

琉球大学学術リポジトリ

[総説]サイクロデキストラン(CI)混合抗う蝕性甘味食品の開発

メタデータ	言語: 出版者: 南方資源利用技術研究会 公開日: 2014-10-26 キーワード (Ja): 抗う蝕作用, 糖アルコール, イソマルトオリゴ糖, 不溶性グルカン, 包接機能 キーワード (En): 作成者: 宮城, 貞夫, 中地, 昌顧, 儀部, 茂八, MIYAGI, Sadao, NAKACHI, Masami, GIBU, Shigehachi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002016623

サイクロデキストラン (CI) 混合抗う蝕性甘味食品の開発

宮城 貞夫・中地 昌願・儀部 茂八

*株式会社シー・アイ・バイオ

Development of sweetness foods which added Cycloisomaltoligosacchrides (Cyclodextran) with dental caries prevention efficacy

Sadao MIYAGI, Masami NAKACHI, Shigehachi GIBU

C.I. Bio Co., Ltd.

Keywords : 抗う蝕作用, 糖アルコール, イソマルトオリゴ糖, 不溶性グルカン, 包接機能

1. はじめに

う蝕（虫歯）の発生は、砂糖や加工デンプンなど糖質の摂取が主要な原因とされているが、厳密には、原因微生物、食物、歯質および時間の4因子が関わる多因性の感染症疾患である。う蝕を有効に予防するためには、正しいブラッシング法による毎食後の口腔清掃に加えて、①原因菌であるミュータンスレンサ球菌の集落化を防ぎ、う蝕原性プラーク（不溶性グルカン）の形成固着を抑制する、②グルカン合成の基質となる砂糖や酸産生の基質となる糖質の摂取量と摂取回数を制限する、③酸による脱灰作用を受け難いように歯質を強化または保護する、などの異なった複数の手法を組合わせた予防措置が必要となる。特に、砂糖の摂取量を制限することは、う蝕予防には有効な手段と言えるが、しかし、砂糖は単に甘味料というよりも食品として日常的に多く摂取されており、以下の優れた性質を有している。①自然界で大量に生産される甘味料としては、最も甘いものの1つであり、極めて好ましい甘味がある、

②熱に安定で加熱しても甘さは変わらない、③体内で素早く吸収されてエネルギー源となる、④極めて安価である、⑤精製が容易である、⑥防腐作用がある、⑦利用される食品の加工性を向上させる、などである。しかし、砂糖には上記のごとく、う蝕の主要原因食品であるという欠点があることから、この砂糖に代わる甘味料として、これまでに様々なタイプの代替甘味料が開発されてきた。このうち、以前は、人工甘味料のように、砂糖よりも甘味度あたりの単価が安いものが主流であったが、近年は健康志向の高まりから、単価が砂糖よりも高く甘味度が低い甘味料が、う蝕予防あるいは肥満防止を謳って市場に出てきた。現在、う蝕予防（虫歯にならない、あるいは虫歯になりにくい）を謳った市販甘味料としては、①人工甘味料（サッカリン、アスパルテーム、アセスルファムK、スクラロース等）、②糖アルコール（ソルビトール、マルチトール、エリスリトール、パラチニット、キシリトール等）、③砂糖の構造異性体（パラチノース、トレハロース等）、④グルコシルオリゴ糖（パノース、イソマルトース等）などがある。これらの中で、人工甘味

*沖縄県西原町86番地

料には、う蝕誘発能は認められないが、安全性、安定性、低カロリーなどの点からう蝕予防のための代替糖としての用途は限られている。糖アルコール類は、非う蝕誘発性の甘味料として近年その消費量が増えているが、価格が高く、一過性の下痢を誘発することや、エネルギー補給の問題、脳への唯一の栄養源であるグルコースの供給ができない点などを考えると、特に小児・青少年に対する、う蝕予防のための代替糖としては、やや問題がある。砂糖の構造異性体であるパラチノースは、自身が非う蝕原性であるだけでなく、砂糖が誘発するう蝕を若干ながら抑制する働きも認められている。また、大量に摂取しても下痢を起こすことはなく、摂取すると砂糖と同様にグルコースとフルクトースに分解されてエネルギー源となる。このように、パラチノースは代替糖として優れた性質を有するが、甘味度が砂糖の半分以下で、価格が3倍程度もするなどの欠点がある。最後に、グルコースが α -1,4あるいは α -1,6結合した2糖あるいは3糖類のパノースやイソマルトースなどのグルコシルオリゴ糖であるが、これらのオリゴ糖は、パラチノースと同様に、ミュータンスレンサ球菌による砂糖からの不溶性グルカン合成を抑制する作用があり、その他ピフィズス菌増殖機能も有すると言われているが、砂糖と同じく酸産生性が高く、う蝕予防剤としては問題がある。

