

天然および合成甘味料について

高 村 一 知

Natural and Synthetic Sweeteners

Kazunori Takamura

はじめに

8世紀ごろ中国から初めてわが国に砂糖が伝わり、そのころは砂糖は薬であり食物に甘味料として使われたのは室町時代からである。そして、1879年、サッカリンがドイツの Fahlberg²⁾らにより発見され、それから4年後の1883年、ズルチンが同じドイツ人 I, Berlinerbau¹⁶⁾より発見され、そして1937年、サイクラミン酸ナトリウム(チクロ)が米国の L. F. Audrieth と M. Sveda¹⁶⁾により発見されて以来、合成甘味料は人類にとって重要な意義を持つ物質となった。

わが国に於ては戦中戦後の食糧難時代には、合成甘味料は乏しい甘味資源を補うものとして非常に高く評価された。その後社会の安定と社会生活の向上するにつれて砂糖の生産量が増大したが、また合成甘味も化学の進歩とともに、砂糖に近い、あるいはより以上の甘味を求めて、数多く出現したが、合成甘味料のもつ意義は徐々に変貌を遂げてきた。たとえば、食品加工技術上では、合成甘味料の経済性だけに着目することなく、甘味の強化、維持、甘味質の改良あるいは着色や醗酵の防止など、天然甘味料にはない有用な役割を果たしてきた。^{15, 20)}

近年、わが国も経済大国とまでいわれるほどに発展し、日本人の栄養状態は、欧米諸国に劣らぬほどになった。同時に、食生活の向上とともに砂糖の消費量も増加し、カロリー過多による肥満、その進行した疾病としての糖尿病、心筋梗塞や動脈硬化症或はムシ歯の発生が砂糖の

消費量と相関性がある。というような糖害説が問題になってきた。^{21, 25)}

このような状況を反映して、砂糖の代替として合成甘味料を使用した。ダイエット・フード(Dietic または Dietetic food, 食餌療法用食品)が作られ或は日常食卓で砂糖の代替の甘味料として使用されるようになった。²¹⁾

しかし、最近の食品添加物の安全性検討の一環として、合成甘味料も再チェックされ、1968年ズルチンが、つづいて1969年サイクラミン酸ソーダーも、発癌性、催奇形性、慢性毒性などの検討の結果、分解物であるシクロヘキシルアミンが発癌性物質として認定され使用禁止となった。

現在サッカリンが唯一のものとなったが、その製造工程で残存する不純物の発癌問題が疑問となっている。このような状況下で、安全で味質のよい、新しい合成甘味料の開発が世界各国の研究機関において開発が進められている。^{15, 21)}

同時に、古くから存在する天然甘味料の検索と実用化も急ピッチで進められつつある。そこで、栄養関係者がどのような観点から天然および合成甘味料を使用したらよいかという問題について、天然甘味料はステビオサイドおよびグリチルリチン、合成甘味料はサッカリンの発癌性の問題および、ジペプチド系甘味料、そして代謝関係については糖アルコール類について、その概要を述べる。

1 甘味料の種類について

合成甘味料および天然甘味料の分類については色々の問題がある。現在、食品添加物に甘味料として指定されていない物質で、例えば粘着

防止剤のD-マンニットおよび溶剤のグリセリンなどは甘味はあるが使用基準がない,¹⁷⁾また天然甘味料でも分析技術の進歩により天然物質の甘味主成分が解明され合成が可能となった甘味料もある。

住木²⁸⁾は、一般に甘味を有する物質のつぎのような官能基の存在によって分類した。

- (1)アルデヒド基 (2)オキシム (3)ニトリル基
(4)ニトロ基 (5)ハロゲン基 (6)アミノ基 (7)スルホン酸基 (8)スルホアミド基 (9)ヒドロキシル基 (10)その他

然し、現在においても甘味と化学構造との関連性について明確な結論はだされていない。経験的にある種の官能基の存在する場合、甘味の感ずることが知られている。しかし、天然甘味料のなかにもまだ構造式が未知のものもあり、いちがいに官能基だけでの分類は不可能ではないかと考える。¹⁵⁾

表 1: 食品添加物に指定されている甘味料¹⁷⁾

使用基準のあるもの

- サッカリン, サッカリンナトリウム
グリチルリチン酸 2 ナトリウム
グリチルリチン酸 3 ナトリウム

使用基準のないもの

- D-キシロース
D-ソルビット
D-ソルビット液

表 2 に著者が天然及び合成甘味料について羅列してみた。天然甘味料の天然ステビオサイドおよび天然グリチル酸は、わが国では原料の栽培試験がおこなわれている段階である。また、松脂甘味物質は構造式が決定され、Serendipity ベリーは、果実でショ糖の 1500 倍という甘味物質を含んでいる。合成甘味料については P-4000 はオランダで現在も許可されている。

