

# オリゴ糖開発と酵素

客員教授 茶園 博人

(株)林原生物化学研究所 開発センター チーフディレクター

## 1. はじめに

近年、健康との関わりで糖質の機能性（生理機能あるいは生体調節機能）が評価されるようになり、種々の機能性オリゴ糖が多くの食品に利用されている。本来、糖質はエネルギー源としての一次機能、食品の味や物性などに関わる二次機能だけで捉えられていた。1970年代から種々のオリゴ糖が開発され、非う蝕性、腸内菌叢改善作用（ビフィズス菌増殖促進性、整腸作用）、ミネラル吸収促進作用、免疫賦活作用など、糖質の生理機能あるいは生体調節機能、すなわち三次機能に関する研究が活発になり、多くの機能性オリゴ糖が開発されている。

これらオリゴ糖の製造には、ほとんどの場合酵素が利用されている。その背景には、多くの糖質関連酵素の発見とその利用技術の発展が寄与していることは言うまでもない。ここでは、オリゴ糖開発における酵素の利用、役割を中心に紹介する。

## 2. オリゴ糖の製法

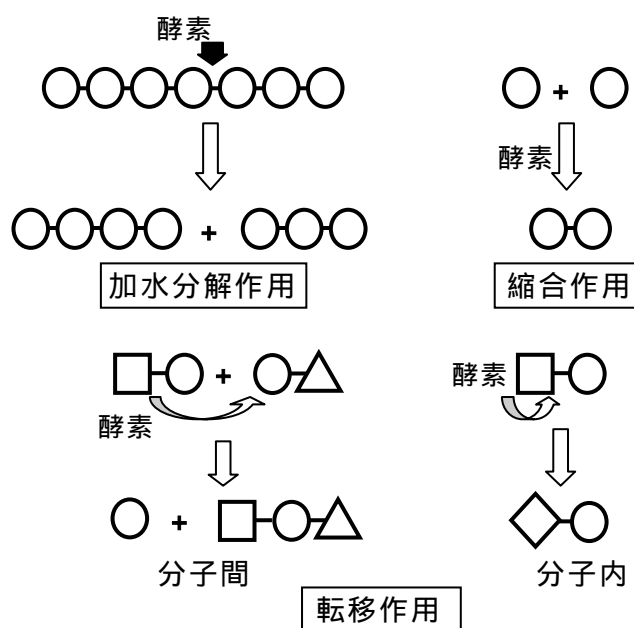
現在までに開発されている単糖、オリゴ糖、糖アルコールは、研究段階のものも含めるとかなりの数にのぼるが、工業的に食品用素材として利用されている糖質製品は30種類ぐらいである。原料別に、製造されている単糖・オリゴ糖及びその製法について表にまとめた。原料は安価で入手しやすい澱粉、砂糖、乳糖などであり、ほとんどのオリゴ糖が酵素法により製造されている。酵素を用いる利点は、化学合成に比べ製造工程の反応条件がおだやかで特殊な装置を必要としないこと、特異性が高く目的とする糖質を効率よく生成できること、安全・安心の製品づくりが確保しやすいこと、などである。

オリゴ糖の製造では、酵素の加水分解作用、縮合作用、糖転移作用を利用している（図）。

他にオリゴ糖の製法として、甲殻類の外殻成分キチンからのキチンオリゴ糖や、大豆ホエーからのオリゴ糖などのように、酸分解による方法や、分離・精製操作により製造する方法もある。

## 3. 酵素を利用したオリゴ糖の開発

酵素を利用して新しいオリゴ糖を開発するときの手段として、大きく二つの考え方がある。ひとつは、既存の酵素を用い酵素反応条件を工夫して開発するやり方である。この場合は、原料の種類を変える、原料の組み合わせを変える、原料の濃度を変える、酵素の作用量を極端に変えるなど、反応条件を工夫することにより、新しいオリゴ糖の開発が可能となる。



図．酵素法によるオリゴ糖開発

もうひとつのオリゴ糖開発の手段は、全く新しい酵素を自然界に検索するというやり方である。この場合、微生物を対象に検索するのが一般的である。これは、工業化のためには大量の酵素が必要で、酵素生産性を高めることが必須となるが、微生物の場合、酵素生産性を高めるための育種が比較的短期間に実施できるからである。また、自然界には未知の微生物の方が、既知微生物よりはるかに多く存在していると言われており、その中に有用な微生物が存在する可能性は高い。筆者の所属する林原生物化学研究所では、新規な酵素を自然界の微生物の中に探索し、澱粉を原料としてトレハロースや環状四糖などの機能性糖質を開発している。

表．単糖・オリゴ糖の原料別分類と製法

原料	製法	酵素	単糖・オリゴ糖
澱粉	酵素：分解	グルコアミラーゼ	ブドウ糖（グルコース）
	酵素：分解	-アミラーゼ	麦芽糖（マルトース）
	酵素：分解	液化型，糖化型 -アミラーゼ	マルトオリゴ糖
	酵素：転移	マルトース液に -グルコシダーゼ	イソマルトオリゴ糖
	酵素：転移，分解	マルトオリゴシルトレハロース生成 酵素とトレハロース遊離酵素	トレハロース
	酵素：転移	-グルコシダーゼ	ニゲロオリゴ糖
	酵素：転移	CGTase	シクロデキストリン
澱粉 ブドウ糖	酵素：縮合，転移	-グルコシダーゼ	ゲンチオオリゴ糖
シヨ糖	酵素：転移	-グルコシルトランスフェラーゼ	パラチノース
	酵素：転移	-グルコシルトランスフェラーゼ	トレハロース
	酵素：転移	-フラクトフラノシダーゼ	フラクトオリゴ糖
乳糖	水素添加	-	-
	異性化反応	-	ラクチュロース
	酵素：転移	-ガラクトシダーゼ	ガラクトオリゴ糖
澱粉 + シヨ糖	酵素：転移	CGTase	グルコシルスクロース （カップリングシュガー）
シヨ糖 + 乳糖	酵素：転移	-フラクトフラノシダーゼ	ラクトスクロース （乳果オリゴ糖）
ビート糖蜜	分離	-	ラフィノース
キシラン	酸分解	-	キシロース
	酵素：分解	ヘミセルラーゼ	キシロオリゴ糖
キチン	酸分解	-	キチンオリゴ糖
キトサン	酸又は酵素分解	キトサナーゼ	キトサンオリゴ糖
マンナン	酸分解	-	マンノオリゴ糖
大豆ホエー	分離精製	-	大豆オリゴ糖 （ラフィノース、スタキオース）

#### 4．おわりに

以上のように、オリゴ糖開発に酵素は欠かせない存在となっている。さらに、オリゴ糖開発においては、目的とする成分を効率よく生成する系を確立することが肝要である。食品としての物性的機能や、生理的機能性がいくら優れていても、高価すぎては使ってもらえない。今後も酵素を利用した新しいオリゴ糖の開発や、それを水素添加した新しい糖アルコールの開発がなされ、それに伴い糖質の生理的機能に関する新たな知見が得られ、これらの研究開発を通じて健康により良いものが生み出されるものと期待される。