

糖アルコールの特長と『エナジーバー』への応用開発

荒川 朱子, 佐藤 礼菜, 栃尾 巧, 中村 圭伸

Ayako Arakawa, Reina Sato, Takumi Tochio, Yoshinobu Nakamura

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター

1. はじめに

近年、加工食品市場の中で生活スタイルの変化に伴う食事の簡便化と昨今の健康意識の高まりと相まって、栄養調整食品が多忙な生活のなかでも素早く摂取できる栄養バランスの取れた食品として注目を浴びている。栄養調整食品の一つである『エナジーバー』は携帯性の良さから手軽に栄養を補給できることで市場が著しく伸びている。『エナジーバー』は、スポーツをする際の栄養補給と疲労回復、忙しいときの食事の代替、日常における栄養の補給や非常食および、ダイエット中の栄養補給などを目的として摂取されている。

当社が取り扱っている糖アルコールは、現在さまざまな機能を利用しながら食品全般に幅広く使用されている(表1)。糖アルコールは『エナジーバー』にも利用可能であり、使

用の効果としては、高い安定性、エネルギー値のコントロール、高保湿性、結着性、低甘味、味質改善などが期待できる。

糖アルコールにはさまざまなタイプがあるが、当社では、エリスリトール、キシリトール、ソルビトール、マルチトール、還元水飴などを製造・販売している。本稿では、これらの糖アルコールの機能性を示すと共に、『エナジーバー』におけるアプリケーション開発例について紹介する。

2. 糖アルコールの基本物性

糖アルコールとは糖のアルデヒド基に水素を添加(還元反応)した糖質の総称であり、単糖アルコール(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)、二糖アルコール(マルチトール、ラクチトール)、水飴を還元した還元水飴などがある。

表1 糖アルコールの菓子および食品への利用例

用途	利用効果
餡, クリーム, ジャム	非着色性(耐熱性), 水分活性低下, 粘度調整, 砂糖析出防止
焼菓子, 和菓子	物性改善(ソフト化, 口溶け感), 保湿性, 冷凍変性防止
クリーム	味質改善(ざらつき緩和, コク増強)
甘納豆, 蜜漬品	浸透性, 砂糖析出防止, 保湿性
ガム, キャンディ, タブレット	シュガーレス, 冷涼感, 物性改善(硬さ調整)
飲料	非着色性(耐熱性・褐変防止), 機能性成分の安定化, 低カロリー, 低甘味(砂糖の甘味低減, 後味スッキリ, 素材の風味増強), 味質改善(高甘味度甘味料, 機能性成分, 刺激, 酢カド)
惣菜, 佃煮, 珍味	浸透性, 水分活性低下, 保湿性, 照り艶出し, 減塩(塩味・辛味増強)
水産練り製品	水分活性低下, 保湿性, 非着色性(耐熱性)
ハム, ソーセージ, 漬物, 味噌, ヨーグルト	水分活性低下, 非発酵性
タレ, ソース, ドレッシング	非着色性(耐熱性・褐変防止), 粘度調整, 低甘味(砂糖の甘味低減, 後味スッキリ, 素材の風味増強), 味質改善(高甘味度甘味料, 機能性成分, 酢カド, 塩味, 辛味, 旨味)

表2 還元水飴の分類と特性

	高糖化	マルチトール シラップ	中糖化	低糖化
	スイートP EM エスイー600	スイートG2 エスイー20	スイートOL エスイー57, 58	スイートNT エスイー30, 100
重合度	小			大
保湿性	高			低
水分活性値	低			高
照り艶出し	低			高
浸透性	高			低
粘度	低			高
甘味度	高			低
甘味の立ち	早			遅
甘味のキレ	早			遅

還元水飴は一般には原料である澱粉の加水分解の程度(糖化度)により分類される。当社では、糖化度の高い水飴を原料としたものを高糖化還元水飴、糖化度の低い水飴を原料としたものを低糖化還元水飴、中間のものを中糖化還元水飴として分類している(表2)。

