エリスリトール

Erythritol

高谷 正敏

三菱化学フーズ株式会社
第二事業部 技術グループ
〒100-8251
東京都千代田区丸の内 1-1-1

Masatoshi TAKAYA
MITSUBISHI-KAGAKU FOODS CORPORATION
Division II Technology Group
1-1 Marunouchi, 1-chome, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8251, Japan

論文要旨：エリスリトールは、ショ糖の約75%の甘味をもつ四炭糖の糖アルコールである。ブドウ糖を原料として酵母の発酵により生産される“ブドウ糖発酵甘味料”であり、糖質では唯一のカロリーゼロの甘味料である。消費者の健康志向を背景として、エリスリトールは、あらゆる分野での低カロリー製品の検討やシュガーレス菓子の検討などに利用されている。本稿では、エリスリトールの生理的特性や物理化学的特性を中心に紹介し、その特性を利用した使用例についても紹介する。

Abstract: Erythritol is a four-carbon sugar alcohol with about 75% sweetness of sucrose. It is the “glucose fermentation sweetener” produced by the fermentation of yeast using glucose, and is the only “zero calorie” sweetener in Japan. Due to the high consumers’ health consciousness, erythritol is used for the various fields such as the low-calorie product fields or sugarless confectioneries, etc. In this paper, we describe the physiological peculiarity and physicochemical characteristics of erythritol, and also introduce some applications using its specific characteristics.

Key words: erythritol, four-carbon sugar alcohol, sweetener, zero calorie, health

1 はじめに

エリスリトールは、ショ糖の約75%の甘味をもつ四炭糖の糖アルコールであり (Fig. 1)、ブドウ糖を原料として酵母の発酵により生産される“ブドウ糖発酵甘味料”である。エリスリトールはメロンやブドウ、スイカなどの果実類、味噌、醤油、清酒、ワイン、チーズなどの発

酵食品、キノコ類、牛などの哺乳動物の体液などに含まれており (Table 1)、発酵食品からの一日の摂取量 (Table

Fig. 1 Erythritol constitutional formula

連絡者：高谷 正敏
E-mail : Takaya.Masatoshi@mk.m-kagaku.co.jp

Table 1 Distribution of the erythritol

生物界	地衣類	3-50 (mg/g)
	アサの葉	1 (mg/g)
	キノコ類	20-40 (mg/g)
果実類	メロン	0.022-0.047 (mg/g)
	ナシ	0-0.040 (mg/g)
	ブドウ	0-0.042 (mg/g)
発酵食品	ワイン	170-300 (mg/ℓ)
	チーズ	12-1460 (mg/g)
	日本酒	150-180 (mg/g)
	醤油	910 (mg/ℓ)
	味噌	1.31 (mg/g)
哺乳類	牛の精液	69 (mg/ℓ)
	ヒトの精液	定性
	ヒト血清	0.45 (mg/ℓ)
	ヒトの尿	1.6-3.3 (mg/hr)

Table 2 Daily intake of erythritol through fermented foods

	消費率 (kg/day/人)	ERT 濃度 (mg/kg)	摂取量 (mg/day/人)
日本			
味 噌	0.0152	1310	19.91
醬 油	0.0212	910	19.29
日本酒	0.0149	150-1700 (mg/ml)	2.23
合 計			41.43-64.45
アメリカ			
ワイン	0.0227	34-280	0.77-6.35
チーズ	0.0217	12-1460	0.26-13.58
合 計			1.03-38.03
フランス			
ワイン	0.2561	34-280	0.870-71.7
チーズ	0.0469	12-1460	0.59-72.7
合 計			9.29-144.4

2) をみても、日本人はもちろん欧米人においても、ごく自然な食生活の中で摂取されている安心な食品素材である¹⁻³⁾。

2 エリスリトールの生理的特性

2・1 エネルギーゼロ (0 kcal/g)

エリスリトールは、厚生労働省の平成8年5月施行の「食品の栄養表示基準制度」による難消化性糖類のエネルギー換算係数において唯一0 kcal/g に設定されている (Table 3)⁴⁾。米国においてもその低カロリー性がFDA (アメリカ食品医薬品局) に認められ、0.2 kcal/g の表示が可能となっている。

これは、エリスリトールが小腸にて大部分が吸収されたのち、生体内で代謝されずに90%以上が速やかに尿中に排泄されるため、仮に大腸内に移行したエリスリトール (10%以下) の全てが発酵を受けたとしても、その最大エネルギーは0.2~0.3 kcal/kg にすぎない (Fig. 2)⁵⁾。このようにエリスリトールは、エネルギー摂取を制限したい人や肥満症の人の食生活改善に役立つ素材であり、嗜好食品のみならず、特定保健用食品としても利用できる素材である。

