沖縄では1623年に儀間真常が中国福建省より導入した「黒砂糖」作りを普及させて以来、亜熱帯性気候など地理的条件にも恵まれていたことから、県内全域でサトウキビ生産及び黒糖製造が発展した。沖縄本島や宮古島、石垣島など離島のなかでも比較的規模が大きい地域では粗糖の製造に移行したが、小規模離島地域では現在も黒糖の製造が引き継がれており、製造工程にいくつかの違いがあるものの、伊平屋、粟国、多良間、西表、小浜、波照間、与那国の7カ所にある工場年間

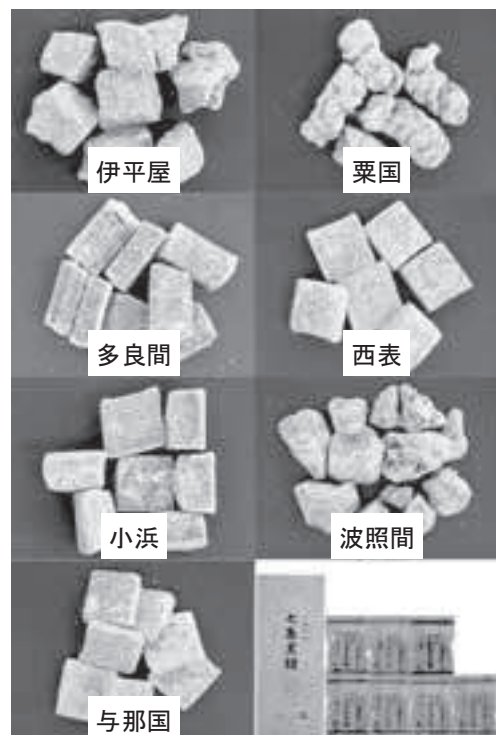


写真1 沖縄で生産されている7種類の黒糖  
七島黒糖は沖縄県黒砂糖協同組合 HP より引用  
(<http://www.okinawa-kurozatou.or.jp>)

約9千トンの黒糖が生産されている。

この7種類の黒糖は外観や食味がそれぞれ異なり、個性を楽しむ「七島黒糖」という商品も販売されている。前述のように、黒糖の製造は「搾汁」「濃縮」「仕上げ」から成り、成分を調整する工程は含まれていない。そのため、黒糖の品質は原料のサトウキビによって大きく左右される。氏原らや筆者らは、サトウキビジュースの含有成分が品種や収穫時期で異なることを報告している。また、氏原らは製造工程によって黒糖中の成分が影響を受けること、和田らはサトウキビ表皮部のワックスに由来するポリコサノール含量が製糖条件によって増減することを示している。「七島黒糖」の個性は、このような原料のサトウキビの違いや、工場ごとの製造工程の違いなどによって作り出されたものであるかもしれない。

黒糖にはサトウキビ由来のフェノール化合物が多く含まれ、その多様な健康機能が明らかになりつつある。屋らは日本ウズラを用いた黒糖摂取による抗動脈硬化作用を検証し、粥状硬化病変の発症進展が低減されることを報告している。また、前田らは黒糖の非ショ糖画分がポリフェノールを多く含むことや、LDL(低比重リポタンパク)酸化抑制作用を示すことを報告しており、黒糖中のポリフェノールによるLDL酸化抑制が、動脈硬化の進展軽減に関与していると考えられる。そのほか、和田らは沖縄産黒糖に含まれる抗酸化物質として低分子フェノール、フェニルプロパノイドとその誘導体、リグナン、配糖体など、サトウキビ及びその加工物に存在する成分として初めて単離された物質も含めて40種類以上のフェノール化合物群を単離・同定している。さらに、荻らは強いDPPHラジカル消去活性を示すフラボン配糖体のサポナリン、スカフトシド及びイソスカフトシドを黒糖より単離し、これらがサトウキビ由来であることを確認している。

筆者らは高い付加価値を持つ黒糖の開発に取り組んでおり、その一つが有用成分の増強である。γ-アミノ酪酸(GABA)は食品機能が注目されているアミノ酸の一種で、血圧上昇抑制効果やリラックス効果が報告されている。黒糖にはサトウキビ由来のGABAが10mg/100g乾燥重程度含

まれているが、乳酸発酵を利用して最大で400mg程度までGABA含有量を増加させた黒糖の製造に成功すると共に、GABA高含有黒糖の製造に適した *Enterococcus* 属の新たな乳酸菌を単離した。