糖アルコールは種類により、さまざまな特性を有するが、すべての糖アルコールにおける共通する特性を以下に示した。

1) 高い安定性：

糖アルコールは、150℃でもほとんど分解、着色せず、熱に対する安定性を有している。これは、反応性の高いアルデヒド基が、水素添加(還元反応)によってアルコール性ヒドロキシ基に変化しているため、タンパク質やアミノ酸が共存する場合に起こる褐変、いわゆるメイラード反応を起こさない。酸、アルカリに対する安定性も有しており、分解、着色は極めて少ない(写真1)。

2) 難資化性：

糖アルコールは、ブドウ糖・果糖・水飴などの糖類と比較して、酵母・細菌などの微生物

物により利用されにくい性質を持ち、使用した食品の保存性を向上させることができる。また、キシリトールは虫歯の原因にならない甘味素材として非常に有名であるが、他の糖アルコールについても菌垢や酸生成の原因とならず虫菌になりにくい特長を持つ。

3) 低エネルギー：

糖アルコールは全般的に砂糖よりエネルギー値は低い。そのエネルギー値は、糖アルコールの種類、糖組成により異なる。例えば、還元水飴の場合は、構成糖であるソルビトール(単糖アルコール)が3kcal/g、マルチトール(二糖アルコール)とマルトトリイトール(三糖アルコール)が2kcal/gと低いため、砂糖や水飴と比較すると、一般的には還元水飴の方がエネルギー値は低い。

3. 取扱い糖アルコール例と機能の紹介

1) ソルビトール

代表的な糖アルコールであり、食品や非食品用途において世界で最も使用されている。海藻類や果実類(梨、リンゴ、プルーンなど)に比較的多量に含まれている天然の糖アルコールである。ソルビトールは、ブドウ糖を原料として水素添加することにより製造される。液状品と粉末品があり、甘味度(砂糖の甘さを100とした時の相対的な甘さ(固形分当たり))は60で、高保湿、低水分活性、高浸透性の特長を持つ。

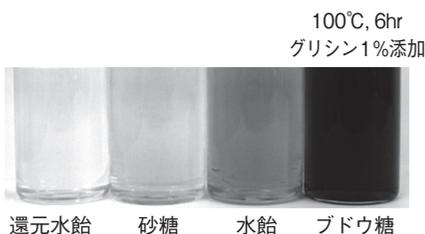


写真1 還元水飴の非着色特性

2) エリスリトール

メロンや梨、味噌、ワイン、キノコ類などに含まれている。ブドウ糖を原料に発酵で製造されるカロリーゼロの甘味料(0kcal/g)として、低カロリー化する目的で飲料や健康食品に利用されている。水に溶解する際に吸熱作用が非常に高く、粉末品で食すると口の中で冷涼感が得られる。また、甘味度は75で砂糖に比べ、甘味の立ちとキレが非常に良いことから、矯味矯臭効果を有し、高甘味度甘味料の後引き、ビタミン臭、野菜の青臭みなどの嫌な味の抑制効果がある。

3) 還元水飴「スイートシリーズ」

日本における還元水飴の始まりは「エスイー57」が発売された1965年に遡る。食品素材として扱われる還元水飴は、年々需要が増加し、さまざまな特長を持つ還元水飴「エスイーシリーズ」へと展開してきた。さらに当社は、「エスイーシリーズ」にはない低甘味で低粘度という相反する特長で他社製品とは異なる「スイートシリーズ」を2000年に発売した。以下に、当社の「スイートシリーズ」を紹介する(表2)。

「スイートG2」は二糖であるマルチトール(還元麦芽糖)を主成分とする還元水飴(マルチトールシラップ)で、還元水飴の中で最もエネルギー値が低い(砂糖の約半分)。甘味度は約70で、砂糖よりも甘味のキレが良く、エリスリトールよりも膨らみ(コク)のある甘味質を特長とする。

「スイートOL」は甘味度が約50の低甘味で、二糖、三糖を主成分とする中糖化還元水飴である。高分子をカットすることで、砂糖に極めて近く、かつ、従来の「エスイーシリーズ」よりも後味のキレが良い甘味質を実現した。砂糖の一部をスイートOLに置き換え、糖度(糖の固形分)を変えずに低甘味化することで、おいしさを変えずに砂糖の甘味に隠れていた素材本来の風味を引き立たせることができる。また、甘さをそのまま糖度

