低エネルギー糖質甘味料・エリスリトールの 体内代謝と食品への応用

奥 恒 行

東京大学医学部保健栄養学教室

Metabolism of Very Low Energy Sugar Substitute “Erythritol” and Its Application to Processing Foods

Tsuneyuki Oku

Department of Nutrition, Faculty of Medicine, University of Tokyo

はじめに

近年、超低エネルギー糖質甘味料としてエリスリトールが注目されている。現在のところ、エリスリトールは主として飲料に使用されているが、国民にダイエット志向が持続する限り、今後いろいろな加工食品へ使用される可能性がある。また、エリスリトールは味質の優れた低エネルギー甘味料としてだけでなく、う蝕を誘発しないこと、インスリン分泌を刺激しないこと、腸内微生物を介して代謝されることなどの機能が明らかにされ、その用途は広がってきている^{1), 2)}。ここでは食品に使用されるエリスリトールに焦点を当て、その体内代謝及び機能性を中心に食品への応用について概説する。

I. エリスリトールの性状と特徴

食品に使用されている糖アルコール (Sugar alcohol, 最近では Polyol が使われるようになってきた) 甘味料には、表 1 に示したようなものがある²⁾。ほとんどの糖アルコールは、単糖、二糖あるいはオリゴ糖のカルボニル基を還元してアルコール基に変えて製造されるが、エリスリトールはブドウ糖に酵母を作用させる発酵法で作られる。エリスリトール、キシリトール、ソルビトール、マンニトールなどの単糖アルコールは自

表 1 主要な糖アルコールの種類と特徴

種類	構造	相対甘味度 (対ショ糖；%)	製造法	原料
エリスリトール	四炭糖	75～85	発酵法	ブドウ糖，ショ糖
キシリトール	五炭糖	100	水素添加	キシロース
ソルビトール	六炭糖	50～60	水素添加	ブドウ糖
マンニトール	六炭糖	50～60	水素添加	果糖，マンノース
マルチトール	二糖	80～95	水素添加	マルトース
ラクチトール	二糖	30～40	水素添加	乳糖
パラチニット	二糖	30～40	水素添加	パラチノース
イソマルチトール	二糖	50～60	水素添加	イソマルトース
マルトトリイトール	三糖	50～60	水素添加	マルトトリオース
還元分岐オリゴ糖	六糖以下	40	水素添加	分岐オリゴ糖
還元デンプン糖化物	主成分は 十糖以下	50～60	水素添加	デンプン分解物

自然界に存在しているが、二糖のマルチトール、ラクチトール、パラチニットは、現在のところ、天然の食品には見出されていない。糖アルコールは通常摂取する糖質に水素添加して作るので、アスパルテームやサッカリンなどとは異なり、人工甘味料とはいわない。

エリスリトールは、砂糖（ショ糖）の約75%の甘味をもった四炭糖アルコールで、吸湿性が低く、清涼感があり、結晶化しやすい性質を備えている（図1）。エリスリトールの存在は古くから知られていたが、砂糖代替甘味料として開発されたのは最近になってからである。その大きな理由は、エリスリトールの大量製造法を確立し、工業化に成功したからである。

II. エリスリトールの存在と分布

エリスリトールは、きのこ類、果実類、地衣類など植物界に広く分布し、また清酒、ワイン、味噌、しょうゆなどの発酵食品には高濃度に含まれている³⁾（表2）。このため、ヒトにおいてはエリスリトールの食経験はかなり長い。また、エリスリトールは精液や目のレンズ、尿などの生体成分にも微量ながら見出される⁴⁻⁷⁾。生体に見出されるエリスリトールは外因性のものか、あるいはその組織で合成されたものであることが考えられる。組織で生合成されるのであれば、エリスリトールは生体内で特有の役割を果たしている可能性