黒糖の付加価値を高めるもう一つの方法が香気成分の強化である。黒糖特有の香りは加熱によって生成すると考えられ、糖蜜様香気成分として知られるソトロロン(4,5-dimethyl-3-hydroxy-2(5H)-furanone)や、加熱食品特有のピラジン類等が報告されている。筆者らは黒糖特有の香気成分が仕上げ加熱工程の後半に生成することを見いだした。さらに、仕上げ加熱中に発生した水蒸気の回収液を黒糖製造工程中へ添加することで、香気成分を強化した黒糖の製造が可能であることを明らかにした。今後の市場競争力を確保するうえで、このような黒糖の付加価値を高める技術の開発は、ますます重要になるのではないかと考えている。

### サトウキビジュースを利用した加工食品

強固な表皮や繊維を有するサトウキビから主要成分であるショ糖を最も簡単に摂取する方法はジュースである。台湾や東南アジアではジュース用のサトウキビ品種が生産されており、街中でサトウキビジュース売りの屋台を見かけることがある。洗浄茎をその場で搾汁して供するもののほかに、茎を焙って加熱してから搾汁し、香ばしさを付加したホット飲料として供する場合もあるようである。しかし、サトウキビジュースにはサトウキビ表面や土壌由来の微生物が多数存在するため腐敗しやすく、国内では飲料としての利用はほとんど見られない。

サトウキビジュースが腐敗しやすいということ



写真2 サトウキビジュース屋台(タイ国)

は、微生物にとって良好な培地であるということの意味する。事実、製糖副生物である糖蜜が発酵工業において盛んに利用されている。このことから、腐敗を防ぎ、かつ、糖質をある程度消費しつつサトウキビが持つ有用物質を保持・増強可能な加工手段として「発酵」の利用が挙げられる。

### 1) サトウキビ酢

奄美諸島や沖縄ではサトウキビを原料としたサトウキビ酢が製造されている。その製造方法には2種類あり、一つはサトウキビジュースの糖分を酵母でアルコール発酵させ、その後に酢酸菌を加えて酢酸発酵を行う方法で、もう一つはジュースに酢酸菌と醸造用アルコールを加え、酢酸発酵のみを行う方法である。鹿児島県奄美大島の南に位置する加計呂麻島では、施設内に浮遊する天然(土着)の酵母や酢酸菌を利用して、二段階に発酵させる方法でサトウキビ酢が製造されている。

沖縄県南城市ではサトウキビジュースにアルコールと種酢を添加して酢酸発酵させる方法でサトウキビ酢が製造されており、複数のサトウキビ品種を用いて風味の異なる製品を作り出している。

吉元はサトウキビ酢がサトウキビ由来のミネラルやポリフェノール類を含んでいること、米等を主原料とした米酢、玄米酢、穀物酢よりも強い抗酸化能や抗変異原活性を示すと共に、サトウキビ由来の果糖や仕込み段階で生成するメイラード反応物のためか、他の酢よりもマイルドで風味が良く、調味料用途や飲用など多様なシーンでの消費が期待できると報告している。

### 2) 乳酸発酵飲料

黒糖の項で述べたように、GABA はサトウキビに含まれているものの、その含有量が多いもので

はない。そこで、筆者らは乳酸発酵によってGABA 含有量を増加させた乳酸発酵飲料の開発に取り組んだ。その結果、新たに分離した乳酸菌 *Lactococcus lactis* NH-61株を用い、6mg/100ml以上のGABA を含有する乳酸発酵飲料の製造に成功した。このサトウキビ乳酸発酵飲料は高いGABA 含有量に加え、サトウキビ由来のカリウムやマグネシウム等のミネラル及びポリフェノールを含有することが特徴であり、DPPH ラジカル消去活性や抗変異原性等の機能性も高い値を示した。

本技術を活用した製品としてヤギ乳とサトウキビジュースを原料としたヨーグルトが市販されている。ヤギ乳には独特のクセがあるが、サトウキビ由来の成分による消臭効果(後述)のためかマイルドで飲みやすい製品となり、好評を博しているとのことである。

### サトウキビの機能性を生かした新規製品

サトウキビの搾汁残渣であるバガスは主として製糖工場の燃料として用いられているが、稲福らはバ

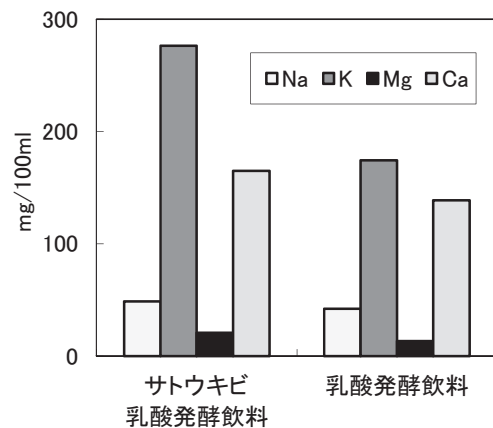


図 サトウキビ乳酸発酵飲料のミネラル含有量



写真3 加計呂麻島のサトウキビ酢醸造



写真4 サトウキビ乳酸発酵飲料製品

表 サトウキビ乳酸発酵飲料の成分特性

	ポリフェノール (mg/100ml)	抗酸化性 ( $\mu$ M/100ml)*	抗変異原性 阻害率 (%)
サトウキビ乳酸発酵飲料	34	84	86
乳酸発酵飲料**	17	32	49