を高めることが可能なため、結果として食品の日持ち向上に繋がる。

「スイートNT」は甘味度が砂糖の約30%と低甘味で、三〜六糖を主成分とする低糖化還元水飴である。七糖以上(高分子部分)を極力カットすることでハンドリングを改善し、かつ糊っぽい後味を無くし、従来の「エスイーシリーズ」にはない低甘味で低粘度を実現した。砂糖よりも伸びのある甘味質であるため、配合する素材との相性により、素材の風味を官能的にエンハンス(増強)またはマスキング(低減)する効果を有する。ボディ感やコクのエンハンス効果(例えば、ミルク、チョコレート)や、素材の嫌な風味のマスキング効果(例えば、酸の刺激、豆の雑味や臭み、特許第4922740号)、不溶性成分のざらつきを改善し滑らかな食感に変える効果(例えば、ココア、抹茶、特許第4621408号)などがある。

「スイートPEM」は、当社独自の粉末製法により、世界に先駆けて開発に成功した粉末還元水飴である(特許第3905321号)。単糖、二糖が主体の高糖化還元水飴である「エスイー600」は、ソルビトール(食品添加物)に次ぐ高保湿、高浸透性、低水分活性という利点を持ちながら食品扱いであることで市場を伸ばしてきた。しかし、その物質特性上、高糖化還元水飴の粉末化は不可能であるといわれてきたが、同一結晶中にソルビトールとマルチトールが共存する「共晶体」という特殊な結晶構造を持たせることで粉末化に成功した。共晶体であることから、ソルビトールの特長である高保湿性、高浸透性、低水分活性と、マルチトールの甘味質を併せ持つ。甘味度が65で、ソルビトールとマルチトールの各々単体と比べ後味が無く、立ちおよびキレの良いスッキリとした甘味質を示す。この甘味の立ちの良さには、素材の風味をエンハンスする(例えば、塩味、酸味)効果があり、一方で、素材の嫌な味質をマスキングする(例えば、野菜の青臭み、ビタミン臭)効果があ

る。他の糖アルコール粉末に比べ、「スイートP EM」は低融点で溶解速度が速いため作業性が良く、口どけも良い。また、還元水飴製品群の中では唯一の粉末製品で、計量などの作業性が良好であり、かつ、一度溶解すると再結晶を起こさないため、『エナジーバー』のような低水分食品の処方においても水分の調整が可能である。

4. 糖アルコールによる『エナジーバー』への応用例

当社はさまざまな特性を持つ糖アルコールを取り揃えているため、各社の多種多様な商品設計に対応することが可能である。

糖アルコールで『エナジーバー』を調製した処方の特長と、参考として配合例を示した。

1) シリアルキャンディバー：(表3)

シリアル(グラノーラ、シードミックス、ライスパフ)、をビタミン入りキャンディ生地で固めた配合。コントロール処方(砂糖、水飴)よりも糖アルコール処方(スイートG2、エスイー30)は加熱しても安定であり、また低甘味になるため、シリアル素材の素朴な味をエンハンスした。スイートG2を配合することで甘味の立ちを良くし、エスイー30を配合することでキャンディの保存安定性を改善した。

表3 シリアルキャンディバー配合例

原材料(重量g)	コントロール処方	糖アルコール処方
【キャンディ】		
砂糖	30.0	—
水飴(75%液)	26.7	—
スイートG2(70%液)	—	35.7
エスイー30	—	35.7
ビタミンプレミックス*1	0.4	0.4
水	14.7	—
【シリアル】		
グラノーラ	30.0	30.0
ライスパフ	10.0	10.0
シードミックス	10.0	10.0
合計	121.8	121.8
出来上がり量	100	100

*1: ビタミンプレミックス0.3g中には、1日当たり栄養素等表示基準値(日本人の食事摂取基準(2015年版))を満たすビタミン11種が含まれている。当処方25gで約1/3日分のビタミンが摂取できる。

表4 チョコレートバー配合例

原材料(重量g)	コントロール処方	糖アルコール処方
【チョコレート】		
砂糖	12.5	—
スイートP EM	—	6.5
エリスリトール	—	6.0
カカオマス	25.0	25.0
カカオバター	12.3	12.3
乳化剤	0.2	0.2
ビタミンプレミックス*1	0.5	0.5
【シリアル等】		
シードミックス	20.0	20.0
ライスパフ	15.0	15.0
ドライフルーツミックス	15.0	15.0
出来上がり量	100.5	100.5