がある。しかし、後述するように、経口あるいは静注投与したエリスリトールは、その90%以上が速やかに尿中に排泄され、小腸から吸収されなかった10%以下のものは大腸で腸内微生物に資化されるので、エリスリトールは最終代謝産物の可能性が強いと考えられる。

エリスリトールの定量は、適当な誘導体にした後、ガスクロマトグラフィーで分離定量する方法や、ペーパークロマトグラフィーで他の糖質と分離後比色定量する方法などが古くから知られていたが、現在では高感度で短時間に分離定量できる液体クロマトグラフィーが広く用いられている⁸⁾。表3は、分離システムにおけるエリスリトール及び各種糖質のRetention timeを示したものである。

分子式：C₄H₁₀O₄

分子量：122

図1 エリスリトールの構造式

表2 天然及び食品におけるエリスリトールの存在

〈生物中のエリスリトール〉	
地衣類	0.3~5 (%)
アサの葉	0.1
きのこ類	2~4
〈食品中のエリスリトール〉	
白ワイン	170 (mg/l)
赤ワイン	280
アウスレーゼ	300
シェリー酒	160~272
清酒	150~180
しょうゆ	910
〈動物中のエリスリトール〉	
牛の精液	69 (mg/l)
鶏の精液	50
ヒトの精液	定性
ヒトの血清	0.45
ヒトの尿	1,600~3,300 (μg/時間)

図2 エリスリトールの製造工程

III. エリスリトールの製造法と物性

エリスリトールは、meso-tartrateの還元、4, 6-o-ethylidene-D-glucoseの酸化・還元、dealdehyde

表3 糖及び糖アルコール類の Retention time

種類	Retention time (分)
ラフィノース	8.60
マルトトリオース	8.67
D-セロビオース	9.19
マルトース	9.39
ショ糖	9.40
乳糖	9.57
ブドウ糖	10.86
イノシトール	11.28
D-キシロース	11.57
D-フラクトース	11.80
D-マンニトール	11.92
D-ソルビトール	12.17
キシリトール	13.15
エリスリトール	13.57
DL-スレイトール	14.10
グリセロール	15.34
イソソルバイド	16.31
エチレングリコール	18.03
プロピレングリコール	18.86
メタノール	20.67
エタノール	23.04

注) カラム CKO8SH, 移動相 1% H_3PO_4 ,
流速 1.0ml/分, 検出器 RI

表4 エリスリトールの物理化学的性質

一般名	エリスリトール
化学名	1, 2, 3, 4-Butaneterol
化学式	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}_4$
分子量	122.12
溶解度	36w/w% (水, 25℃)
溶解熱	-42.9cal/g
融点	119℃
融解熱	約 320J/g
沸点	約 330℃
比重	1.099 (25℃, 30w/w%)
粘度	3.0cP (25℃, 30w/w%)
解離定数	1.25×10^{-4} (18℃, K_a)
氷点降下	-4.1℃ (20w/w%)
水分活性	0.91 (25℃, 36w/w%)
吸湿性	吸湿せず (20℃, RH90)
耐熱性	150℃までアリ
着色性	150℃までナシ
浸透圧	1,861mOsm/kg (15w/w%, 20℃)

starch の加水分解水素添加による化学的合成法によっても作ることができるが⁹⁾, 工業化するには至っていない。現在, 酵母を用いた発酵法によって大量生産しているが, 高濃度のブドウ糖培地から効果的にエリスリトールを生産する *Aureobasidium* 属の酵母を発見したことがそれを可能にしている (ブドウ糖からの収率約 50%)¹⁰⁾。エリスリトールの工業化には上記酵母を使用し, ブドウ糖を原料にして酵母による発酵, 濾過, 精製, 濃縮, 結晶化の工程を経て製造している (図 2)。

エリスリトールは吸湿性が低く, 清涼感があり, 美しい結晶形を有している。エリスリトールを加工食品へ利用する上の物理化学的な特徴をまとめると表 4 のようになる¹¹⁾。

