

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

氏原 邦博¹⁾・増田 亮一²⁾・杉浦 誠²⁾・永田 茂穂³⁾・
杉本 明¹⁾・寺島 義文¹⁾・福原 誠司¹⁾
(¹⁾九州沖縄農業研究センター・²⁾作物研究所・³⁾鹿児島県農業試験場)

The seasonal change of sugarcane juice constituents with growth and relationships
between sugarcane juice constituents and juice products constituents

Kunihiro UJIHARA¹⁾, Ryouichi MASUDA²⁾, Makoto SUGIURA²⁾, Shigeo NAGATA³⁾,
Akira SUGIMOTO¹⁾, Yoshifumi TERAJIMA¹⁾ and Seiji FUKUHARA¹⁾

(¹⁾Natl. Agric. Res. Cent. for Kyushu Okinawa Region, ²⁾Natl. Inst. Crop Sci.,
³⁾Kagoshima Pref. Agric. Res. Cent.)

黒糖（含蜜糖）やキビ酢などの販路の拡大および販売量の増大のためには、製品の付加価値を高めることが重要であり、原料となるサトウキビジュース（蔗汁）中に含まれる有用成分で、他の製品よりも優れていて、付加価値を高めうる成分を調査することも一つの方法である。このような成分を見つけることができれば、その成分の含量が多い品種あるいは含量が多い生育時期等を調査し、効率的な製品製造に結びつけられ、さらにその成分を多量に含む品種を育成することも可能となる。蔗汁にはアミノ酸、ミネラル、糖類およびポリフェノール等の成分が含まれている（山根 1963）ことが報告されているが、生育過程に伴う成分の変動や成分間の関連等について、糖類以外ではほとんど報告されていない。また、黒糖やキビ酢等は加熱、発酵過程により成分が変化（照屋ら 1987, 大倉 1997）ことが知られており、その目的とする成分が加工時にどのように変化するかを明らかにすることも重要である。

このため本研究では、8月～翌年2月までの、未熟な時期から成熟期までの蔗汁中における糖、無機物およびアミノ酸等の成分の推移を調査し、有用な成分の検索を行うとともに、含蜜糖、発酵飲料ならびにキビ酢を製造した際の

成分の消長を調査した。その結果、蔗汁成分の中で有用と思われる成分が認められたので報告する。

材料と方法

蔗汁中における生育段階別の成分含量については、NiF8およびNCo310の2品種を供試し、製品における成分調査ではNiF8を供試した。

耕種概要としては、生育段階別の成分含量の推移を調査するため、2002年2月18日に1芽苗を黒ボク土の圃場に畦間110cm、株間15cmで植え付け、ポリエチレンフィルムによるマルチ処理を行った。年間施肥量は窒素1.6kg/a、リン酸1.2kg/aおよびカリ1.5kg/aであり、基肥にその半量を用い、残りの半量を2回に分けて追肥として用いた。1回目の追肥は2002年5月21日にマルチを除去した直後に行い、施肥後中耕を実施した。2回目の追肥は2002年6月10日に行い、施肥後最終培土を実施した。製品における成分調査では、2000年3月17日に1芽苗を植え付けた。栽植密度、ポリマルチ処理および施肥量等は生育段階別の成分含量調査と同様である。なお、1回目の追肥は2000年5月

第1表 供試した品種別の原料茎の特性。

収穫年月	NiF8				NCo310			
	茎長 (cm)	茎径 (mm)	一茎重 (g)	ブリックス (%)	茎長 (cm)	茎径 (mm)	一茎重 (g)	ブリックス (%)
2001年2月	227±19*	22.6±0.7	1097±139	20.5±0.4	—	—	—	—
2002年8月	105±14	23.3±1.4	503±110	12.0±0.8	159±11	19.6±1.5	317±72	10.4±0.7
9月	152±11	23.1±1.5	786±134	15.5±1.4	164±19	19.3±1.2	502±99	13.4±0.9
10月	161±14	21.8±1.4	790±114	17.8±1.1	174±14	20.3±1.9	602±140	14.6±0.7
11月	189±17	20.9±1.1	848±152	18.9±0.7	176±15	20.0±1.4	582±92	15.2±1.1
12月	191±20	20.6±1.3	845±198	20.0±0.7	185±14	19.4±1.4	616±108	17.5±0.4
2003年1月	194±21	21.7±1.8	848±183	20.0±0.6	187±14	19.1±1.3	624±144	17.6±0.5
2月	210±14	22.4±0.9	1024±150	20.0±0.4	182±19	19.8±1.4	587±74	17.6±0.9

*：平均±標準偏差。

キーワード：γ-アミノ酪酸、含蜜糖、サトウキビ、発酵

第2表 サトウキビジュース(蔗汁)内諸成分の生育時期別推移.