表 2. 天然および合成甘味料

1. 天然甘味料

- 砂糖……………甘蔗糖, ビート糖, 精製糖, 加

工糖 (角 or 氷砂糖), カエデ糖

- ブドウ糖・果糖……………ヤシ糖 (ブドウ糖 45%, 果糖 31%), 蜂蜜 (ブドウ糖 35%, 果糖 40%)

- 麦芽糖……………水あめ

- その他……………天然グリチルリチン酸・松脂甘味物質・Serendipity ベリー・※天然ステビオサイド・ソルビット・キシロース・マンニット・キシリット・マルチトール・キシリトール・ガラクトース・乳糖・ソルボース

2. 合成甘味料

- サッカリン・※サイクラミン酸塩 (チクロ)・※ズルチン・※P-4000 (5-Nitro-2-n-propoxyaniline)・グリチルリチン酸 2 および 3 ナトリウム, ※Asp-Phe-Ome (APM, L-アスパルティル・フェニルアラニン・メチルエステル, ジペプチド系)・※キヌレニン誘導体

※現在では食用として許可されていない。

2 甘味料としての条件について

一般に食物の味は生理学的, 心理学的, 化学的な面から複雑な要素を含んでいるが, うまいとかまずいとかの判断を五感 (視覚, 聴覚, 味覚, 臭覚, 触覚) により, 食物および食品の嗜好性を評価している。わが国においては, 甘味, 苦味, 酸味, かん味 (塩味) および辛味として五原味としている。²⁸⁾

このように複雑な感覚をもつ人々の食する食品に使用する甘味料には, どのような条件が必要であるか, 食品加工および栄養関係についていくつかあげる。根本的には, 合成甘味料は利用上の特殊な性質特に毒性, 保存性, その他食品に及ぼす影響を正しく理解することが必要であり, また天然甘味料の場合は安全性を第 1 に考えてよいであろう。¹⁵⁾

2-1 甘味度

食品を加工および製造する場合に, ①その原料のもつ物理的性質 (粘度, 硬さ, 歯切れなど)

や成分組成にあまり大きな変化を与えることなく、甘味を与えたいときには、②添加する甘味物質は、できるだけ少量ですむことが望ましい。③また添加する甘味料がカロリー源とならない。④可溶性固形量や粘度の大であるものが求められる。⑤高濃度砂糖溶液によるシロップ漬では、浸透圧の関係で果実が変形するが、合成甘味料は分子が小さいので果実中に浸透しやすく^{15,28)}これが防がれる。

表 3. 各種甘味料の甘味度¹⁵⁾

甘味料, 甘味度	
ショ糖	100
果糖	120
無水結晶ブドウ糖	80
D-ソルビトール	75
マルチトール	55
グリチルリチン酸塩	17,000
ステビオサイド	30,000
ジペプチド [※]	15,000
ジヒドロカルコン [※]	100,000
キヌレニン誘導体 [※]	3,500
サッカリンナトリウム	700
松脂甘味物質 [※]	200,000
serendipity ベリー	150,000

※現在では食用として許可されていない。

注) 甘味料の甘味度は、ショ糖のもつ甘味を基本にして測定されている。評価方法にはいろいろあって、閾値から算出する方法、ある標準ショ糖液と比較する方法がある。^{Hackn⁸⁾ Schutz¹⁰⁾, Nierman³⁾ 川崎, 衛生試験法³³⁾等の甘味度の測定結果が知られている。}

2-2 甘味の質

甘味度の十分に高い甘味料があつたとしても、その甘味の質が好ましいものでなければ実用に適さないことは当然である。また嗜好に合った甘味であることも不可欠である。

一般的には、ショ糖に近い感じを与える甘味が好まれるが、嫌味、苦味、渋味など、またあと味がとくに強い甘味を示すなどのことがなければ、多少の特徴のある甘味は、それなりに価

値のある場合が多い。また甘味は濃度が高くなるにしたがい苦味があらわれたり、処理条件が高温になると分解して苦味、渋味がでてくる。食品摂取時の条件(食品のpH, 他成分との関係, 温度など)によって、いちじるしく変化することがあり、このような条件による影響の受け方の少ないものがよいということになる。^{15,33)}

甘味料を併用すると、その甘味度が相乗的に増加することは、古くから経験的に認められていたが、合成甘味料についても、それら相互の併用、ショ糖その他の甘味料との併用により単独使用時の甘味度を加算したものよりもかなり甘味度も増加する。^{23,33)}

さらに甘味の質には共存する夾雑物による異味、異臭の影響も考慮すべきで、天然の甘味料の利用に際しては、適切な抽出、精製法の開発が重要である。

表 4. 新しい甘味料の甘味質¹⁵⁾

グリチルリチン酸塩	特徴のある甘味, 特有のあと味, 加熱すると分解し苦味
ステビオサイド	わずかに苦味があるが甘味の質はよい, 高温で甘味低下
ジペプチド [※]	甘味の質はよい, 高濃度でわずかに異味
ジヒドロカルコン [※]	苦味がある, あと味がある。高温で甘味低下