IV. エリスリトールの代謝的特徴と機能性

1. エリスリトールの易吸収・非代謝性

エリスリトールをラットに経口投与すると, 90%以上が代謝されずに尿中に排泄され, 10%以下が炭酸ガスとして排泄される (図 3)^{12, 13)}。吸収されたエリスリトールは組織で利用されないため, そのまま尿中へ排泄される。未吸収のエリスリトールは大腸に移行して腸内微生物による発酵を受け, 短鎖脂肪酸に転換される。投与量を増加すると, 吸収されずに大腸へ移行する比率が高くなり, 呼気炭酸ガスへの排泄比率が高くなる^{12, 13)}。一方, エリスリトールを健常人へ摂取させても血糖値は全く上昇しない。従って, 血中インスリン濃度も影響を受けない。エリスリトール摂取 30 分後には血中エリスリトール濃度はピークになるが, エリスリ

トールからブドウ糖は合成されないので、血糖値に変化はみられない(図4)¹⁴⁾。マルチトール、ラクチトールなどの難消化性糖アルコールやオリゴ糖も同様に、血糖値並びに血中インスリン濃度を上昇させない。エリスリトールは大部分が尿に排泄されるので、腎臓への負担が懸念されるが、医薬品レベルの毒性試験においても組織異常は観察されていない¹⁵⁾。

一方、エリスリトールに適応させていないラットの盲腸内容物とエリスリトールを嫌気的な条件下で反応させると、反応開始後しばらくの間、炭酸ガスはごくわずかししか観察されない。ところが、エリスリトール適応ラットの盲腸内容物と反応させると、反応開始直後から炭酸ガス産生は活発に行われる。エリスリトールを資化する腸内微生物は、エリスリトール摂取によって速やかに増加するが、エリスリトールを含まない通常の飼料を摂取している場合は極めて少ないことを示唆している。それ故、エリスリトールを資化する腸内微生物はかなり限定されるのではないかと考える。抗

生物質処理ラットにおけるマルチトールの資化性や同様な反応実験における類似した結果は、酵母などがエリスリトールなどの糖アルコールを特異的に資化することを示唆している。

難消化吸収性糖アルコールや難消化性オリゴ糖は、大部分が小腸を通過して大腸に移行し、腸内微生物による発酵を受けて利用される。しかし、エリスリトールは大部分が小腸から吸収され、そのまま尿へ排泄される。未吸収のエリスリトールは大腸で発酵を受けて利用される。これらの動物実験並びにヒトにおける実験結果をまとめると、

図5のようになる。つまり、エリスリ

トールは、従来の甘味糖質とは異なった特徴的な代謝経路をもった易吸収・非代謝性糖アルコール(Absorbable/non-metabolizable sugar alcohol)ということができる。

図3 通常ラットへ¹⁴C-エリスリトール及びグリセロール経口投与後の呼気¹⁴C-炭酸ガス及び尿中¹⁴C-化合物の排泄

注) ¹⁴C-エリスリトール 0.1 g (925KBq/5ml) を通常ラット(体重約 200 g)に経口投与後、直ちに閉鎖循環式の代謝ケージに入れ、24 時間呼気、尿、尿を採取した。値はラット 4 匹の平均値である。

図4 エリスリトール投与後の血中変化及び尿中排泄の経時的変化

注) 成人男子 5 人(平均年齢 50 歳, 体重 58kg)に、体重 kg 当たりエリスリトール 0.3 g を摂取させ、血中エリスリトール濃度変化及び尿中への排泄量を測定した。

2. 超低エネルギー甘味料としてのエリスリトール

消化酵素で消化されないオリゴ糖や糖アルコールは大腸に移行し、腸内微生物によって発酵を受けて酢酸、プロピオン酸、酪酸などの短鎖脂肪酸のほか、炭酸ガス、水素ガス、メタンガスなどを生じ、また菌体成分などにも一部取り込まれる。これらのうち短鎖脂肪酸が大腸から吸収され、エネルギー源として利用されるので、消化吸収される糖質のエネルギー量が4 kcal/gであるのに対して、発酵を受けて利用される難消化性糖質のエネルギー量は約2 kcal/gに半減する。