2・2 非う蝕性

エリスリトールは、マルチトールやキシリトールなど他の糖アルコール同様に、口腔内にいる虫歯菌 (*Streptococcus mutans*)、その他口腔細菌においても菌の発育および乳酸生成に基質として利用されず、不溶性グルカン (歯垢) の生成も認められない非う蝕性の甘味料である (Table 4)⁶⁾。

米国においてもFDAにその非う蝕性が認められ、食品ラベルに「う蝕を促進しない」との健康効能促進表示

Table 3 Energy of indigestible sugars (kcal/g)

エリスリトール	0
マンニトール	
ラクチュロース	
イソマルチトール	2
パラチニット	
マルチトール	
ラクチトール	
ソルビトール	3
キシリトール

Fig. 2 Metabolism of erythritol

Table 4 Non-cariogenicity of erythritol⁶⁾

甘味料	原材料	甘味料	う蝕原性			
			酸生成	非水溶性 グルカン 生 成	菌体凝集	動物う蝕
対照 砂糖 糖アルコール エリスリトール ソルビトール マルチトール 還元水飴 オリゴ糖 カップリングシュガー ネオシュガー (P)* パラチノース ラクチュロース	さとうきび等 ブドウ糖 ブドウ糖 麦芽糖 水飴 ショ糖と澱粉 ショ糖 ショ糖 乳糖	1 0.7~0.8 0.6 0.8 0.4 0.6 0.5 0.4 0.6	 - + - - +(-) ^c ±(-) ^d - -	 - - - - - - - -	 - - - - ±(-) ^c - - -	 - + - ± +(-) ^c ±(-) ^d ± ±

*: nystose 主体のフラクトオリゴ糖 ^c 主要成分の maltosylsucrose ^d 主要成分の nystose

Table 5 Maximum NOEL of polyols in laxative

糖質	最大無作用量		測定者
	男 (g/kg 体重)	女 (g/kg 体重)	
エリスリトール	0.66	0.8	奥ら
キシリトール	0.3	0.3	小泉ら
ソルビトール	0.15	0.3	小泉ら
マルチトール	0.3	0.3	小泉ら
フラクトオリゴ糖	-	0.34	奥ら
トレハロース	-	0.65	奥ら

を行うことができる糖アルコールの1つとして認められている⁷⁾。

2・3 緩下作用

一般に糖アルコールは一度に多量に摂取すると、一時的に下痢(緩下作用)を起こしやすい。これに対してエリスリトールは、90%以上が小腸で吸収されるため、消化管下部への到達量が少なく、他の糖アルコールに比べ下痢を起こしにくい特性をもっている (Table 5)^{8, 9)}。

3 エリスリトールの物理化学的特性

3・1 甘味度と甘味質

エリスリトールの甘味度は、ショ糖の約75%であり、すっきりとした爽やかな甘味質である。また、甘さの切れ味が良いため (Fig. 3)¹¹⁾、後味の残りやすい液糖や高甘味度甘味料と併用することで甘味質の改善を図ることが可能である (Table 6)¹¹⁾。

3・2 吸熱作用

エリスリトールは、結晶が溶解するとき高い吸熱作用を示す(溶解熱が大きい。Fig. 4)¹¹⁾。このため、結晶状態で食すると口の中で大きな冷涼感が得られる。

Fig. 3 Sweetness Profile¹¹⁾

3・3 耐熱性

一般に糖アルコールは、糖類と比較して耐熱性に優れているが、エリスリトールも他の糖アルコールと同様に耐熱性が高い。また、アミノ酸共存下でもメイラード反応を生じない (Fig. 5)¹¹⁾。

3・4 吸湿性

エリスリトールは、常温にて相対湿度90%の状態においても吸湿せず、取扱いの容易な甘味料である (Fig. 6)¹¹⁾。

Table 6 Effects of combined use on mixed solution of erythritol and stevioside¹¹⁾
(20℃)

No.		1	2	3	4	5	6	7
濃度 %	ST	0.050	0.034	0.027	0.020	0.014	0.009	0
	ERT	0	2.8	4.0	5.4	6.7	7.8	10.4
甘味相対比	ST	1	0.012	0.007	0.004	0.012	0.001	0
	ERT	0	1	1	1	1	1	1
官能評価	薬味 刺激的 苦味	やや 薬味 苦味	シヨ糖に近い甘味質					ラスト甘 味のキレ 早い

各水溶液の甘味度はシヨ糖 7% に相当

ST はステビオサイドの略 ERT はエリスリトールの略

Fig. 4 Heat of dissolution on each sweeteners¹¹⁾

Fig. 5 Thermal-induced coloration of sweeteners¹¹⁾ (density 30 W/W%, Time heated 1 hr)