※現在では食用として許可されていない。

2-3 溶解性

食品へ利用する甘味料の多くは、水溶性であることが要求される。たとえば表6のような甘味度の低い甘味料では溶解量の限界から高甘味の溶液が得られずに使いにくいことになる。溶解性の低いことは、口腔中のだ液への溶解も悪く、固形状食品などでは、あと味の強い甘味の原因となる。^{15,18)}(図3, 4)

2-4 加工処理への適性

甘味料単独で、①通常の下での甘味度や

味の質が好ましいものでも、加工食品に使用したときに変質し易いものは実用的でない。

加工処理の主なものには加熱、攪拌、酸や塩類との接触、酸化、還元および光の照射などで、②これらによって甘味の化学構造に変化が起ることは、甘味の低下、異味異臭の生成、あるいは着色物質の生成など好ましくない現象の原因となる。^{15, 33)}

砂糖は高い温度で融解し、カラメル化が起りこのように③加熱への抵抗性が問題となるが、とくに酸性状態pH 3~7の範囲で80℃、30分、あるいは100℃、30秒といった調理や殺菌のための加熱に耐えられれば、かなり広範囲の加工食品に利用できる。³⁴⁾

表5. 水溶液におけるサッカリンとサッカリンナトリウムの安定性⁷⁾

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hr)	分解率 (%)	
		サッカリン	サッカリンナトリウム
100	2	3.4	0
125	//	12.5	-
150	//	60.2	2.7

2-5 品質と保存との関係

食品の種類によっては、その保存期間を延長できる。たとえば缶詰果実が転化糖で褐変するとき、合成甘味料の使用により、①褐変を防止し、貯蔵性が高まる。他方果汁、漬物などでは②それらの保存中に有機酸および合成保存料により分解を受けたり、異性化を起したりして甘味の減少あるいは消失をきたすこともある。¹⁵⁾

2-6 非醗酵性

食品はその加工や保存の過程で、ある程度の微生物の汚染を受けることは止むを得ないことであるが、汚染微生物がとくに有害物でないとしても、その増殖がある程度進むと、醗酵現象を起し食品の品質は急速に低下する。

微生物の増殖には種々の栄養源が必要である。砂糖やブドウ糖は微生物に利用され易い炭素源であり、また一般に食品の水素イオン濃度はpH 4~7が多い。これらの条件を有する食品は醗酵が速かに進行し、風味の低下、肉質の軟化お

よび腐敗が起る。

そこで微生物の利用し得ない合成甘味が必要となる。しかしソルビトール、マルチトールでの糖アルコールの醗酵性をみると、前者ではL. Casei, L. Plantarum, L. Acidophilus であり、後者ではL. Casei, L. Acidophilusなどの乳酸菌が利用できるだけであり^{15, 33)} 醗酵性は低い。

2-7 低カロリー

栄養素の過剰摂取、とくにカロリーの過剰は肥満、糖尿病などをひき起す原因となることが知られており、最近では、デパートなどでもダイエットフードコーナーなどが開設されている。

このようにショ糖、ブドウ糖などによる肥満症の対象療法として低カロリー食による食事療法が一般に行なわれるようになった。

表6 人工甘味剤の使い方とその適量¹⁾

()内は相当砂糖量

使用法	美味しい		まあまあである		苦味がある	
	人工甘味剤	適量	人工甘味剤	適量	人工甘味剤	適量
煮物 (5g)	ソルビ糖	2.5g	シュガロン	0.25g	-	-
汁物 (30g)	-	-	ソルビ糖	15g	シュガロン	1g
酢のもの (2g)	ソルビ糖	1g	-	-	シュガロン	0.1g
寒天 (40g)	シュガロン	1g	-	-	ソルビ糖	20g
紅茶 (15g)	ソルビ糖	7.5g	シュガロン	0.5%	-	-

2-8 安全性

食品に添加されるものとして、安全性の高いものでなければならぬことは当然である。

「人の健康を害する虞のない場合として厚生大臣が定める場合を除いては、食品の添加物として用いることを目的とする化学的合成品ならびにこれを含む製剤および食品は、これを販売し、または販売の用に供するために製造し、輸入し、加工し、使用し、貯蔵し、もしくは陳列してはならない」(食品衛生法第6条)と規定されている。^{17, 33)}

通常、食品添加物および薬物の毒性テストとして最も知られ、利用されているものにLD₅₀がある。日常長期間にわたり少量摂取される甘味料などにおいては慢性毒性試験が重視されている。一方、Gregg^{6, 30)}の報告以来、胎生期に

作用する多くの催奇形要因が発見され、また奇形成立の機転についても、"Stage-Specificity"^{26,30)}などの概念が樹立されて、合成品に対する安全性が問題になっている。