ところが、エリスリトールは摂取した90%以上が吸収され、代謝されずに尿中へ排泄される。大腸に移行した10%以下のエリスリトールは、腸内微生物による発酵を受けて短鎖脂肪酸に転換される。摂取したエリスリトールの90%が未代謝のまま尿中へ排泄され、10%が直接代謝されるとすれば、有効エネルギー量は単純計算で砂糖の10%、つまり0.4kcal/gになる。更に、小腸で吸収されなかった10%以下のエリスリトールは大腸で発酵を受けるので、そのエネルギーは約半分に減少する。つまり、エリスリトールの有効エネルギー量は、約0.2kcal/gと計算される。厚生省は栄養改善法一部改正に伴って、各単糖及びオリゴ糖のエネルギー換算係数を提示しているが、エリスリトールのエネルギー換算係数は小数点1位を四捨五入して0 kcal/gとした(表5)¹⁶⁾。エリスリトールの真の有効エネルギー量は0 kcal/gではないが、便宜上0 kcal/gでも問題ないということである。現在のところ、エリスリトールは各種甘味糖質の中で最も低エネルギーである。

図5 摂取したエリスリトールの代謝概要

3. エリスリトールの非う蝕原性

う蝕（虫歯）は、虫歯菌であるミュータンス連鎖球菌が砂糖を基質にして不溶性グルカンを生成し、これが菌垢となって歯面に付着して唾液による中和作用が阻害され、歯面のpH低下によるエナメル質脱灰によって生じると考えられている。従って、ミュータンス連鎖球菌に利用されない甘味糖質が砂糖の代わりに使用されると、菌垢が形成されず、pHの低下も生じないので、虫歯発生のリスクは低くなる。エリスリトールはミュータンス連鎖球菌が作用しても不溶性グルカンを生成せず、酸産生もしないので、砂糖の全部あるいは一部をエリスリトールで置換した加工食品はその置換の程度に相应してう蝕誘発のリスクが軽減できる¹⁷⁾。エリスリトールは低エネルギー性で非う蝕原性の甘味糖質であるので、肥満が気になる人に適した虫歯軽減甘味料といえる。キシリトール、ソルビトール、マルチトールなどの糖アルコールは、いずれも非う蝕原性の甘味糖質である。

一方、糖アルコールは小腸からのカルシウム吸収を促進することが古くから知られているので¹⁸⁾、エリスリトールもそのような機能をもっていることが考えられる。しかし、その吸収促進メカニズムは説明できていない。また、エリスリトールはスクラーゼ阻害効果があるので、ショ糖と同時に摂取すると血糖上昇を抑制することも期待できる。これらについては、今後の研究を待たなければならない。

4. エリスリトールのインスリン非分泌性

エリスリトールは小腸から速やかに吸収されて血中へ現れるが、血糖を上昇させないのでインスリン分泌は刺激されない(図6)¹⁴⁾。キシリトールやソルビトールなどの単糖アルコールは小腸から極めて吸収されにくく、一部吸収されても血糖値を上昇させないので、インスリン分泌は刺激されない。また、二糖類アルコール

