

[ 別紙 2 ]

## 論文審査の結果の要旨

申請者氏名 竹 中 史 人

清酒や味噌、味醂のような日本の伝統食品は、生活習慣病や成人病の予防に良いと言われて  
いる。しかし、どのような成分がどのような作用機序によって効果を示すのかは、いまだ不明な点  
が多い。本論文では、それらの伝統食品に含まれる新規機能性成分、 $\alpha$ -D-グルコシルグリセロール  
(GG)の有用性に加えて、GGをベースにした $\alpha$ -グルコシダーゼの基質認識を考察している。

第1章は序論に続き、第2章では清酒から新たに見出したGGについて、3種類の異性体(GG-II、  
R-GG-I、S-GG-I)の分離と同定を行っている。それぞれの異性体は、糖類のグリコール開裂を用  
いて比較的簡単に合成され、GC-MSにより同定がなされている。清酒醪中では、酵母が生産する  
グリセロールに麴の $\alpha$ -グルコシダーゼが作用して、GGが生成すると推察し、清酒中GGの3成分  
比が均一ではないこと(例えば、GG-II:R-GG-I:S-GG-I=6:66:28)を明らかにしている。また、  
清酒中には約0.5%、味噌には約0.5%、味醂には約0.1%のGGが含まれることを初めて見出し  
ている。

第3章では、GGの有用性を調べるために、*A. niger*由来の $\alpha$ -グルコシダーゼによるGGの最適  
合成条件を設定し、さらに残存する高濃度のグリセロールを効率良く利用するために、工業的に利  
用可能なグルコシル供与体の連続添加法を提唱している。実験室レベルでこの方法を行い、約  
100gのGG(GG-II:R-GG-I:S-GG-I=10:49:41)を得ている。

第4章では*A. niger*由来の $\alpha$ -グルコシダーゼの基質認識について考察している。すなわち、清  
酒中のGGも、第3章で製造したGGも、その3成分比が均一ではないことから、アグルコン認識サ  
イトの各OH基に対する親和力の差を標準自由エネルギー変化の差として求めている。アグルコン  
であるグリセロールは酵素とグルコシル供与体の結合を阻害し、またグルコシル供与体は受容体にも  
なり得るので、これらの影響を含めた反応速度式は複雑になり、GGの各成分の生成量だけでは  
反応速度定数を求めることが難しい。そこで、標準自由変化エネルギー変化の差が2成分の反応  
初速度の比から求められ、これらの影響を無視できることを明らかにしている。これにより、親和力  
はR-GG-I>GG-II>S-GG-Iの順に大きいことを明確にし、さらに認識モデルを示し、 $\alpha$ -グルコシ  
ダーゼのグリセロール認識サイトの細分化の可能性を示唆している。また、pH変化により反応速度  
比が異なることから、3成分のうちアグルコン認識に同じものはないことが推察でき、酵素修飾によ  
る特定のGGの合成という可能性も示唆している。

第5章では第3章で得たGGを用いて、味、安定性、着色性、メイラード反応性、保湿性、う蝕性、  
消化性について調べている。GGはスクロースの約0.55倍のすっきりとした甘さを有し、加  
熱により分解も着色もしにくく、アミノ酸との反応もしないので、調理等による変化を受けない。また、  
グリセロールやソルビトールよりも高い保湿性を有し、口腔内細菌による酸に生成を示さない非う蝕  
性であり、さらに口腔内から腸管内での管腔内消化を受けず、小腸微絨毛粘膜の膜消化でわずかに  
消化される難消化性であることを明らかにしている。

第6章では、二糖類(マルトース、スクロース、イソマルトース)の膜消化に与える GG の影響を調べ、各二糖類と GG の混合物の消化におけるグルコース濃度が各々の単独消化におけるその総和よりも少なかったため、GG がこれらの二糖類の水解を抑えることを明らかにしている。さらに、スクロースと GG の混合物の消化では、GG の3成分のうち、S-GG-I の消費だけがスクロースの添加により抑えられたため、S-GG-I はスクラーゼで水解されることを明確にし、スクラーゼは S-GG-I のグリセロール部位の2つの OH 基を同時に認識していることを推察している。また、マルトースと GG の混合物の膜消化では糖転移反応が促進されることを示唆し、小腸微絨毛粘膜で起こる糖転移は水解とともにカロリー摂取を抑制することを示唆している。

本論文は、GG の特性や機能性を解明し、伝統食品の機能性の一部を明らかにしたことに加え、GG の工業的な生産方法を開発し、さらに  $\alpha$ -グルコシダーゼのアグルコン認識サイトを細分化する方法の可能性や GG の単一成分の製造の可能性を提唱したものである。GG の機能性に関する知見は、低迷する清酒の需要拡大のみならず、西洋化する飲食物が原因と思われる様々な病気の予防や、伝統食品の見直しに貢献するものと期待される。よって審査委員一同は本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。