\*DPPH ラジカル消去活性をトロロックス換算で示した。

\*\*サトウキビジュースをシロ糖水溶液に置き換えた。

ガスの強固な繊維構造を爆砕法で破壊し、さらに高いキシラナーゼ活性を有する麹菌で発酵することで、キシロオリゴ糖を含む食物繊維素材を開発している。このバガス由来食物繊維素材は腸内環境改善効果、抗酸化活性、血糖値上昇抑制能、及び中性脂肪上昇抑制能を示すことが報告されている。

中島らはサトウキビからいくつかの異なる手法で抽出物を調製し、それぞれに呈味改良や消臭などの効果を見いだしている。廣田らはバガスやサトウキビ搾汁液から調製した非蔗糖画分 SCE (ポリフェノール 5%、糖質 8.2%、ミネラルや有機酸を含む) のニワトリにおける免疫賦活作用や成長促進作用を見いだした。さらに、SCE がニワトリの原虫感染症コクシジウム (*Eimeria tenella*) 症の予防に有用であることを報告している。

### おわりに

サトウキビは南西諸島の過酷な条件に適応できる優れた性質を持ち、特に離島地域では農業だけでなく、黒糖や粗糖製造といった工業分野においても経済活動の根幹をなす基幹作物として重要な役割を果たしている。しかしながら、昨今のダイエットブーム等に代表される消費動向は、糖質原料としての展望は必ずしも良好でないことを示している。食品加工研究が(農業も含めた広義の意味での)サトウキビ産業の発展に寄与できるよう、引き続きサトウキビや黒糖が持つ多様な食品機能性の活用や、発酵による機能性の強化あるいは機能性の付与による高付加価値化による、新しい食品の開発を進めたい。

### 参考文献

石井恵史・吉元誠・杉本明：サトウキビ，食品加工総覧 9，農文協，p379-391 (1999)  
 稲福盛雄・稲福直・藤野哲也・与那覇恵・大原誠資・柏木豊・大澤俊彦・石谷邦彦・野本亀久雄：爆砕発酵処

理食物繊維含有組成物，特願 2006-240332

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，食科工，56(6)，343-349 (2009)

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)

大蔵永常：甘蔗大成(下巻)黒砂糖製法(岡俊二：翻刻・現代語訳)，日本農書全集50，農文協，p187-193 (1994)  
 荻貴之・前田剛希：沖縄産黒糖に含まれるフラボン配糖体，沖縄工技研報，10，7-11 (2008)

杉本明：さとうきびおよびさとうきび食品の機能性，砂糖類情報\*，136(1)，(2008)

中島寿典：さとうきび抽出物について，砂糖類情報\*，131(8)，(2007)

中田栄太郎・前田直彦・谷口修・酒井一幸：黒糖製造法，浜口栄次郎・桜井芳人監修，シュガーハンドブック，朝倉書店，p106-118 (1964)

広瀬直人・照屋亮・大城良計・神谷朝博・高良健作・太田英明・和田浩二：フレーバーを強化した黒糖における香气成分の動向，日食保蔵第60回大会要旨，54(2011)  
 広瀬直人・氏原邦博・照屋亮・前田剛希・吉武均・和田浩二・吉元誠： $\gamma$ -アミノ酪酸(GABA)を増強したサトウキビ乳酸発酵飲料の開発，食科工，55(5)，209-214 (2008)

広瀬直人・照屋亮：サトウキビ発酵物およびこれから製造される黒糖様食品，特願2007-211248

前田剛希・荻貴之：沖縄産純黒糖の抗酸化能と糖類分解酵素阻害活性，沖縄工技研報，10，1-5 (2008)

吉元誠：サトウキビ酢の持つ健康機能は米酢よりも玄米酢よりも高い，食品工業，53(10)，103-105 (2010)

和田浩二：沖縄県特産物の機能性成分と加工利用に関する食品化学的研究，日食保蔵，37(1)，17-27 (2011)

沖縄県黒砂糖工業会・沖縄県黒砂糖協同組合：「沖縄の黒砂糖を知るために」(2010)

Okabe T., Toda T., Inafuku M., Wada K., Iwasaki H. and Oku H.: Antiatherosclerotic function of *Kokuto*, Okinawan noncentrifugal cane sugar, *J Agric. Food Chem.*, 57(1), 69-75 (2009)

\* 砂糖類情報の主要な記事は農畜産業振興機構のホームページ (<http://sugar.alic.go.jp>) 上で公開されている。