表5 各種単糖及びオリゴ糖のエネルギー換算係数

エネルギー換算 係数 (kcal/g)	該当する糖質
0 (≤ 0.4)	エリスリトール* (四炭糖)
2 (1.5~2.4)	単糖：ソルボース, マンニトール* 二糖：ガラクトピラノシル (β 1 $\rightarrow$ 3) グルコピラノース, キシロピオース, ゲンチオピオース, ガラクトピラノシル (β 1 $\rightarrow$ 6) グルコピラノース, ラクチュロース, イソマルチトール*, パラチニット*, マルチトール*, ラクチトール* 三糖：ガラクトシルスクロース (別名ラクトスクロース), 4'ガラクトシルラクトース, 6'ガラクトシルラクトース, キシロトリオース, ケストース, ゲンチオトリオース, ラフィノース, マルトトリイトール* 四糖：スタキオース, ニストース, ゲンチオテトラオース, フラクトフラノシルニストース 四糖以上： α -サイクロデキストリン, β -サイクロデキストリン, マルトシル β -サイクロデキストリン 混合物：4'ガラクトオリゴ糖, 6'ガラクトオリゴ糖, キシロオリゴ糖, ゲンチオリゴ糖, フラクトオリゴ糖
3 (2.5~3.4)	単糖：ソルビトール*, キシリトール* 混合物：テアンデオオリゴ糖, イソマルトオリゴ糖, パラチノースオリゴ糖, 大豆オリゴ糖**
4 (≥ 3.5)	単糖：ブドウ糖, 果糖, ガラクトース 二糖：イソマルトース, ショ糖, トレハロース, 乳糖, パラチノース, マルトース 三糖：イソマルトトリオース, パノース, マルトトリオース, グルコシルスクロース 四糖：マルトシルスクロース, マルトテトロース 混合物：カップリングシュガー

* 糖アルコール

** ラフィノース・スタキオース 30%, ショ糖 50%, その他単糖 20%。

は消化酵素によって単糖へ消化されないか、極めて消化されにくいので¹⁹⁾、同様に血糖値はほとんど上昇しない。従って、血中インスリン濃度もほとんど影響を受けない。キシリトールはインスリン非依存的に代謝されてエネルギー源になるため、重症糖尿病患者の輸液に用いられている。

難消化吸収性甘味糖質の発酵によって生成される短鎖脂肪酸は、血中の短鎖脂肪酸濃度にある程度上昇させることが考えられるが、それによってインスリン分泌は刺激されないようである。糖尿病患者でもある程度のエネルギーが必要であるので、むしろこの経路によるエネルギー供給は好都合であるようにも考えられる。しかし、既に述べたように、血糖値が上昇しなくてもエネルギーがゼロでないことを認識しておく必要がある。

5. エリスリトールの許容量

難消化吸収性甘味糖質の摂取で問題になるのは、一度に大量摂取すると下痢を誘発することである。これは、牛乳を摂取した時に下痢を生じる乳糖不耐症と同じ機序によって大腸内の浸透圧が高くなるためと考えられている。ソルビトールはバリウムを飲んだ時の下剤としても使用されている。下痢を誘発しない最大無作用量(許容量)は甘味糖質の消化性によって異なるのはもちろんであるが、その糖組成や構造、個人の状態によっても影響される。難消化吸収性糖アルコール及びオリゴ糖の下痢に対する最大無作用量は表6に示すとおりである¹⁾。消化されない、あるいは極めて消化されにくい二糖類アルコールやオリゴ糖の最大無作用量は体重kg当たり概略0.3g前後である。単糖であるソルビトールは同量摂取では浸透圧が倍になるので、最大無作用量は二糖類アルコールの半分程度である。エリスリトールは小腸で大部分が吸収されて大腸にはごくわずかししか到達しないので、最大無作用量は他の難消化性オリゴ糖や糖アルコールに比べて多い²⁰⁾。1回に20~30g以上摂取することはないので、通常の摂取レベルでは下痢を心配する必要はない。

糖アルコールや難消化性オリゴ糖の摂取によって下痢を生じた時は摂取を一時中止し、1～2週間かけて少しずつ増加させると、同じ摂取量でも下痢をしなくなる。その糖質を利用する腸内微生物が増加するためである。また、これらの甘味糖質を摂取すると、発酵によるガスが溜まっておなかがゴロゴロ鳴ったり、おなかが頻繁に出たりすることがあるが、繰り返し摂取していると多くの場合数日で治まる。腸内細菌叢が変化するからである。現在のところ、難消化吸収性甘味糖質の摂取による副作用は下痢以外にはないようである。