3・5 溶解性

エリスリトールの溶解度は常温にて約 36% (w/w) である (Fig. 7)¹¹⁾。他の糖類と比較して低温での溶解度

Fig. 6 Moisture sensitivity of sweeteners¹¹⁾

はあまり高くないが、通常の飲料、食品等に使用する場合、あまり問題にならない。

3・6 浸透圧

エリスリトールの浸透圧は、1.861 mOsm/kg (20℃, 15 w/w%) と高く、浸透圧を利用した各種製品に応用できる (Table 7)¹¹⁾。

3・7 安全性

エリスリトールは、急性毒性試験、亜急性毒性試験、慢性毒性試験、変異原性試験等々の動物試験およびヒトでの臨床試験により、その安全性が確認されている。1996 年に米国の専門誌「Regulatory Toxicology and Pharmacology」に、各種毒性試験について専門家グループが評価した結果が掲載された¹⁰⁾。1997 年には、米国 FDA に GRAS (Generally Recognized As Safe) 物質で

Fig. 7. Water solubility of Sweeteners¹¹⁾

Table 7 Comparison of the osmotic pressure of various sugars¹¹⁾

糖質	浸透圧 (mOsm/kg)	指数
エリスリトール	1,861	320
ブドウ糖	1,051	182
ソルビトール	1,019	177
果糖ブドウ糖液糖	1,024	177
エスイー 600*	715	124
シヨ糖	577	100
マルチトール	549	95
ラクチトール	547	95

測定条件：温度 320℃，糖濃度 15%

指数：砂糖を 100 とした場合の比で示した

*：還元水飴（濃度 70%）

あると認定された。また、JECFA（FAO/WHO 合同食品添加物専門委員会）は ADI（一日摂取許容量）を特定していない。

4 エリスリトールの用途¹¹⁾

エリスリトールは、ノンカロリー、冷たい食感など、他の糖質には見られない多くの長をを活かし、数多くの製品に採用されている。さらには昨今の健康志向を背景として、あらゆる分野での低カロリー製品の検討、シュガーレス菓子などへの検討などが行われている。これらエリスリトールの長を活かした製品は継続的に開発さ

れていくものと思われる。以下にエリスリトールの利用例について紹介する。

4・1 シュガーレス菓子への利用

日本は欧米諸国に比べると虫歯の数が多く、その反省からチューインガム、キャンディ、タブレットなどのシュガーレス製品が開発され、コンビニエンスストアやスーパーの棚の一角を占めている。これらの製品にとってはエリスリトールの低吸湿性は好適である。

4・2 冷菓への利用

エリスリトールは、結晶粉末が水に溶解するときの吸熱作用が非常に高いため、その特性を利用して冷たい食感の菓子として利用されている。その代表例がキャンディであり、そのキャンディの中心に粉末のエリスリトールを封じ込め、食べているうちに溶けて冷たく感じるという特徴がある。

また、果汁とともにセンターに使用することで果汁感を増強させることを目的とした使用方法も知られている。このような形で用いられるエリスリトールは、顆粒タイプのものや微粉タイプのもので適宜使用されている。また、センターと共にキャンディのまわりにも微粉をまぶした製品もある。その他、タブレット、チューインガムなどにも冷たい食感が活かされ、特に、ラムネ菓子は崩壊性がよいため口の中で一気に溶け非常に冷たい食感が得られる。

4・3 卓上甘味料への利用

エリスリトールの甘味度は、砂糖の 75% 程度であるが、その甘味質が軽くあっさりとしており、先味の立ち上がり方が極めて早く、後味の切れが良いことから、呈味改良効果が注目されている。この長からエリスリトールを各種の高甘味度甘味料と組み合わせることにより、高甘味度甘味料特有の苦味などを改良することができ、その低吸湿性からもエリスリトールは顆粒タイプや角砂糖タイプの卓上甘味料として最適である。

また、ダイエット指向の食生活が広く浸透しつつあり、市場では、卓上甘味料の低カロリー化に対する要求が強くなっているが、この点でもエリスリトールは最も有用な素材のひとつである。

4・4 低カロリー飲料への利用

エリスリトールはカロリーを抑えた清涼飲料、美容飲料、ダイエット飲料、機能性飲料などの甘味料として最適である。これらの飲料には、高甘味度甘味料を使用する機会が多いが、エリスリトールとの併用により高甘味度甘味料の後味を抑え、砂糖に近いボディ感のある甘味を与えることができる。