しかしよく考えてみれば、自然物に含まれるもの必ずしも安全とはいえない。

これから実用化される甘味剤についても、慎重な試験と安全な使用基準の設定が望まれる。

3 合成甘味料

合成甘味料の安全性に対する問題は、たとえばサッカリン製造工程中の不純物だけでなく、食品へ添加し、その保存期間中での分解または同時に使用される他の食品添加物との相互作用の安全性など残された問題は多い。他方、食品保存中での腐敗或は加工などに対する利点を考慮することも必要である。

この頃では、サッカリンの発癌問題と現在、開発がなされているジペプチド系甘味料について記載した。

3-1 サッカリン

サッカリンの甘味度^{16,17)}はショ糖350～900倍に相当し、普通700倍といわれ、清涼飲料水はじめ各種ねり製品、佃煮、漬物類など広く一般食品の甘味料として使用されている。わが国内の消費量は昭和41年約850トンそして昭和45年1,060トンと年を追って増産されその安定性が問題となり各方面からの研究がなされている。

1973年The Glove and Mail 誌はカナダで販売されているサッカリンによっては実験動物に高単位の摂取量にて投与しても癌性の膀胱腫瘍が発生しないことを明かにした。しかし、合衆国の科学雑誌に、合衆国のFDAは、政府が管掌した実験でサッカリンを摂取させたラットにサイクラメイトと同じような癌性の膀胱腫瘍を認めたと発表している。²⁹⁾

このように各国の研究成績の違いによりサッカリンの食品添加物としての安全性が問題となり、わが国でも米国の胎児奇形発生の研究発表により昭和48年11月にサッカリンは使用禁止となり12月に再び使用許可となった。

これらの一連の問題は、或る種のサッカリン

製品中の不純物が真の原因であり、それが被験動物に癌性の膀胱腫瘍及び胎児奇形を発生させるという事実が発見されたからである。

3-2 サッカリンの不純物について

米国でのサッカリンの発癌問題及び胎児奇形発生問題はカナダで実施された動物実験に使ったサッカリンは製造工程中に生成した不純物及び反応物質が製品中に混入していたためである。その量及び物質は各社製品により違っている。¹⁷⁾

tolueneをChlorosulfonicacidでスルホン化し、一部生成するP-体は溶けにくいから、ろ過して除き、油状のo-toluenesulfochlorideをアンモニア水中に注入して、アミド化する別水洗して、さらにこれをMethylalcoholから再結晶し、精製してo-toluenesulfonamideを得る。これを次の2法で酸化してサッカリンナトリウムを製する。

(1) 過マンガン酸カリウム酸化法

o-toluenesulfonamideをアルカリ性過マンガン酸カリウムで酸化し、副生する二酸化マンガンをろ別すると、サッカリンの母体であるo-sulfamoylbenzoicacidのアルカリ塩溶液が得られる。

次に塩酸で酸性にすると、分子内脱水によりサッカリンを生じて結晶が析出する。これを当量の炭酸ナトリウムまたは水酸化ナトリウムで中和し、真空下に濃縮すると、2分子の結晶水をもったサッカリンナトリウムの結晶が得られる。

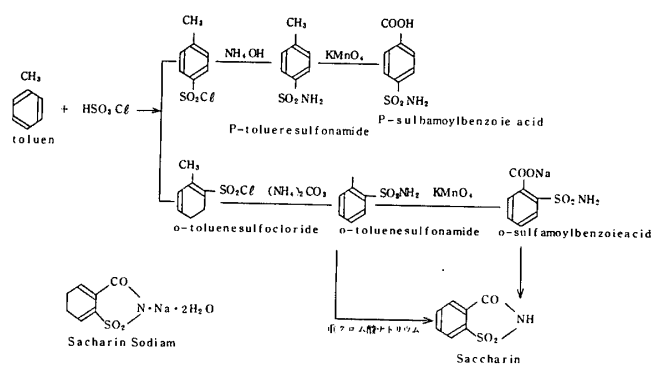


図1 サッカリンの製造工程

表7. サッカリン関係毒性試験結果一覧²⁹⁾

	実 験 者	投 与 量	期 間	結 果
1	Carter (1969)	0, 15%	18ヶ月	発癌性は認められない。
2	Munro. et al. (1972)	0, 90, 270, 810, 2430mg/Kg	28ヶ月	発癌性は認められない。
3	Ross (1972)	0, 0.05, 0.5, 5%	生後4週に開始	
4	U. Mohr. et al	0, 0.156, 0.312, 0.625, 1.25%	98週	発癌性は認められない。
5	Schmähl (1972)	100, 250mg/Kg	2年以上	発癌性は認められない。
6	池 田	0, 2500mg/Kg	2ケ年	発癌性は認められない。
7	Kroes. et al (1973)	0.2, 0.5%	20ヶ月以上	発癌性は認められない。
8	Taylor. et al (1973) (FDA)	0.01, 0.1 1, 5, 7.5%	72週	1群(7.5%) 雌雄96匹中♂1匹 ♀2匹に膀胱腫瘍が認められた。
9	N. C. I. (1972)アメリカ	0, 1, 5%	18ヶ月	発癌は認められなかった。
10	D. Lorke (1973)	5g/Kg (b. w) を♂に5日投与後 1週3匹の♀の割合で8週交配		突然変異は認められなかった。
11	P. H. Derse (1972) (WARF)	0, 0.05, 0.5, 5%	100週	5%投与群では雄において膀胱 癌の発生が高かった。