V. エリスリトールの食品への応用

エリスリトールを加工食品に用いる場合、その物理化学的並びに生理学的特性をどのように活用するかが商品設計上の重要ポイントになる。特に、エリスリトールを甘味料として単独に使用するか、他の糖質と組み合わせるによって配慮すべき要点が異なる。単独で使用する場合は、その諸特性と甘味の質を考慮する必要がある。また、他の甘味料と組み合わせる使用の場合は、生かすべき特徴を生理的面に置くか、物理的な面に置くかによって用いる甘味料を選択する必要がある。例えば、エリスリトールと各種高甘味度甘味料を表7のように特定の割合で併用すると、極めて良質の甘味が得られる⁷⁾。

一方、エリスリトールの甘味度は、水溶液における砂糖との比較では有意に識別されるが、コーヒーやヨーグルトに加えた場合は砂糖との識別は困難である。これらのことを考えると、いろいろな食品素材や調味料が複合された一般の調理には、砂糖代替甘味料として広範囲に使用できるように思われる。エリスリトールの特性を踏まえた食品への用途をまとめると表8のようになる²¹⁾。以下は、エリスリトールの特性を利用した食品

図6 成人男子にエリスリトールを体重kg当たり 0.3 g 摂取させた時の血糖並びに血中インスリン濃度変化 (n = 5)

表6 甘味糖質の下痢に対する最大無作用量

甘味糖質	最大無作用量 (g /kg体重)		測定者
	男	女	
エリスリトール	0.66	0.80	奥ら
ソルビトール	① 0.17	0.24	奥ら
	② 0.15	0.3	小泉ら
マルチトール	① —	0.30	奥ら
	② 0.3	0.3	小泉ら
パラチニット	0.3	—	三井製糖(株)
ラクチュロース	—	0.26	奥ら
トレハロース	—	0.65	奥ら
フラクトオリゴ糖	① —	0.34	奥ら
	② 0.3	0.4	秦ら
ラクトスクロース	① 0.6	0.6	尾形ら
	② —	0.8	奥ら
大豆オリゴ糖 ^{a)}	0.64	0.96	秦ら
4'ガラクトオリゴ糖	0.28	0.14	秦ら
6'ガラクトオリゴ糖	0.3	0.3	(株)ヤクルト
キシロオリゴ糖	(0.12) ^{b)}	—	サントリー(株)
	7.5 g /日		
イソマルトオリゴ糖	>1.5	—	秦ら
混合物 ^{c)}	—	0.3	奥ら

^{a)} 機能性成分であるラフィノース、スタキオース含量は約 30%。
^{b)} 体重 65kgとして計算。
^{c)} マルチトールとフラクトオリゴ糖 (1 : 1) 混合物。

へ応用する時のポイントである⁷⁾。

(1) 卓上甘味料：エリスリトールは非吸湿性白色粉末であるので、卓上甘味料素材に適している。表7に示したように各種高甘味度甘味料と配合すると、超低エネルギーの非う蝕性卓上甘味料ができる。

(2) チョコレート：吸湿性の高い糖質甘味料は、チョコレートを作る時の粘度上昇や製品のブルーム発生等の原因になるので、チョコレートには使用できない。エリスリトールはグラニュー糖と同様の扱いが可能であるので、製造上あるいは製品の品質安定上、なんら問題を起こすことはない。エリスリトールの使用によって歯応えのあるチョコレートができる。

(3) チューインガム：チューインガムは、糖質の微細結晶をガムベースと混練することによって作られる。エリスリトールは微粉砕が容易で、吸湿性が低いのでチューインガム用の甘味料に適している。その特性から超低エネルギー・非う蝕性のチューインガムを作ることができる。