	NiF8							L.S.D. (%)	NCo310							L.S.D. (%)
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月		8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
糖類 (mg/ml)																
スクロース	85±0.6*	148±9.4	175±5.0	182±3.5	186±5.4	186±6.0	192±2.7	12.5	79±3.9	100±4.4	141±6.0	157±8.3	169±7.1	167±0.9	177±9.1	14.9
ラフィノース	0.3±0.0	0.4±0.0	0.4±0.0	0.3±0.1	0.4±0.1	0.3±0.0	0.4±0.1	N.S.	0.2±0.0	0.3±0.1	0.3±0.0	0.5±0.0	0.2±0.1	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2
グルコース	9.6±0.1	6.0±0.4	2.8±0.1	0.7±0.2	0.8±0.0	0.6±0.0	0.7±0.0	0.4	9.5±0.5	6.3±0.3	3.5±0.1	1.6±0.1	0.7±0.0	0.7±0.1	0.7±0.0	0.6
フラクトース	8.0±0.1	5.3±0.3	2.8±0.1	0.8±0.4	0.8±0.1	0.6±0.1	0.8±0.1	0.5	9.8±0.5	6.5±0.3	4.2±0.2	2.1±0.3	1.0±0.1	0.9±0.0	0.8±0.2	2.8
糖類合計	103±0.8	160±10	181±5.2	184±4.2	188±5.6	187±6.1	194±2.9	13.5	98±4.9	113±5.1	149±6.3	162±8.7	170±7.3	169±1.0	179±9.3	15.8
無機物 (mg/ml)	6.3±0.2	7.0±0.7	6.3±0.0	6.4±0.2	6.5±1.0	7.5±0.2	7.0±0.7	1.2	7.0±0.3	6.9±0.1	6.8±0.6	6.8±1.0	7.2±0.3	6.9±0.1	7.6±0.1	1.5
アミノ酸 (μ g/ml)																
P-Ser	18.5	16.9	17.9	18.2	19.0	18.4	18.6	-	15.0	15.2	15.6	18.0	17.8	17.8	19.3	-
Asp	120±35	103±38	147±47	118±19	139±32	98±14	129±19	N.S.	56.0	74.3	80.6	140.6	107.3	104.1	122.8	-
AspNH ₂	488±152	618±131	1049±141	815±81	1021±154	473±300	603±88	561.3	148.7	168.8	116.8	592.5	58.8	46.0	34.9	-
Thr	10.7	14.6	15.3	11.3	10.4	6.4	7.1	-	7.5	9.4	6.7	13.2	6.4	5.6	5.7	-
Ser	30.4	28.3	33.5	25.8	27.2	18.4	35.3	-	16.0	21.4	15.7	38.1	21.7	24.4	26.3	-
GluNH ₂	96±21	159±71	178±87	133±62	226±69	69±27	83±23	N.S.	73.7	66.9	40.0	315.0	45.2	23.2	30.0	-
Gly	6.6	8.0	6.4	5.1	6.5	3.0	3.7	-	3.4	3.0	2.2	5.8	2.4	2.9	2.8	-
Ala	32.1	42.5	33.6	23.9	19.7	15.8	24.9	-	25.1	27.7	12.5	34.6	26.8	22.8	18.9	-
Val	23.6	34.8	38.6	25.7	26.9	14.6	19.3	-	15.4	19.3	76.2	25.3	13.1	11.2	11.9	-
Met	5.1	4.7	5.7	2.6	3.0	3.2	2.4	-	2.7	1.8	1.4	2.7	1.5	2.0	1.7	-
Ile	8.6	12.6	13.5	7.1	7.0	4.0	5.8	-	5.8	7.9	5.6	8.1	6.3	4.7	5.2	-
Leu	10.6	12.0	13.8	6.4	7.6	5.8	6.7	-	8.4	9.6	8.6	7.1	5.8	5.9	4.7	-
Tyr	10.7	9.7	10.2	6.8	6.8	5.5	5.9	-	8.0	8.5	7.1	7.5	7.7	6.5	6.6	-
Phe	8.1	7.5	8.9	6.1	6.5	5.7	6.2	-	5.5	6.4	5.5	5.4	6.3	6.0	5.9	-
g-ABA	49±6	46±13	56±7	36±9	46±4	41±2	38±3	N.S.	41.9	37.9	25.4	41.0	26.8	28.1	23.8	-
EOHNH ₂	3.4	3.5	4.3	4.4	5.1	5.1	4.8	-	3.3	3.4	3.2	4.5	3.9	4.5	4.3	-
Lys	10.5	9.6	12.0	6.7	8.5	7.4	7.5	-	8.3	8.5	7.9	7.3	6.2	8.4	6.4	-
lMehis	3.1	3.8	3.5	2.0	2.6	2.3	2.0	-	1.3	2.8	1.9	4.4	2.4	0.0	1.4	-
His	4.6	7.0	9.3	7.0	5.1	3.0	3.4	-	3.3	4.0	3.3	5.1	3.2	2.5	2.6	-
Arg	8.8	7.3	9.3	6.3	10.2	7.0	7.5	-	7.3	6.6	6.2	8.1	7.1	7.6	6.5	-
アミノ酸合計	1010.0	1229.5	1750.7	1343.0	1686.8	876.5	1080.2	-	513.0	570.0	503.4	1334.5	443.2	358.0	396.6	-
ラジカル消去能 (μ g/ml)	0.6±0.1	0.9±0.1	0.9±0.2	1.1±0.3	1.4±0.1	1.2±0.2	1.4±0.2	0.5	0.6±0.0	0.8±0.1	0.7±0.1	1.0±0.2	1.3±0.2	1.0±0.3	1.4±0.2	0.4