このように、う蝕予防のための代替糖として、完全に砂糖と代わりうる優良な甘味料は未だ登場していない。砂糖が食品として極めて優れた性質を有することから、食品中の砂糖を全て代用糖に置き換え

るのではなく、前述の様々な特性を有する甘味料を、それぞれの特性を生かしながら混合利用し、砂糖を適正に用いることにより食品全体のう蝕誘発能を低下させることが有効な手段であると考えられる。以上の考えの上に立って、当社が開発中のサイクロデキストラン (CI) の特性と実用化に向けた取組みについて紹介する。

2. サイクロデキストラン (CI) とは

サイクロデキストラン (CD) は、*Bacillus circulans* sp. T-3040株などが生産する酵素によりデキストランまたはデンプンから合成可能であり、7~12個のグルコースが α -1,6グルコシド結合で環状に連結した新規な環状イソマルトオリゴ糖である。7個のグルコース重合体CI-7の構造式を図-1Aに、図-1Bに工業的に広く利用されている包接機能を持つグルコース α -1,4グルコシド結合からなる環状体サイクロデキストリン (CD) の7重合体 β -CDの構造式を対照として示した。CIはCDより環の口径が大きく厚さが薄いたらい状の立体構造を有し、無色、無味、無臭で水溶性が高く、糖質ながら甘味度はほとんどない。構造上末端基を持たないため還元性はなく、化学的に安定であり、加熱や酸、アルカリにも強い。エンド型デキストラナーゼによりグルコースとイソマルトースにまで分解される。CIには、う蝕菌による砂糖からの不溶性グルカン合成を強く阻害する作用があることが判っており、また、高分子CIのCI-10には、 γ -CDをしのぐ高い包接能があることが判ってきた。