(2) 電解酸化法

o-toluenesulfonamide を濃硫酸中に投入し、かきまぜ冷却しながら、重クロム酸ナトリウムを加え、酸化するとサッカリンが析出する。

析出したサッカリンはろ別して、当量の水酸化ナトリウム溶液に溶かして、濃縮してサッカリンナトリウムを結晶させる。

このような製造工程中での合成原料が不純物質として製品中に存在することが、今回のサッカリン発癌問題となった。

3-3 サッカリンの毒性問題について

1972年6月、FDAとNAS-NRC (ナショナル・アカデミー・サイエンス, ナショナル・リサーチ・カウンスル) の間でサッカリンの発癌性に関する、全ての実験の結果を再吟味するという契約がなされた。

米国・FDAは、サッカリンの毒性試験について、サッカリンそのものは毒性がなく、その中に含まれる不純物が腫瘍を産生させる原因ではないかと発表された。

わが国では、昭和48年12月18日食品衛生調査会の添加物・毒性合同部会において次の

²⁹⁾

とおりの見解が出された。

サッカリンについての内外の毒性試験を検討したところ次のとおりの結論を発表した。

1) 1代の投与実験では発癌性は認められなかった。

2) アメリカにおける2代にわたる2つの実験で高濃度投与群において2代目に膀胱癌の発生を認めているが、これについては試験に用いたサッカリンの不純物が原因ではないかとの疑問も持たれている。

3) 以上の各種の知見から現在決定的な結論を出すことは困難であり、さらに各種の実験を追加して行ない、その結果をまって再検討を行なう必要がある。

4) しかしながら、人工甘味料の必要性という観点もあり、上記の各種実験結果に基づき、無作用量に十分な安全率を見込んで暫定的に1日許容摂取量を定めることとした。

5) 暫定許容摂取量は、FDAにおいて2世代について行なった慢性毒性試験の無作用量に安全率500倍を見込んで1日1mg/Kgとする。

6) サッカリンの品質規格を改正し、不純物

の含量を極力制限すること。

以上、合同部会で審議された毒性資料の概要は表7のとおりである。

わが国におけるサッカリンの製造法は諸外国の製品より高純度である。しかし、食品加工および貯蔵期間中での安定性など問題がのこされる。

3-4 ジペプチド系甘味料について

米国のサール社 (G. D. Searle & Co) の研究所では、胃液分泌促進作用のあるペプチドホルモン「ガストリン」のC-末端のテトラペプチド (Trp-Met-Ast-Phe (NH₂)) の合成研究が行なわれていた。このとき、中間体として Asp-Phe-Ome が必要であるが、これを合成し、再結晶していると、空中に漂っていた Asp-Phe-Ome の粉塵が偶然口に入り、その物質が砂糖の150倍という甘味があることを発見した。⁴⁾

表8 L-アミノ酸の味⁴⁾

	アミノ酸	閾値※ [mg/dl]	甘	苦	旨	酸
甘い ア ミ ノ 酸	グリシン (Gly)	110	+++			
	アラニン (Ala)	60	+++			
	セリン (Ser)	150	+++			+
	スレオニン (Thr)	260	+++	+		+
	プロリン (Pro)	300	+++	++		
	オキシプロリン (Hyp)	50	++	+		
	リジン塩酸塩	50	++	++		+
	グルタミン (Gln)	250	+			+
	アスパラギン酸 (Asp)	3			+	+++

※閾値：味を感知できる最低濃度

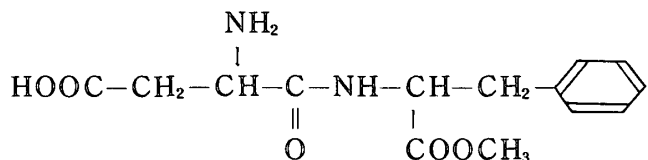
ジペプチドの甘味性は、Asp-Phe-Ome (L-アスパルティル・フェニルアラニン・メチルエステル) によってはじめて知られたが、アスパラギン酸とフェニルアラニン以外のアミノ酸の組合せでは、その甘味はどうなるだろうか。もし、なんらかの規則性が見いだされれば、さらに強力な甘味物質を計画的に合成することも可能となる。しかし、種々のアミノ酸に検討が加えられた結果、わずかの例外を除いてC-末