*1: ビタミンプレミックス0.3g中には、1日当たり栄養素等表示基準値(日本人の食事摂取基準(2015年版))を満たすビタミン11種が含まれている。当処方20gで約1/3日分のビタミンが摂取できる。

2) チョコレートバー：(表4)

シードミックス、ライスパフ、ドライフルーツ、ビタミンをチョコレートで固めた配合。コントロール処方(砂糖)よりも糖アルコール処方(スイートP EM、エリスリトール)は低甘味になるため、シリアルやフルーツなどの素材の味を増強した。砂糖よりも甘味のキレが非常に良いので、カカオの苦味や、ビタミン臭を低減した。

3) グラノーラクッキーバー：(表5)

大豆粉、全粒粉、グラノーラ、ドライフルーツ、ビタミンを配合したクッキー。コントロール処方(砂糖)よりも糖アルコール処方(ス

表5 グラノーラクッキーバー配合例

原材料(重量g)	コントロール処方	糖アルコール処方
砂糖	20.0	—
スイートP EM	—	20.0
薄力粉	14.0	14.0
大豆粉	14.0	14.0
全粒粉	12.0	12.0
コンパウンドマーガリン	13.0	13.0
卵	13.0	13.0
ドライフーツミックス	9.0	9.0
グラノーラ	5.0	5.0
ビタミンプレミックス*1	0.5	0.5
合計	100.5	100.5
焼減率(%)	8	8

*1: ビタミンプレミックス0.3g中には、1日当たり栄養素等表示基準値(日本人の食事摂取基準(2015年版))を満たすビタミン11種が含まれている。当処方20gで約1/3日分のビタミンが摂取できる。

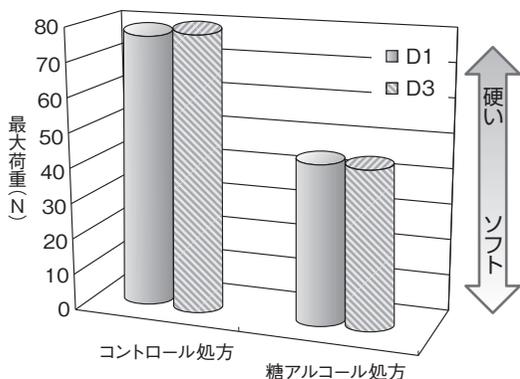


図1 グラノーラクッキーバーの硬さの経時変化 (室温保存, n=6)

イートP EM)の焼成前のクッキー生地は纏まりやすく作業性が改善した。焼成後のクッキーの食感は糖アルコール処方の方がソフトで口どけが良好でしっとりとなった。焼成後のクッキーの破断強度を調べてみると、製造1日後(D1), 3日後(D3)において糖アルコール処方はコントロール処方より最大荷重は低く、また、ほとんど経時変化がないという結果が得られた(図1)。これらは糖アルコール処方の方がソフトな口どけ、しっとり感が持続するという官能評価と一致した。また、砂糖よりも低甘味になるため、シリアルやフルーツの素材の味を増強し、砂糖よりも甘味のキレが良いので、ビタミン臭を低減した。

表6 バナナブラウニーバー配合例

配合(重量)	コントロール処方	糖アルコール処方
砂糖	25.0	12.5
エスイー 600 (70%液)	-	17.9
薄力粉	28.0	28.0
ココアパウダー	2.0	2.0
バナナフレーク	15.0	15.0
ショートニング	15.0	15.0
卵	6.0	6.0
カカオマス	3.5	3.5
香料	0.1	0.1
ビタミンプレミックス*1	0.4	0.4
水	5.4	-
合計	100.4	100.4
焼減率(%)	4	4
水分活性(25℃)	0.61	0.57

*1: ビタミンプレミックス0.3g中には、1日当たり栄養素等表示基準値(日本人の食事摂取基準(2015年版))を満たすビタミン11種が含まれている。当処方25gで約1/3日分のビタミンが摂取できる。