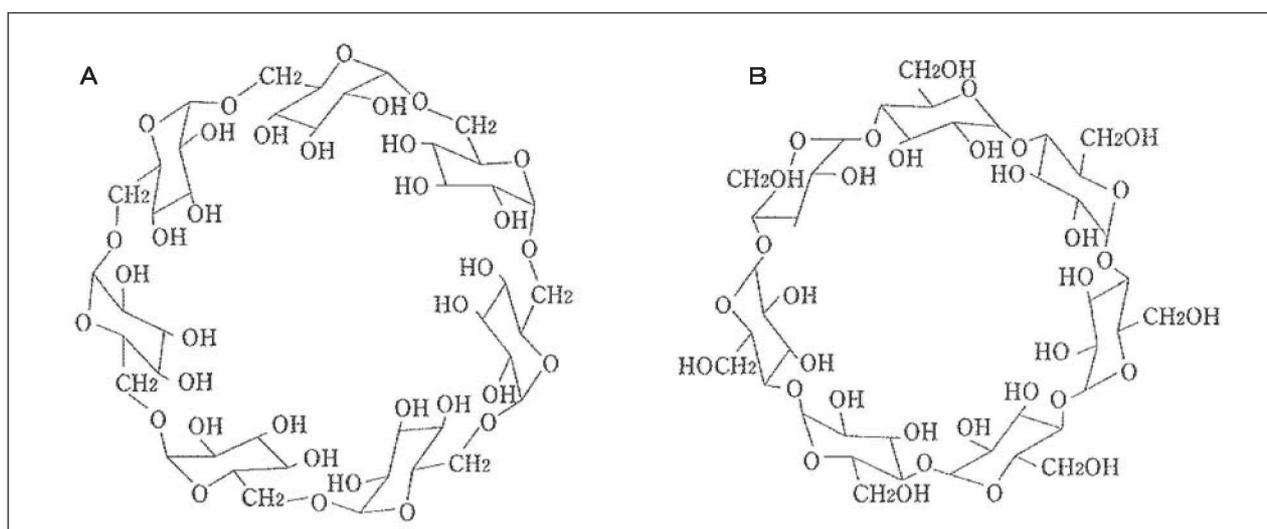


図-1 (A) サイクロデキストランCI-7と

(B) サイクロデキストリン β -CD

3. サイクロデキストラン (CI) の製造法

サイクロデキストラン (CI) は、ショ糖あるいは直接デンプンからも製造可能であるが、このうち、ショ糖から製造する場合については、まず、*Leuconostoc* 属菌などが生産するデキストラン合成酵素が、ショ糖を分解してフルクトースを遊離するとともに、グルコース部分を転移して主として α -1,6結合からなる α -グルカン (デキストラン) を合成する。ついで、デキストランの α -1,6直鎖部分に *Bacillus circulans* sp. T-3040株などが生産する酵素 (サイクロデキストラン合成酵素) が作用し、分子内転移反応で環状イソマルトオリゴ糖、CI が合成される (図-2)。

CI を低コストで効率良く生産するシステムを開発するために、平成13年から平成17年にかけて、翔南製糖㈱を中心に、食品総合研究所や㈱トロピカルテクノセンター、大阪樟蔭女子大学などが共同で、デキストラン高生産菌や高活性のサイクロデキストラン合成酵素生産菌の育種をはじめ、う蝕抑制効果試験に基づいた CI の分離精製方法開発など、実用化へ向けた研究開発を行ってきた。CI の事業化のために、平成18年2月に当社が設立され、引き続き開発を継続しているが、CI を食品として利用することを考えた場合、コスト低減が何よりも求められることから、原料に高価な精製糖を用いるのではなく、より安価なデンプンからの製造を試みることになった。既に、平成18年12月にデンプンを使ったサイクロデキストランの製造方法について、(独)農業・食品産業技術総合研究機構、(株)シー・アイ・バイオ、および(学)樟蔭学園 (大阪樟蔭女子大学) と共同で特許出願している。ショ糖を原料にした場

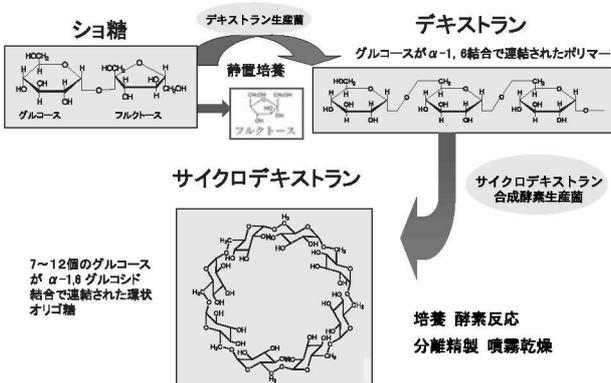


図-2 ショ糖からのサイクロデキストランの酵素合成

合、デキストランを合成する際に、フルクトースは用いられないので、これが副産物として大量に産出することになるが、デンプンは全て CI に転換可能なグルコースから成るので、無駄が無く、理論上、収率は2倍となる。また、デンプンはショ糖に比べて安価であり、工程も2段階から1段階反応へと簡便になるなどコスト低減効果は大きい。現在、実用化へ向けた様々な製造実験とサンプル試作を行っているところである。

4. サイクロデキストラン (CI) の抗う蝕作用

4-1 う蝕発生のメカニズム

う蝕 (虫歯) は、図-3に示すようなメカニズムによって発生するとされる。これは、現大阪大学歯学部教授の浜田茂幸博士によって20数年前に解明され、世界の歯学界から絶賛された成果であるが、う蝕はまず、口腔内の *S.mutans* 菌などのう蝕原因菌が、グルカン合成酵素 (GTF: グルコシルトランスフェラーゼ) の作用で、ショ糖を基質として不溶性のグルカンを合成し、これが歯に付着し、菌体とグルカンの結合により歯垢 (プラーク) が形成される。一方で、これらのう蝕菌がショ糖を資化して乳酸を生成し、歯のエナメル質がこの酸によって脱灰を受けることによって虫歯となるとされている。