端のカルボニル基がエステル化されることが必要であり、同時にアスパラギン酸のアミノ基は置換されてはならないことがわかった。

1) アスパラギン酸はそのアミノ基、カルボキシル基のいずれも遊離、かつ非置換体である。

2) カルボニル基とアミノ基の間の距離は最適値がある。

3) 不整炭素の絶対配位には制約があり、構成アミノ酸は、すべてL型でなければならない。



Asp-Phe-Ome (APM)

ジペプチド系甘味料の開発は、まだ緒についたばかりといえる。ジペプチドは摂取されると体内の構成アミノ酸に分解されることが予想され、安全性については問題が少ないと思われるが、現在大規模な動物実験が進行中である。

わが国では、味の素社がサール社と技術提携をして共同開発がなされている。

4 天然甘味料

合成甘味料の安全性に対する疑問から、近年古来から薬草などとして使用していた種々の植物およびその種子などの甘味成分の構造式が追求されている。しかし、それら天然甘味物質を濃縮して食品に添加する添加量は衛生試験法では規定されていないが、「古来から使用されており安全である」という考え方だけでの使用なら検討する必要がある。そしてそれらが近代的な食品加工および貯蔵などに対して安全性も研究されなければならない。

この項では、天然ステビオサイドおよび甘草について述べるが、松脂甘味物質および Sere ndipity ベリーについては詳細な報告がないので除いた。

4-1 ステビオサイドおよび甘草

ステビア (Stevia Rebaudiana Bertoni) は南米パラグアイに生育するキク科の植物である。

1963年に Enich Mosettig によりその甘味成分はステビオサイド (構造, C₃₈H₆₀O₈) で

あることが発見された。

甘味はショ糖の150~300倍といわれ、甘味成分は葉中に9~10%含有されている。

ステビアには亜種が非常に多く、わが国で栽培するためには、気候風土への適応性も考慮する必要性から現在、農林省北海道農業試験所および民間では、守田化学工業などで栽培法の研究が進められている。

安全性の問題については、古くから現地では糖尿病などの薬理効果の目的に使用しているが毒性などの検討は今後の課題とされている。

4-2 甘草

甘草(天然グリチルリチン酸)はマメ科の多年性植物で、主に亜熱帯地方に生育する。

わが国には奈良時代に渡来し、その甘味成分はグリチルリチンである。

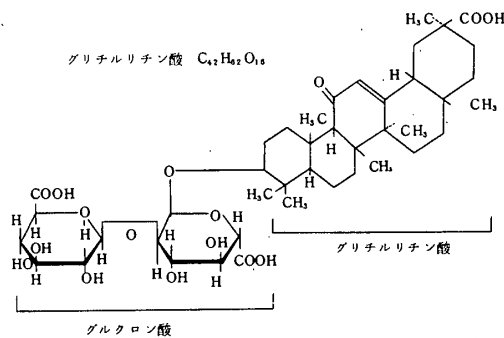


図2 グリチルリチン酸の構造式

甘草根よりグリチルリチンを分解反応のみによって抽出および結晶して得られた天然物甘味製剤は食品に表示義務がなく使用することができる。しかし、化学合成品のグリチルリチン酸2ナトリウムおよびグリチルリチン酸3ナトリウムは、食品衛生試験法により使用基準と表示義務がある。

甘味効果は砂糖の100~200倍で、その甘味は図3のごとく一種独特で、口腔にふくんだとき最初はそれほど甘味を感じないがしだいに甘味を増し、そして甘味が消えるまでかなりの時間がかかる。

