

■ 研究課題名

砂糖及びセルロースを原料とする酵素合成アミロースの製造と利用

■ 研究項目と実施体制（◎は技術コーディネーター）

- ①セルロースを原料とした酵素合成アミロースの生産技術開発及び酵素合成アミロースの安全性検証
（◎鷹羽 武史／江崎グリコ株式会社）
- ②食品用酵素合成アミロースの量産化技術の開発
（和田 守／三和澱粉工業株式会社）
- ③酵素合成アミロースの基礎物性と機能性の解明
（北村 進一／公立大学法人大阪府立大学）

■ 研究の目的

酵素的に合成したアミロースの特長を活かした食品開発を行う。そのために、酵素合成アミロースの産業利用スケールでの製造方法を確立し、その安全性を検証する。さらに酵素合成アミロースの食品素材としての基礎物性を調べ、機能性を立証し、機能性食品素材としての事業化への道を開く。また、セルロース系バイオマスを原料としたアミロース製造のための技術的課題を解決する。

■ 主要な成果

- ①食品用酵素合成アミロースの量産化技術の開発
砂糖にスクロースホスホリラーゼとグルカンホスホリラーゼを作用させる方法では、酵素反応組成や反応条件の制御により、重合度数十から数千までの、様々な重合度の酵素合成アミロースが製造可能である（図 1）。これら各種重合度の酵素合成アミロースの工業的製造方法を確立した。
- ②酵素合成アミロースの安全性評価
酵素合成アミロースを 13 週間ラットに反復投与したが、被験物質投与に起因した異常は認められなかった。微生物を用いた復帰突然変異試験、チャイニーズ・ハムスター卵巣 (CHO) 細胞を用いた染色体異常試験において、酵素合成アミロースは陰性と判定された。
- ③酵素合成アミロースの基礎物性
各種重合度の酵素合成アミロースの、水への溶解性、ゲル化能、ゲルの粘弾特性、フィルム形成能、粒子形成能などの基礎物性を調べた（図 2）。さらにこれらアミロースの特徴を利用し、強い抗菌性を示すアミロースとキトサンとの混合ハイブリッドフィルム（図 3）、水溶液中で安定なナノサイズゲル、粒子径のそろったアミロース粒子（図 4）など、酵素合成アミロースの食品分野での利用につながる重要な技術シーズを開発した。
- ④酵素合成アミロースの生理機能
高い結晶性を示す平均分子量 2.2 万の酵素合成アミロースに強い α アミラーゼ抵抗性を見出した。すなわち、当該アミロースをラットに単回経口投与したところ、食後の血糖値上昇がほとんど確認できず（図 5）、盲腸でのプロピオン酸量は有意に増加し、結晶性酵素合成アミロースが食物繊維様機能を有することを確認した。結晶性酵素合成アミロース含有飼料を用いて長期飼育（8 週間）したラットは、血漿中性脂肪値に有意な改善が見られた（図 6）。
- ⑤酵素合成アミロースを利用した食品開発

酵素合成アミロースの物理化学的特長を生かした加工食品を各種検討した。酵素合成アミロースの生理機能を訴求しうる食品として、アミロースタブレットおよび微結晶アミロース含有飲料を試作した（図7）。

⑥セルロースを原料とした酵素合成アミロースの生産技術開発

セロビオース（セルロースの酵素分解により調製される主要成分）とポリリン酸の混合液を出発原料に、セロビオースホスホリラーゼ、ポリリン酸グルコキナーゼ、ホスホグルコムターゼ、グルカンホスホリラーゼの4種類の酵素を作用させることで、対原料収率63%でアミロースを合成する方法を確立した（図8）。

■ 公表した主な特許と論文

- ①特開 2008-280466：非消化性アミロース粒子、その製造方法、ならびにそれらを含む食品、医薬品および医薬部外品：公立大学法人大阪府立大学、江崎グリコ株式会社、三和澱粉工業株式会社
- ②Suzuki, S., *et al.* Surface structure of chitosan and hybrid chitosan-amylose films – Restoration of the antibacterial properties of chitosan in the amylose film –. *Carbohydr. Res.* 342, 2490–2493 (2007)
- ③Ohdan, K., *et al.* Phosphorylase coupling as a tool to convert cellobiose into amylose. *J. Biotechnol.*, 127, 496–502 (2007)
- ④Suzuki, S., *et al.* Unfrozen water in amylosic molecules are dependent on their molecular structures – A differential scanning calorimetric study. *Food Hydrocolloids* 22, 862–867 (2008)

■ 今後の展開方向

- ①酵素合成アミロースの生理機能をヒト試験で検証する。
- ②酵素合成アミロース食品素材事業、及び酵素合成アミロース含有加工食品事業開始への取り組みを継続。

■ 問い合わせ先

- ①酵素合成アミロース全般・セルロース利用：江崎グリコ株式会社(06-6477-8425)
- ②酵素合成アミロースの製造：三和澱粉工業株式会社(0744-23-7480)
- ③酵素合成アミロースの物性と機能：公立大学法人大阪府立大学(072-254-9457)