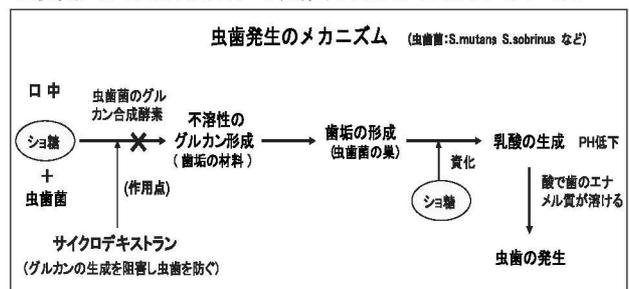


図-3 虫歯発生のメカニズムと CI の作用点

4-2 サイクロデキストランの抗う蝕作用

本稿の冒頭に記したように、う蝕の発生は、原因微生物、食物、歯質および時間の4因子が関わる多因性の感染症疾患であるため、これを防ぐには原因のいずれかを取除くことが有効となる。すなわち、①歯垢の形成を抑制する、②歯垢や酸生成の基質となる糖質の摂取量を制限する、③酸による脱灰作用を受け難いように歯質を強化または保護するなどである。CI は、このうちの歯垢の原因となる不溶性

グルカン合成酵素 GTF の働きを強く阻害する作用があることが明らかになっている。これまでに、元食品総合研究所の小林幹彦博士や野田産業科学研究所の小熊哲哉博士、食品総合研究所の舟根和美博士らが行った研究によれば、*S.mutans* 菌の GTF を用いた試験管内の試験で、同じく不溶性グルカン合成阻害作用があると言われているパラチノースが 50mM の濃度で不溶性グルカンの形成を約 7% しか阻害しなかったのに対し、CI-8 は、5 mM で約 75% 阻害したとの報告がある。さらに、日本大学松戸歯学部の福島和雄博士、国立保健医療科学院口腔保健部の今井奨博士らの研究によれば、ショ糖 0.1~10% 濃度に対して、0.1% (0.8mM) 以上の CI-7 により顕著な人工プラーク抑制が認められ、また、ラットを用いた動物試験において、0.1% CI 混合物を添加したう蝕誘発食 (56% ショ糖含有) で飼育した *S.mutans* 菌感染ラットのう蝕スコアは CI 無添加飼料で飼育した同ラットのう蝕スコアより有意に低いという結果の報告がある。これらの研究結果により、CI は、*S.mutans*、*S.sobrinus* および *L.mesenteroides* 由来の調べられた全ての GTF 標品のグルカン合成活性とスクラーゼ活性を強く阻害し、人工プラーク形成を効果的に抑制、その阻害反応は GTF に特異的であり、タンパク質、唾液、ショ糖などが高濃度に存在しても影響を受けず、高濃度にショ糖を含む食品においても 0.2% 程度の CI 添加によって、かなりのう蝕予防効果が期待できると結論している。

4-3 サイクロデキストランの抗う蝕効果試験データ

サイクロデキストランの抗う蝕作用として、4-2 で CI が歯垢の原因となる不溶性グルカン合成酵素の働きを強く阻害する作用があることを述べたが、以下に、これらの効果を実証するものとして、国立保健医療科学院・口腔保健部の今井奨博士が平成 17 年に実施した試験データを紹介する。

(1) 試験管への不溶性グルカン付着試験

CI の不溶性グルカン付着阻害活性を調べるため、*S.sobrinus* 6715 株の粗 GTF を用いて、対照区に 1% ショ糖液、実験区には、1% ショ糖液の他に、① CI 混合物 (CI-7~9 純度 41.8%)、② CI 混合物 (CI-7~9 純度 87.4%)、③ CI 混合物 (CI-7~9 純度

8.9%) を種々の濃度になるように調整して反応液に添加した。写真-1 は、反応にガラス試験管を用い、45° の角度で 37℃、18 時間反応させた後の写真である。