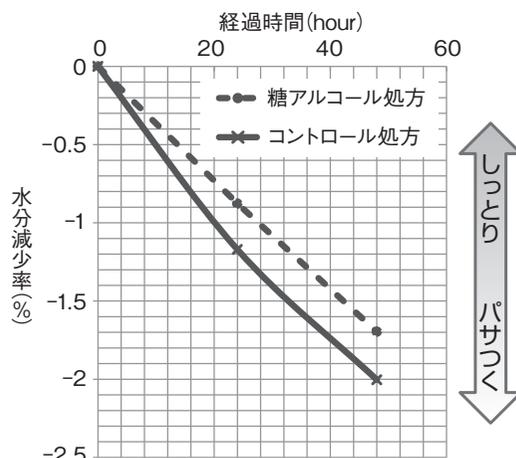


図2 バナナブラウニーバーの水分減少 (20℃・相対湿度33%保存, n=4)

4) バナナブラウニーバー：(表6)

バナナフレーク、ビタミンを配合したブラウニー。コントロール処方(砂糖)よりも糖アルコール処方(エスイー 600)のブラウニーは、ソフトで口どけが良く、焼成48時間後においてもしっとり感が持続した(図2)。また、砂糖よりも低甘味で、バナナ風味が良好になる。砂糖よりも、甘味のキレが良いのでビタミン臭を低減した。

5. おわりに

本稿では、汎用のソルビトールから、カロリーゼロのエリスリトール、消費者ニーズ対応型の低甘味・低粘度を特長とする還元水飴「スイートシリーズ」まで幅広くご紹介させていただいた。当社は、上述した還元水飴以外にも、従来からある「エスイーシリーズ」を販売しており、約50年に渡り蓄積してきた糖アルコールに関する多様な知見を有している。今後も新たな糖アルコールの開発、食品への応用を通じて、食品科学の発展に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 早川幸男：糖アルコールの新知識(2006)。
- 2) 河野宏行：月刊フードケミカル、還元水飴の特性と

利用法, (1999).

- 3) 間瀬桐永, 河合夕美子: 食品工業, 51 (13), 67-73 (2008).
- 4) 蓑田香奈子, 栃尾巧, 渡邊重夫: 月刊フードケミカル, 還元水あめの特長と粉末還元水あめスイート P EM の紹介 (2015).

あらかわ・あやこ

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター
 椋山女学園大学家政学部食学科食物学専攻卒業。管理栄養士。

さとう・れいな

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター
 名古屋大学大学院生命農学研究科博士課程 (前期課程) 修了。

とちお・たくみ

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター 副センター長
 広島大学大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。

なかむら・よしのぶ

物産フードサイエンス株式会社 研究開発センター センター長
 岐阜大学大学院農学研究科修士課程修了。

世界唯一! 粉末高糖化還元水飴

スイート P EM

ソルビトールとマルチトールの特長を併せ持つ
粉末タイプの高糖化還元水飴です。

塩味の増強による食品の減塩に効果あり
(特許第 4777860 号)

香辛料の風味アップ効果 **すっきりとした良好な甘味質**

高い溶解性により作業性向上 **低水分活性**

食品扱いの粉末糖アルコール
(表示例: 還元水飴または粉末還元水飴) **高浸透性**

高保湿性

スイートシリーズ

.....

スイート NT

- 雑味の無い低甘味
- ココア等のざらつき防止 (特許第 4621408 号)
- カカオの風味向上 (特許第 4804316 号)
- 豆乳のエグ味改善 (特許第 4922740 号)
- コーヒー・紅茶・抹茶・ミルクの風味向上 (特許第 5342754 号)

.....

スイート OL

- 砂糖に非常に近い甘味質
- 甘味度は砂糖の約半分
- 和洋菓子の低甘味化に最適

.....

スイート G2

- 切れの良い甘味質
- 低カロリー (155kcal/100g)
- 甘味度は砂糖の約 70%

スイート P EM の結晶 = 共晶体

ソルビトール

マルチトール

スイート P EM は同じ結晶の中にソルビトールとマルチトールが共存する「共晶体」という特殊な結晶体です。
(特許第 3905321 号)

こんな用途に

- ・粉末調味料
- ・洋菓子
- ・畜肉加工品
- etc...

お問い合わせ先 **BF FOOD SCIENCE**
物産フードサイエンス株式会社

東京 TEL 03(6202)2132 大阪 TEL 06(6226)2791
<http://www.bfsci.co.jp>