■ 研究成果の具体的図表

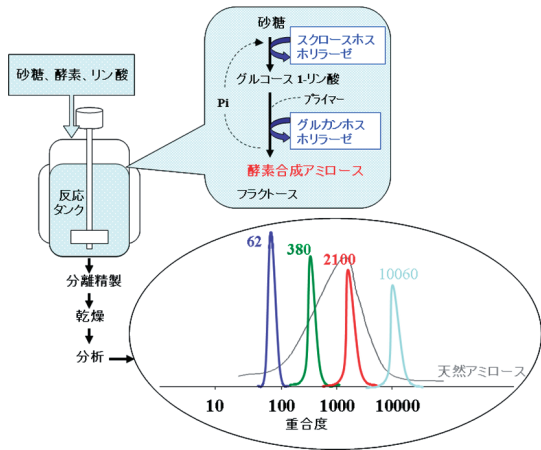


図1 酵素合成アミロースの製造方法

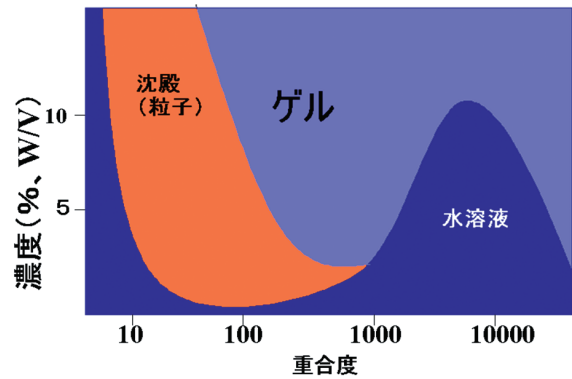
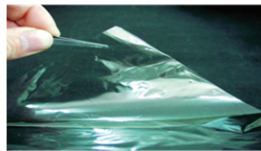


図2 酵素合成アミロースの重合度と性質



平均分子量100万の
アミロースフィルム

少量(2.5-10%)の
キトサンを添加

抗菌性の付与

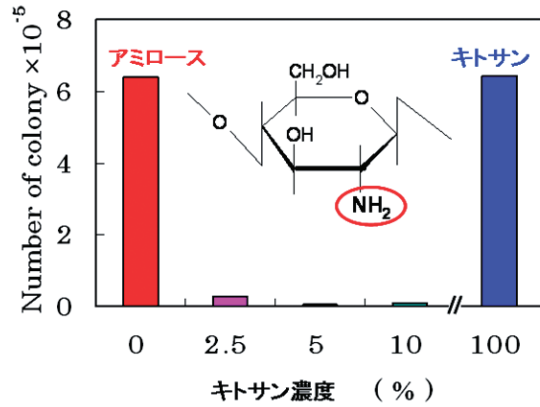


図3 キトサン混合アミロースフィルムの抗菌性
(*Escherichia coli* IF0 3972)

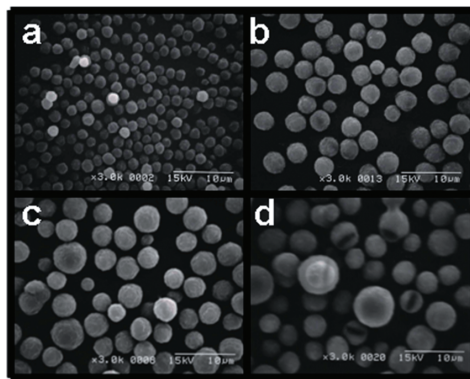


図4 粒子径のそろったアミロース粒子
MW2.2万、Bar=10μm

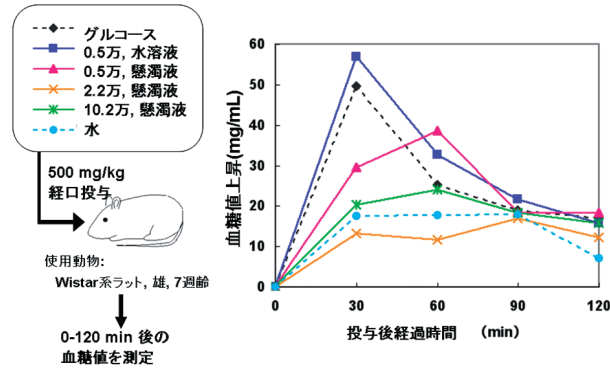


図5 *In vivo*における酵素合成アミロースの消化性
アミロース：MW:0.5、2.2、10.2万

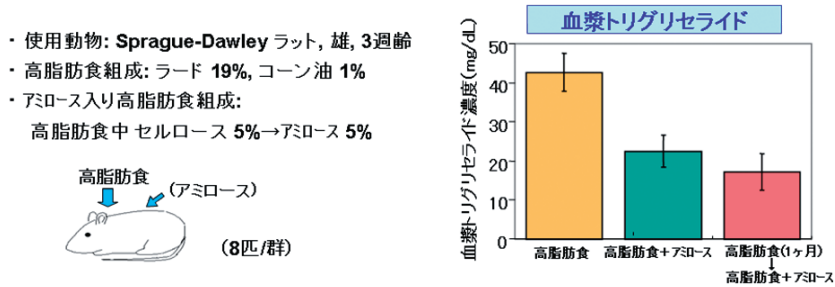


図6 酵素合成アミロース長期摂取試験
アミロース：MW:2.2万



図7 酵素合成アミロース含有食品（タブレットと飲料）
アミロース：MW:2.2万

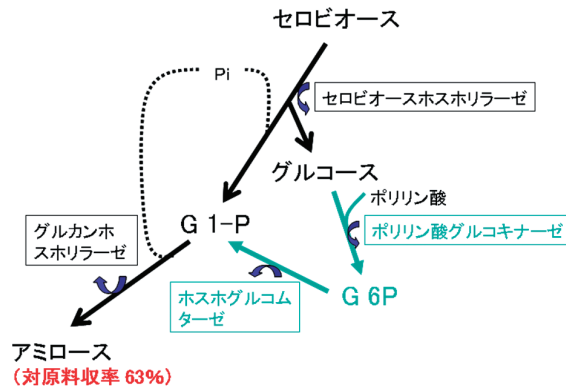


図8 セロビオースを原料とした酵素合成アミロースの新規合成方法