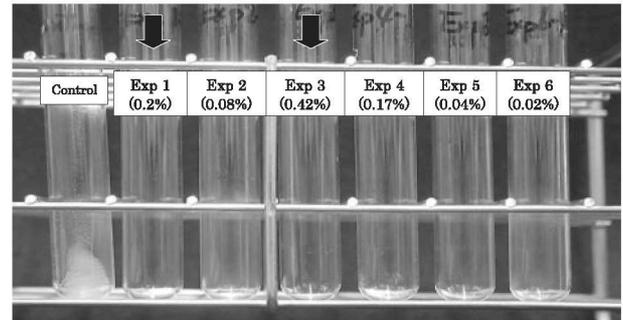


写真-1 サイクロデキストランによる不溶性グルカンの付着活性の抑制

Exp1~3 : CI 混合物 (CI-7~9 純度 41.8%)
 Exp4~5 : CI 混合物 (CI-7~9 純度 87.4%)
 Exp6 : CI 混合物 (CI-7~9 純度 8.9%)
 () 内の濃度は CI 換算濃度

いずれの実験区も対照区に比べ、試験管壁への付着は弱く、CI による不溶性グルカン付着阻害効果が見られる。特に、Exp1 (CI 濃度 0.2%) および Exp3 (CI 濃度 0.42%) は、その効果が顕著であり、不溶性グルカンの付着は全く見られない (試験実施: 国立保健医療科学院)。

(2) 人工口腔装置を用いた CI の抗う蝕効果試験

人工口腔装置を用いた試験で、1% ショ糖存在下での *S.mutans* 菌による、ウシ・エナメル質歯片上の菌体量および不溶性グルカン生成量とエナメル質硬度変化 (脱灰度) に及ぼす CI の影響を測定した。対照区は 1% ショ糖液で、試験区は ① CI 混合物 (CI-7~9 純度 5.4%)、② CI 混合物 (CI-7~9 純度 8.7%) とし、① および ② とともに CI 濃度 0.5% に調整した。結果は図-4 のとおりで、硬度変化差、菌体量、不溶性グルカン生成量の全てにおいて、いずれの CI 標品も対照と比較して有意差が認められた (試験実施: 国立保健医療科学院)。

これらの試験の他に、食品総合研究所の舟根和美博士が、種々の純度の CI 標品について、う蝕菌 *S.mutans* および *S.sobrinus* の GTF による不溶性グルカン合成抑制作用の測定試験を実施した。これは、6 種類の CI サンプルの CI 濃度 (CI-7~9 合計) 0.5

または1.0%を、ショ糖1%と30%の条件で、37℃、18時間（1%濃度）、8日間（30%濃度）での不溶性グルカン生成量を試験管内で測定したもので、その結果、CIはどの条件においても、有効に不溶性グルカン合成反応を阻害することが確認された。*S.sobrinus* による試験では、30%という高濃度のショ糖存在下で、CI濃度1.0%の6サンプルが対照と比較して、不溶性グルカン生成量を約89~98%も阻害した。また、興味深いことに、CI-7~9純度が87.5%と最も高いサンプルが、他の10~16%程度のいずれのサンプルよりも、不溶性グルカン合成阻害活性は弱かった。これは、低純度側には、高分子CIや低分子イソマルトオリゴ糖などがより多く含まれていることに起因すると考えられる。抗う蝕効果を考えた場合、必ずしも純度の高いCI製品にする必要はなく、むしろ混在する成分が不溶性グルカン合成阻害効果を高めていることが確認されたことで、かなりのコスト低減が可能となることが示唆された。

5. サイクロデキストラン(CI)の包接機能

包接機能とは、その分子空間に他の分子を取り込む性質のことで、現在、サイクロデキストラン(CI)に似た構造を持つサイクロデキストリン(CD)が包接剤として、工業的に広く利用されている。包接機能を応用して次のような機能を得ること

ができる。

- ① 安定化・・・光、紫外線、熱に不安定な物質や、酸化、加水分解されやすい物質を包接することによって安定化する。
- ② 徐放・・・有用成分（例えば、医薬、香料など）を予め包接しておき、徐々に放出する。
- ③ バイオアベイラビリティの向上・・・有効成分を包接することによって分子間力を断ち切り、分子レベルで効果を発揮できるようにする。これにより、全体として有用成分の使用量を軽減する。
- ④ マスキング・・・嫌な臭い、苦味、辛味等を包接によって改善する。
- ⑤ 可溶化・・・水に溶けにくい物質を包接し、水に溶解させる。
- ⑥ 洗浄効果・・・油性物質から形成された汚れ成分を除去する。
- ⑥ 粘度調整・・・粘度の高い物質を分子レベルで包接することによって、分子間力を断ち切り、粘度を下げる。