甘草の特長で、①塩なれ効果がある。図4。

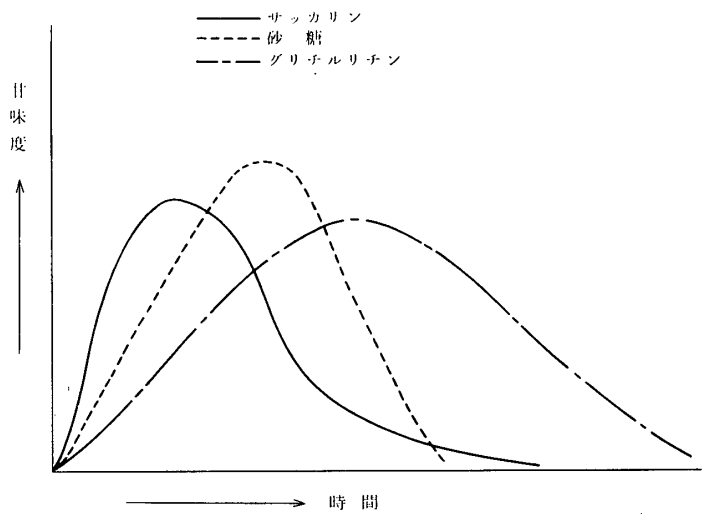


図3 砂糖8%に対応呈味曲線

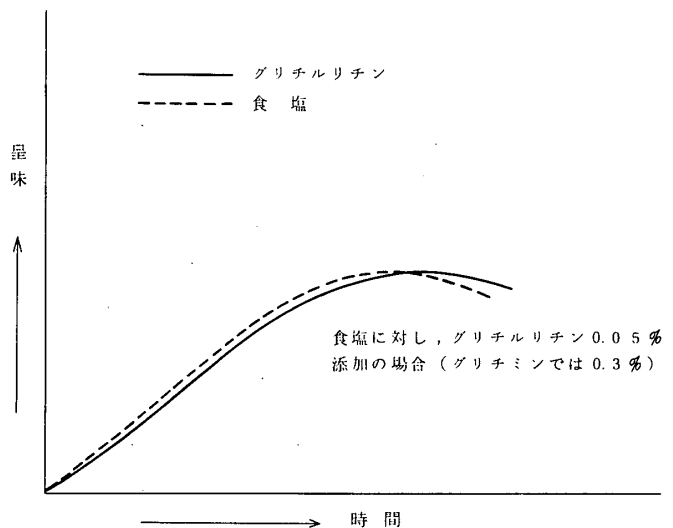


図4 食塩とグリチルリチンの呈味性

②調味料としての効果がある。表9のごとくアミノ酸系の調味料とよく調和し、相乗効果を発揮するので調味料の使用量を減らすことが可能である。

表9 グルタミン酸ナトリウム節減例¹²⁾

	対照	処方I	処方II	処方III	処方IV
グルタミン酸Na	100	85	80	75	70
グリチミン	-	0.2	0.8	1.4	2.0

しかし、甘草根の昭和47年度消費量は6,400tであり、原料をすべて海外に依存している、わが国では消費の増大による確保が問題となる。

5 栄養関係の利用について

ダイエット・フーズ，食餌療法用品 (Dietic または Dietie food) は，FAOとWHOの合同食品規格委員会で国際規格が検討されている。

これらダイエット・フーズは健康人向に乳児，妊産婦，授乳婦，老人および疲労回復などを目的とした特殊食品と病者用，療養食として低カロリー食品，低糖質食品，高および低カロリー食品，高カリウム食品，高および低タン白質食品，調整脂質食品などがある。²¹⁾

特殊用途食品のなかでの甘味料は，日研化学社のハイソルビトールおよびマルビトールなどの製品を中心として，広く食餌療法などに利用されている。

糖尿病食の甘味源として①キシロース，②マルビット，③マンニット，④マルチットなどが利用されている。

低カロリー食品の甘味源としては①キシロース，②フラクトース，③ソルビット，④マンニット，⑤キシリット，⑥マルチット，⑦マルビット等である。

5-1 糖アルコール類の代謝について

(1) D-ソルビトール (Sorbitol)

Sorbitol は97%~98%が代謝され，2~3%は排泄される。^{9, 14, 27, 32)} 摂取後24時間以内に75~80%がCO₂として呼気中に現われる。¹⁹⁾ このようにSorbitolは代謝されてエネルギーとなる。

肝臓でSorbitol-Dehydrogenaseによって選択的に作用を受け，Fructoseに変化する。

そして，Fructosephosphateを経てTCA Cycleに入り，またGlucosephosphateを経てGlycogenとして体内に貯えられる。

また，D-フラクトース (Fructose) はSorbitolの代謝経路とほぼ同じ経路であり，Sorbitolと同じく，血糖を上昇させず，インスリンの影響を受けない。

(2) 還元麦芽糖水アメ (マルチトール, Maltitol)

Maltitolは小腸粘膜，スライムおよび肝臓の酵素により分解されず体内にほとんど吸収されない。^{11, 24)} 白ネズミに糖質の一部をMaltitolで代替した食餌を与え，体重の増減少，肥満をおさえることが証明されている。¹¹⁾

また，D-マンニトール (D-Mannitol) は，Maltitolと同様に吸収されず，^{5, 32)} 投与後24時間で，その87~93%が尿中に排泄される。

(3) D-キシロース (Xylose)

Xyloseは非醗酵性の糖であり，人体の腸壁からの吸収は，経口投与量の65%が血中に入り，そのうち26%が約5時間で尿に排泄され39%は代謝利用される。^{13, 31)}

またD-キシリトール (Xylitol) はインスリンと無関係に細胞内に入って，NADを補酵素とするXylitol DehydrogenaseによりD-Xyluloseを経て五単糖リン酸サイクルに入り一方NADPを補酵素とするXylitol DehydrogenaseによってL-Xyluloseを経て，ウロン酸サイクルに入り，いずれも解糖系につながる。⁶⁾