(4) キャンディー：エリスリトールは結晶性が高いので、単独に用いると硬くて脆いキャンディーができる。しかし、他の糖質甘味料を30%程度併用することによって食べやすいキャンディーを作ることができる。他の糖質源としてマルチトールやパラチノースなどを用いると、非う蝕性キャンディーができる。

(5) アイスクリーム：エリスリトールの使用量が多いと、非常に硬いアイスクリームがで

るので、同量以上の砂糖などの糖質甘味料を併用する必要がある。逆に、この特性を利用して硬い冷菓を作ることができる。

(6) 粉末ジュース：エリスリトールは溶解する時に吸熱反応が生じるために、粉末ジュースを溶かすと水温よりも低いジュースができる。ちなみに、エリスリトール10%溶液は約4.8℃温度を低下させる。

(7) その他：エリスリトールは融点が低く吸湿性が低いので、この性質を利用してエリスリトールを被覆した吸湿性の低い菓子類を作ることができる。また、乳酸発酵後の発酵乳にエリスリトールを10%程度添加すると、保存期間中の酸味上昇が少ないために賞味期間の長いヨーグルトができる。

表7 エリスリトールと高甘味度甘味料との最適配合範囲

アスパルテーム	0.001 ~0.008
グリチルリチン	0.001 ~0.004
ステビオサイド	0.001 ~0.004
サッカリン	0.0004~0.001

注) エリスリトールを1とした時の重量比

表8 エリスリトールの用途

分類	用途例	使用効果					
		低カロリー	虫歯の原因にならない	冷涼感が得られる	吸湿性が少ない	緩下性が少ない	糖尿病患者用代替甘味料 矯味・調味・水和作用 その他の効果
飲料	清涼飲料	○			○	○	
	乳飲料・ヨーグルト	○			○	○	○
	コーヒー飲料	○			○	○	
	アルコール飲料	○			○	○	
	栄養ドリンク	○			○	○	○
和洋菓子類	チョコレート	○	○	○	○	○	○
	チューインガム	○	○	○	○	○	○
	キャンディー	○	○	○	○	○	○
	錠菓	○	○	○	○	○	○
	冷菓	○	○			○	○
	もち、求肥	○				○	○
	あん、水ようかん	○				○	○
	ゼリー	○				○	○
健康食品	ケーキ上げけ・ホンダン	○		○	○	○	
	ノンカロリー食品	○	○	○	○	○	○
	ノンカロリー飲料	○				○	○
	ダイエット食品	○	○	○	○	○	○
卓上甘味料	ダイエット飲料	○				○	○
	ノンカロリー甘味料	○	○		○	○	○
	ダイエット甘味料	○	○		○	○	○

お わ り に

エリスリトールは、栄養改善法では0 kcal/gとして扱われているが、厳密には0.2kcal/g前後のエネルギーをもっている。それでも他の糖質系甘味料に比べると有効エネルギー量は極めて少ない。現在のところ、エリスリトールの機能として、低エネルギー性、非う蝕原性及びインスリン非分泌性などがあげられるが、食品への応用は低エネルギー性を利用した飲料が主である。今後、他の食品形態への応用が展開することであろう。

これらとは別に、エリスリトールを含めた糖アルコールの優れた物性は、生ハツ橋や和菓子の品質改善や賞味期間の長期化、小魚や昆布の佃煮などの日持ちの延長などに活用され、更にチューブ入りワサビや歯磨ペースト、化粧品などにも利用され、我々は好むと好まざるとにかかわらず利用させられている。今後、エリスリトールを含めた糖アルコールは、予期しない食品や身近な日用品などに用いられることであろう。