(独) 農研機構・食品総合研究所の舟根和美博士のこれまでの研究で、CIの包接能に関するいくつかの性質が明らかになっている。写真-2は、100mMリン酸緩衝液（pH7.0）の中での0.032mMビクトリアブルー色素に、CI-7~CI-12および対照としてグルコース、サイクロデキストリン（ α -CD、 β -CD、

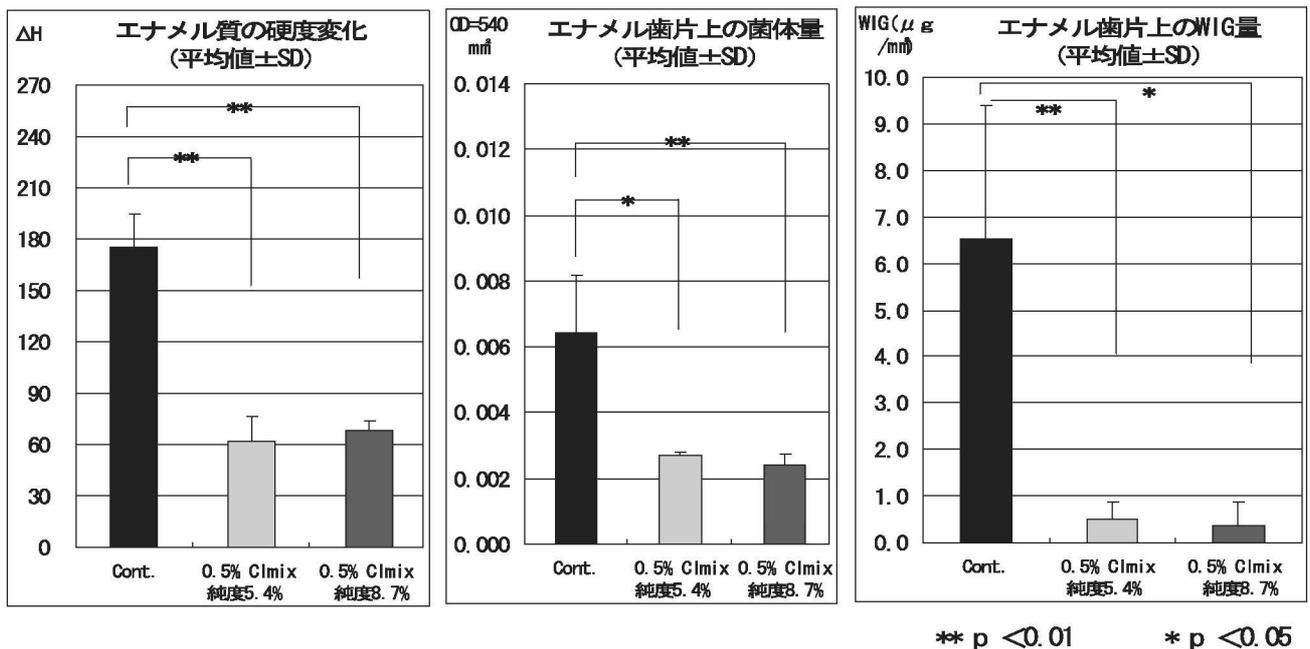
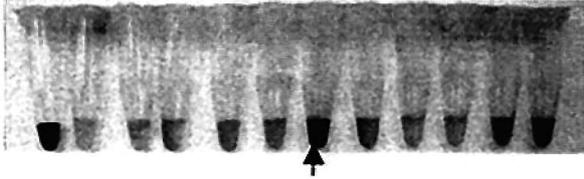


図-4 *S.mutans* におけるエナメル質硬度変化差、菌体量、不溶性グルカン生成量

γ -CD) を各1.2mM添加して褪色による吸光度の低下を測定したもので、室温で3時間放置した後の写真である。CI-10を添加したものは、褪色が著しく遅れ、その効果は、 β -CD、 γ -CDよりも顕著であった。



0時間無添加 Gc CI-7 CI-8 CI-9 CI-10 CI-11 CI-12 α -CD β -CD γ -CD

CI-10による色素包接作用

写真-2 CIによるビクトリアブルー色素の安定化

さらに、この他にも、脂溶性ビタミンや薬剤などがCI-10に包接されるかの試験を行ったが、天然抗がん剤であるパクリタキセル（タキソール）を包接する傾向が見られたため、蛍光スペクトル、蛍光強度およびUVの吸収を測定して確認した。