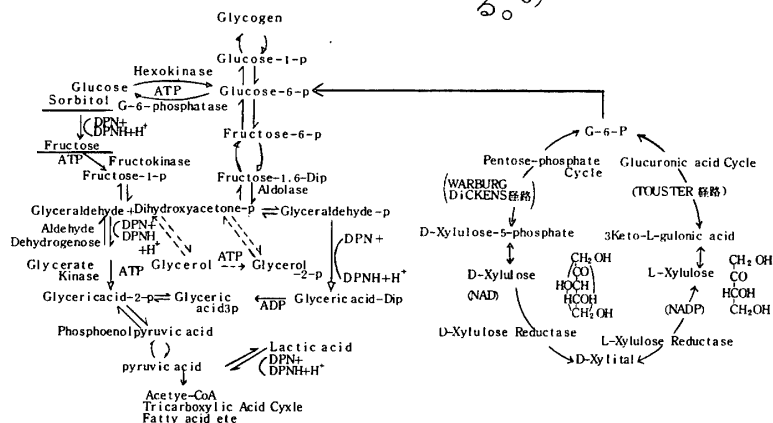


図5 Sorbitol, Fructose および Xylitol の代謝経路

6 おわりに

これから開発される合成および天然甘味料は慢性、代謝、催奇型および発癌性などの毒性試験による安全性の確認も必要である。しかし、各種の甘味料をその特色にあった適切な食品への利用がなされることが重要である。

企業などで製造された食品には、専門的な利用がなされているが、近年になってダイエットフードなどは、甘味料に対する正しい知識をもたない人々が使用する場合があるかとも考える。

しかし、サッカリンの問題以来種々の甘味料が話題となっているので、著者が7年前より合成甘味料に関する研究をする機会に恵まれ、甘味料の文献などを収集できたので、これら甘味料の一般的特性などについて、敢えて稿を起したしだいであり、いささかなりとも御参考となれば幸甚である。

執筆にあたり、御助力を戴いた国立衛生試験所加藤三郎ならびに本学栄養学研究室鈴木俊一教授に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 赤沢好温：第7回日本糖尿病学会
- 2) C. Fahlberg and I. Remsen. Ber., 12, 469. (1879).
- 3) C. Nierman : Zucker- und Süßwaren wirtschaft 11, 467, (1958).
- 4) 福江紀彦：食品工業, 14(6) (1971).
- 5) G. Johnston et al : J. Biol. chem., 149, 117, (1943).
- 6) Gregg, N. M. : Trans. ophthal. Soc. Australia, 3, 35, (1941).
- 7) 浜田扶：New Food Industry 3, 6, 32, (1961).
- 8) Hackhs Chemical Dictionary, 825, (1944).
- 9) H. G. Hers et al : Biochem et Biophys. Acta, 11, 427, (1953).
- 10) H. G. Schutz, F. J. Pilgrim : Food Research 22, 206, (1957).
- 11) 井上, 森内, 細谷：栄養と食糧, 24, 399 (1971).
- 12) 井元勝恵：ジャパンプードサイエンス, 9, 59 (1973).
- 13) J. B. Wyngaardemke et al : J. Chin. Inv, 36, 1395 (1957).
- 14) J. Steinke et al : Biochem et Biophys. Acta, 11, 427 (1953).
- 15) 片山 : ジャパンプードサイエンス : 9, 54 (1973).
- 16) 刈米：第1版食品添加物公定書注解 (金原出版)
- 17) 川城：第3版食品添加物公定書注解 (大原出版)
- 18) Klauder, D. S., J. R. : Jour. Farnklin Inst. 195-689 (1923)
- 19) L. H. Adock et al : Biochem, J., 65, 554 (1957).
- 20) 増田為江：ジャパンプードサイエンス, 11, 55 (1972).
- 21) 増田為江：New Food Industry 14(6)(1972).
- 22) 守田悦雄：ジャパンプードサイエンス, 9, 68 (1973).
- 23) 小川敏男：漬物製造技術, 154, 1964 (食品研究社版)
- 24) 奥, 井上, 細谷：栄養と食糧, 24, 399 (1971).
- 25) 小田恒郎：食品工業, 14(6)39 (1971).
- 26) Stockard, C. R. : Amer. J. Anat, 28, 115 (1921).
- 27) S. T. Thanhauser et al : Münch med Wschr, 76, 356 (1929).
- 28) 住木論介：実際農産加工 3, 4, 6, (1950). (雄山閣版)
- 29) 食品衛生研究, 24(3)203 (1974).

- 30) 田中領三：日本公衛誌， 11(14)909(1964)。
- 31) 千葉：日本小児学会雑誌， 72, 1105(1968)。
- 32) W. R. Todd et al：J. Boil. Chem, 127, 275(1939)。
- 33) 山根嶽雄：甘味料（光琳書院）
- 34) 山本吉朗：醤油と技術：236号(1958) , 237(1958)。