文 献

- 1) Oku, T. : Oligosaccharides with beneficial health effects : A Japanese perspective, *Nutr. Rev.*, **54**, S59~S66 (1996)
- 2) Oku, T. : Metabolism of sugar alcohols, *Recent Res. Develop. in Nutr. Res.*, **1**, 1~13 (1996)
- 3) Roboz, J., Kappatos, D., Greaves, J. and Holland, J. F. : Determination of polyols in serum by selected ion monitoring, *Clin. Chem.*, **30**, 1611~1615 (1984)
- 4) Clark, J. B. K., Graham, E. F., Lewis, B. A. and Smith, F. : D-Mannitol, erythritol and glycerol in bovine semen, *J. Reprod. Fertil.*, **13**, 189~197 (1967)
- 5) Tomana, M., Prchal, J. T., Garner, L. C., Skalk, H. W. and Barker, S. A. : Gas chromatographic analysis of lens monosaccharides, *J. Lab. Clin. Med.*, **103**, 137~142 (1984)
- 6) Kusmierz, J., DeGeorge, J. J., Sweeney, D., May, C. and Rapoport, S. I. : Quantitative analysis of polyols in human plasma and cerebrospinal fluid, *J. Chromatogr.*, **497**, 39~48 (1989)
- 7) 小田恒郎, 日下部正裕, 佐々木堯 : エリスリトールの製法と食品工業への応用, *食品工業*, **32**, 41~48 (1989)
- 8) 進藤辰二, 佐々木義幸, 三木啓道, 江口 通, 萩原清和, 市川富夫 : 高速液体クロマトグラフィーによる発酵食品中のエリスリトールの定量について, *食衛誌*, **29**, 419~422 (1988)
- 9) 小田恒郎, 佐々木堯 : 糖アルコールの製法と応用—バイオテクノロジーの活用—, *BIO INDUSTRY*, **5**, 664~670 (1988)
- 10) Ishizuka, H., Wako, K., Kasumi, T. and Sasaki, T. : Breeding of a mutant of *Aureobasidium* sp. with high erythritol production, *J. Ferment. Bioeng.*, **68**, 310~314 (1989)
- 11) 河野宏行, 赤坂 敬 : エリスリトールの飲料への利用, *New Food Industry*, 12月号, pp.8~16 (1996)
- 12) Oku, T. and Noda, K. : Influence of chronic intake of newly developed sweetener, erythritol on growth and gastrointestinal function of the rats, *Nutr. Res.*, **10**, 987~996

(1990)

- 13) Noda, K. and Oku, T. : Metabolism and disposition of erythritol after oral administration to rats, *J. Nutr.*, **122**, 1266~1272 (1992)
- 14) Noda, K., Nakayama, K. and Oku, T. : Serum glucose and insulin levels and erythritol balance after oral administration of erythritol in healthy subjects, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **48**, 286~292 (1993)
- 15) Lina, B. A. R., Bos-Kuijpers, M. H. M., Til, H. P. and Bar, A. : Chronic toxicity and carcinogenicity study of erythritol in rats, *Regulatory Toxi. Pharm.*, **24**, S264~S279 (1996)
- 16) 奥 恒行 : 難消化吸収性甘味糖質の有効エネルギー量について, 栄養学雑誌, **54**, 143~150 (1996)
- 17) Kawanabe, J., Hirasawa, M., Takeuchi, T., Oda, T. and Ikeda, T. : Non-cariogenicity of erythritol as a substrate, *Caries Res.*, **26**, 358~362 (1992)
- 18) Wasserman, R. H. : Lactose-stimulated intestinal absorption of calcium : A theory, *Nature*, **201**, 997~999 (1964)
- 19) Oku, T. : Comparison of digestibility and its mechanism of several oligosaccharides and sugar alcohols, Proceeding of IUFOST '96 Regional Symposium on Non-nutritive Health Factors for Future Foods, pp.518~521 (1997)
- 20) Oku, T. and Okazaki, M. : Laxative threshold of sugar alcohol erythritol in human subjects, *Nutr. Res.*, **16**, 577~589 (1996)
- 21) 宮崎勝昭, 河野宏行 : カロリーゼロの甘味料・エリスリトール, 食品と科学, 2号, pp.107~113 (1996)