*: 平均値±標準偏差

28日, 2回目の追肥は2000年6月23日に実施した.

実験方法としては生育段階別の蔗汁中の成分含量の推移調査では, 2002年8月~2003年2月までの各月中旬に1回, 各品種5本を1区として収穫し, 2反復で実施した. 原料茎をキビジュース(マツオ製)で搾汁(搾汁率は平均57%)し, 蔗汁中における糖類についてはスクロース, ラフィノース, グルコースおよびフルクトースの各含量, 無機成分はその全含重, アミノ酸は25種の含量をそれぞれ測定した(アミノ酸のNCo310は反復無し). ラジカル消去能はトロロックス換算で算出した(須田 2000). 製品における成分調査では2001年2月中旬にNiF8について5本を収穫した. 発酵飲料およびキビ酢ともに市販のワイン酵母 Red star を用い, キビ酢は発酵終了後, 酢酸菌(種子島で分離した菌株 Tng-Ax1)を添加して製造した. 搾汁法および成分分析については, 生育段階別の成分含量の推移調査と同様の方法で実施した.

結果と考察

第1表に供試した原料茎の特性値を示した. 第2表にNiF8およびNCo310の各成分の月別推移を示した. 蔗汁中の糖類の中でラフィノースはフラクトオリゴ糖の一種で

あり, 腸内細菌を活性化させる作用を有する. スクロース含量が多い1, 2月の蔗汁中にはラフィノースの含量は少ないが, スクロース含量が少なく, 純糖率の低い時期にはラフィノース含量が多いのではないかと予想したが, 純糖率が低い時期にはグルコースおよびフラクトースの含量が多くなり, ラフィノース含量には生育に伴う大きな変動は認められなかった. 無機成分は重要な栄養成分であり, 収穫期の蔗汁についての報告(大倉 1997)や黒糖の食味との関係が報告(野瀬ら 1990)されているが, 生育過程での推移は報告されていない. ラフィノースと同様に純糖率の低い時期には無機成分の含量が多いのではないかと予想したが, その傾向は認められなかった. アミノ酸は多くの種類を含んでいたが, ラフィノースや無機成分と同様に純糖率の生育に伴う増加との関係は認められず, 10月~12月に多い傾向が認められた. アミノ酸の中で最も含有量が多かったのはアスパラギン(AspNH₂), 次いでアスパラギン酸(Asp)あるいはグルタミン(GluNH₂)であった. γ -アミノ酪酸(g-ABA)は高血圧防止等の機能性を有しているため注目を集めているが, 調査した期間を通して玄米(30 μ g/g)並か, それ以上の値を示した. 第3表にNiF8の蔗汁成分と, その蔗汁から製造した製品の成分を示した. 含蜜糖のアミノ酸は煮詰められて水分が無くなる

第3表 サトウキビジュース(蔗汁)から製造した製品の成分含量(品種 NiF8).