- ① CI-10およびCI-8の添加による蛍光スペクトルでは、CI-10の添加で変化が見られた。蛍光強度が大きくなったことより、CI-10を加えることによって、パクリタキセルの水溶性が増したと考えられる。
- ② CI-10、CI-8および β -CDの添加による蛍光強度とUV吸収試験では、CI-8または β -CDを加えたものは、蛍光とUVのピークが一致しておらず、パクリタキセルの分解が起こっていることが示唆された。これに対して、CI-10を添加した場合は、蛍光とUVのピークが一致しており、CI-10がパクリタキセルを安定化させたものと考えられた。

このように、CI-10は、CDでは包接できない分子の包接または可溶化できない難水溶性の物質の可溶化など優れた機能を有しており、食品、医薬分野等で幅広い利用が期待でき、その事業化は有望な状況にある。しかし、現在のCI製造技術では、CI-10はCI類混合物質の中にわずかしか含まれておらず、これを分離精製するのみでは、かなりの高コストとなってしまう。実用化のためには、現在の主としてCI-7~9を合成する菌株を、CI-10を特異的に生産する菌株へ替えるとともに、その合成酵素生産菌の力

価を実用レベルまで育種改良する必要がある。併せて、分離剤や溶出方法の選択等、CI-10生産の実用化技術の確立を急ぐ必要がある。また、CI-10の機能性の解明も重要であり、難水溶性物質の可溶化能、不安定な物質の安定化能についての評価を行い、どのようなゲスト物質をターゲットにすべきか、どのような方法で効率的にゲスト物質を包接するかなどについて研究を開始したところである。

6. サイクロデキストラン (CI) の安全性

CIは、グルコースのみからなる単純な構造であり、同じグルコースのみからなる α -1,6結合を持つデキストランは、代用血漿として、またイソマルトオリゴ糖は、腸内環境改善素材として利用されており、これらの安全性はすでに広く認知されている。また、産業的に食品や薬品にも広く利用されているサイクロデキストリン (CD) とよく似た構造をもつことから、CIも化学構造から推測して安全性には問題はないものと想定されたが、環状構造で新規物質とみなされるところから、各種の安全性試験を実施してきた。これまでに、下記の試験結果から、CIおよびその混合物の安全性は証明されている。

- ① ラットを用いた急性毒性試験：CI-7~9濃度76.8%試験物の10.0g/kg BW単回投与において異常は認められなかった。
- ② ラットを用いた4週間亜急性毒性試験：CI-7~9濃度76.8%試験物の5.0g/kg BW4週間反復投与において異常は認められなかった。
- ③ 復帰突然変異試験：細菌における変異原性は認められなかった。
- ④ マウスを用いた12週間反復投与毒性試験：CI-7~9濃度14.3%試験物の2.0g/kg BW12週間反復投与において異常は認められなかった。
- ⑤ 特定原材料アレルゲン物質定量試験（卵白、牛乳、小麦、そば、落花生）：全項目が定量限界以下であった。
- ⑥ ヒトによる4週間の連続摂取による安全性試験（過剰摂取試験）において異常は認められなかった。