実際に、カロリーコントロールしたスポーツ系飲料や食物繊維、ビタミン、ミネラルなどの栄養素を配合し、

Table 8 Effectiveness of use on carrot juice¹¹⁾

	青臭い	飲み易い	好き
人参ジュースのみ	14 (6)	2 (0)	2 (0)
人参ジュース+エリスリトール 0.5%	2 (0)	14 (6)	14 (6)
Ref. 人参ジュースのみ	9 (3)	8 (3)	8 (3)
人参ジュース+砂糖 0.375%	7 (3)	8 (3)	8 (3)

() 内は人参ジュースの嫌いな人の数

2点嗜好法, 16名 (人参ジュース好きな人: 10名/嫌いな人: 6名)

市販のキャロット 100% (レモン果汁入り) を使用

エリスリトールと砂糖の添加量は甘味度で合わせた

カロリーを抑制した栄養補助食品的な飲料に甘味料として幅広く使用されている。

また, 各種の粉末飲料に対しても応用が進んでおり, 優れた味質の低カロリー粉末飲料が商品化されている。

4・5 野菜飲料

最近の健康志向の高まりの中で, 野菜ジュース, 人参ジュースなどがスーパーの棚を賑わしているが, これらは, 概して青臭い物が多く, これを制御するために, 果汁との混合や香料の併用が試みられている。エリスリトールには, その独特のキレの良い甘味質から, 野菜ジュースに 0.5~1.0% 程度添加することで, 青臭みが抑制されることが確認されている (Table 8)¹¹⁾。

4・6 栄養ドリンク

清涼飲料水としての栄養ドリンクと医薬品としてのドリンク剤がこの範疇に含まれるが, どちらもビタミン類や生薬エキスなどが配合され, これらの味の改良にもエリスリトールの調味効果が期待できる。ビタミン類, 特に, B 群には苦味の強いものもあり, その苦味の抑制, ビタミン臭の抑制に効果がある。ビタミン類の配合濃度によっても異なるが一般に砂糖または異性化糖の 1~2% を置き換えることによって効果が発現する。また, 栄養補給したい一方で, 糖類やカロリーが気になるという消費者のニーズに対応するため, 低カロリー化を目的とした栄養ドリンクの開発も進められている。

4・7 ゼリー食品への利用, その他

エリスリトールは, 果汁や果実を配合したデザートゼリーや, クッキー, アルコール飲料はもとより, 病者用の低カロリー食品や特定保健用食品の素材としても適している。

4・8 医薬品添加物としての利用

エリスリトールは, 医薬品添加物としても利用でき, 平成 5 年 6 月に, エリスリトールを矯味剤として使用した医薬品の製造が承認されている。その後, 平成 7 年春には医薬品添加物事典・追補 1995 (日本医薬品添加物

協会編集・(株) 薬事日報 1995.2.28 刊) にも収載されている。

5 おわりに

消費者の健康への関心がますます高まる中, 低カロリーをコンセプトにした各種の食品が開発されているが, これらのカテゴリーの食品に対しても当然のことながら「おいしさ, 安全性」が要求される。エリスリトールは爽やかな甘味質をもっているばかりでなく, 高甘味度甘味料と併用することで, 優れた甘味システムを組み上げることが可能であり, 「おいしさ」という要求に対して適用範囲の広い食品素材であるといえる。また「安全性」という点でも代謝されにくいという特徴のため糖アルコールの中でも緩下性の最大無作用量が高く, 使いやすい素材であると言える。

エリスリトールが今後も食文化の向上に貢献することを期待したい。

文 献

- 1) 小田恒郎, 日下部正祐, 佐々木堯: 食品工業, **32** (4), 41 (1989).
- 2) 吉田博, 菅原龍幸, 林淳三: 日食誌, **31** (12), 765-771 (1984).
- 3) 新藤辰二, 佐々木義幸, 三木啓道, 江口通, 萩原清和, 市川富夫: 食衛詩, **29** (6), 419-422 (1988).
- 4) 平成 8 年 5 月 20 日, 厚生省告知第 146 号.
- 5) 奥恒行: 臨床栄養学会誌, **11** (2), 13 (1989).
- 6) 川名部淳, 池田正: 日大口腔科学, **16**, 27 (1990).
- 7) FR63653, Dec.2, 1997.
- 8) 丹羽弘司, 引地登, 桜井栄一, 植田公孝, 福勢元: 薬学雑誌, **101** (6), 567 (1981).
- 9) 奥恒行: 「難消化吸収性甘味糖質の緩下性と取り方」食品と開発, **35** (2), 7-9 (2000).
- 10) Regulatory Toxicology and Pharmacology, **24** (2), S191-S308 (1996).
- 11) 尾坂光亮: 糖アルコールの新知識, 早川幸男編, 食品化学新聞社, pp.107-118 (2006).