	蔗汁	含蜜糖	対蔗汁比 (%)	発酵飲料	対蔗汁比 (%)	キビ酢	対蔗汁比 (%)
糖類(mg/g)							
スクロース	188.0	817.7	435	0.2	0	0.0	—
グルコース	0.7	21.5	3071	0.2	29	0.0	—
フラクトース	0.6	19.1	3183	0.1	17	0.0	—
アルコール	0.0	—	—	106.0	—	10.0	—
糖類合計	190.3	864.8	454	107.9	57	10.0	5
アミノ酸($\mu\text{g/g}$)							
P-Ser	10.4	51.0	490	4.9	47	21.9	212
Asp	117.2	572.9	538	0.8	1	5.8	5
AspNH ₂	496.8	2389.1	530	4.3	1	1.2	0
Thr	6.3	28.2	448	0.0	—	1.2	20
Ser	30.1	143.1	475	0.1	0	0.8	3
Glu	7.0	112.1	1601	0.3	4	4.2	59
GluNH ₂	65.2	150.6	274	0.0	0	0.0	—
Gly	2.1	11.3	538	0.8	38	0.9	41
Ala	31.8	153.7	483	0.5	2	2.0	6
Val	11.2	51.8	463	0.3	3	2.5	22
Met	2.1	8.5	405	0.0	—	0.8	38
Ile	3.8	16.5	434	0.2	5	1.8	46
Leu	6.1	24.7	405	0.3	5	5.4	88
Tyr	5.0	22.5	450	0.0	—	5.0	101
Phe	4.4	16.8	382	0.0	—	5.5	124
g-ABA	53.0	186.1	412	0.1	0	0.0	—
EOHNH ₂	3.5	14.9	426	1.8	52	0.0	—
NH ₃	12.4	109.4	882	6.5	53	9.6	78
Lys	8.2	32.8	400	0.2	3	6.8	83
IMehis	2.5	1.5	60	0.0	—	0.0	—
Arg	8.8	38.7	440	0.0	—	1.2	14
アミノ酸計	898.8	4251.9	473	30.8	3	85.8	9
ラジカル消去能($\mu\text{g/g}$)	2.76	10.38	376	1.5	55	1.7	61

ため含量が4.7倍に増加し、 γ -アミノ酪酸も同様に4.1倍となり、含量が多いとされている発芽玄米(100 $\mu\text{g/g}$)の約2倍の値であった。発酵飲料とキビ酢ではアミノ酸は発酵に利用されほとんど無くなり、 γ -アミノ酪酸も同様の傾向であった。ラジカル消去能は生育後期に高くなる傾向を示し、黒糖はその4倍程に増加したが、その値は他の食品と比較して高くなかった。発酵飲料とキビ酢は加熱により熱に分解しやすいアントシアニン類が分解するため蔗汁の60%程度に減少した。

以上の結果から、蔗汁中のラフィノース、無機成分およびアミノ酸類の含量とサトウキビの生育段階との間に関連は認められず、ラジカル消去能も高くなかったが、NiF8の10月~12月の蔗汁中にはアミノ酸類の含量が多いことから、この時期の蔗汁は有用な飲料として利用できるのではないかと思われた。さらに、アミノ酸の中で機能が注目されている γ -アミノ酪酸が豊富であり、含蜜糖にすることにより効率的に利用できることが明らかとなった。蔗汁中に γ -アミノ酪酸の前駆物質であるグルタミン含量が多いことから、 γ -アミノ酪酸に注目した品種の選定および育成を行うことにより、 γ -アミノ酪酸含量が多く、付加価値の高い黒糖の製造に結びつけることが可能ではないかと考えられる。

摘 要

サトウキビ生育中期の8月から成熟期の2月までの蔗汁中の成分を調査するとともに、含蜜糖、発酵飲料やキビ酢等の蔗汁を用いた製品中の各種成分を調査した。蔗汁中のラフィノース、無機成分およびアミノ酸類の含量とサトウキビの生育段階との間に関連は認められなかったが、NiF8の10月~12月の蔗汁中にはアミノ酸類の含量が多いことが明らかとなった。また、アミノ酸の1種で、機能が注目されている γ -アミノ酪酸が豊富であり、黒糖にすることにより効率的に利用できる可能性が示唆され、今後の品種選定の指針とすることが考察された。

引用文献

- 野瀬昭博・川満芳信・秋永孝義・国府田佳弘 1990. 黒糖に含まれる無機成分の変異と食味に関する研究. サトウキビ関係試験成績概要書 518.
- 大倉洋代 1997. 黒糖に関する研究. 葛山紀要 7:96-107.
- 須田郁夫 2000. 分光学的抗酸化機能評価. 食品機能研究法: 218-223
- 照屋比呂子, 佐久川明夫, 赤嶺欣哉 1987. サトウキビ及び糖蜜による食酢醸造結果について. 沖縄県工業試験場業務報告 15:101-105.
- 山根獄雄 1963. 甘蔗糖製造法 37-40.