また、沖縄県内の原料糖工場の糖蜜中、および沖縄県産の黒糖製品の中から、CI-7~9の存在が確認されている。日本人は古くからCIを含んでいる黒

糖を甘味料として、あるいは菓子として食べ続けてきており、これによってもCIが天然物で、無害のものであることが裏付けられている。

7. サイクロデキストラン (CI) の製品化に向けて

サイクロデキストラン (CI) には、う触菌による砂糖からの不溶性グルカン合成を強く阻害する作用があることと、高分子CIのCI-10には、 γ -CD (サイクロデキストリン) をしのぐ高い包接能があることは、これまで述べてきたとおりである。このうち、まず、製品化を目指しているのは、抗う蝕甘味料としてのCIの利用である。CIは、1項で述べた様々な砂糖代替甘味料と違って自身には甘味はなく、従って単独では甘味料にはなり得ない。しかし、う蝕を誘発する砂糖の存在下で、不溶性グルカンの合成を強く阻害することは、市場で多く使われている人工甘味料や糖アルコールなどにはない機能である。糖アルコールは砂糖に比べればかなり高価であり、下痢の誘発、脳へグルコースの供給ができないなどの欠点がある。その反面、低カロリーであるため、肥満等の健康問題を抱えている人には適している。CIが、30%という高濃度のショ糖存在下で、わずか1.0%の濃度で不溶性グルカン生成を約89~98%も阻害した例からもわかるように、砂糖に対してわずかな量を混合するだけで、抗う蝕機能を発揮するため、そのコスト上昇はそれ程大きくなく、例えばCIを添加した砂糖を50%、残りの50%を糖アルコールとした甘味料は、① 抗う蝕性で、② 砂糖に近い好ましい甘味があり、③ グルコースの補給もでき、④ 糖アルコール100%よりかなり安価であり、⑤ 砂糖100%よりかなり低カロリーとなるなど、それぞれの特性を生かしたう蝕予防のための代替糖として、優良な甘味料となり得ると考えている。現在、当社では、各種の素材や混合割合等の製品設計を行いながら、種々の抗う蝕試験を実施しているところであり、今後、本格的なサンプル試供を開始していく考えである。CI-10の包接剤としての製品化については、5項で述べたように、極めて有望と思われるが、現状では製品化に必要な高効率生産技術の確立がなされておらず、現在、この技術開発を急いでいるところであり、2008年度からのサンプル試供開始を目標に、種々の課題に取り組んでいるところ

である。

8. おわりに

砂糖は、冒頭に記したように、甘味料としては最も優れた食品であるといえるが、数少ない欠点として、う蝕誘発能が高いことがあげられる。この欠点が大きなコスト上昇なしに、解消あるいは軽減できれば、一部の高価な、または健康被害等の有害性を指摘されている代替甘味料は必要でなくなると考えられ、相当量の需要が見込めるものと考えている。1993年に新規な環状イソマルトオリゴ糖サイクロデキストラン (CI) が発見され、このCIに、砂糖が誘発するう蝕を抑制する機能があることが明らかになった。筆者らは、抗う蝕用素材としてこのCIに注目し、平成13年から、実用化研究開発を継続してきたが、残念ながら食品に求められる大量・低コスト製造技術が未だ十分に確立されておらず、現在も製品販売に至っていない。しかし、これまで述べてきたように、CIの抗う蝕作用の解明や低コスト製造技術開発も進みつつあり、ようやく事業化の目途が立ってきた状況にある。また、当社は、CI製造原特許の実施許諾権を持つ唯一の企業であり、この新規素材CIの製造販売が実質的に可能なオンリーワン企業である。虫歯の抑制および質の高い食生活の実現に寄与すべく、安全で優れた機能性素材であるCIを利用した関連製品の全国への供給を目指して行く考えである。

引用文献

- 1) 小林幹彦, 小熊哲哉. サイクロデキストランと抗う蝕作用. ジャパンフードサイエンス Vol.34 1995年
- 2) 大嶋隆, 福島和雄, 今井奨. う蝕細菌の分子生物学-第3部. クインテッセンス出版 1997年4月
- 3) ㈱TTC, 翔南製糖㈱他. 平成15年度沖縄産学官共同研究推進事業 甘蔗汁及び廃糖蜜を利用したサイクロデキストランの製造技術開発・成果報告書. 2004年3月
- 4) ㈱TTC, 翔南製糖㈱他. 平成16年度沖縄産学官共同研究推進事業 甘蔗汁及び廃糖蜜を利用したサイクロデキストランの製造技術開発・成果報告書. 2005年3月

- 5) 翔南製糖(株)他. 平成17年度地域新生コンソーシアム研究開発事業 サイクロデキストラン(CD) 添加抗う蝕性砂糖の製造技術開発・成果報告書. 2006年3月
- 6) 舟根和美. 抗う蝕性環状イソマルトオリゴ糖(サイクロデキストラン) の生産技術開発.
- 食品工業 Vol.49 No.12 2006年6月
- 7) (独) 農業・食品産業技術総合研究機構, (株) シー・アイ・バイオ, (学) 樟蔭学園. 特許出願2006-335788. (2006.12.13)
- 8) 株式会社シクロケム・ホームページ. シクロデキストリン紹介 <http://www.cyclochem.com>