

学位論文審査の結果の要旨

氏名	Siwaporn O'Charoen
審査委員	主査 小川 雅廣 副査 早川 茂 副査 合谷 祥一 副査 森岡 克司 副査 菅原 卓也

論文名

D- Psicose Improves the Functional Properties of Processed Food Containing Egg White
(D-プシコースによる卵加工食品の高機能化)

審査結果の要旨

D-プシコース (Psi) は、D-ケトヘキソース (DKH) 類の一つで、D-フルクトース (Fru) の C-3 エピマーである。Psi は、スクロース (Suc) の 70%の甘味を有するがカロリーがほとんどゼロであり、抗糖尿病作用、抗肥満作用、抗動脈硬化作用などの生理機能をもつことから世界的に注目を集めている。我が国では Psi を含有したレアシュガースウィート (RSS) が 2012 年から販売されており、RSS を使った菓子類や飲料等が数多く市場に出まわっている。先行研究において Psi をカスタードプリンなどの卵加工食品に加えると、抗酸化性が向上するだけでなく食品の物性が改善されると報告されている。しかしながら Psi による抗酸化性や物性改善の効果が、構造が類似する他の DKH と比べてどのくらいの立ち位置にあるのかは明らかになっていない。本論文では、卵加工食品のモデルとして加熱焼成食品であるメレンゲ焼き菓子と日本の伝統的な和菓子であるあわ雪を用い、それら食品に及ぼす Psi の作用を、他の DKH (Fru、D-タガトース (Tag)、D-ソルボース (Sor)) と比較することによって、Psi のもつ食品機能の特徴および優位性を明らかにした。

Psi を、卵白と Suc を主原料とするメレンゲ焼き菓子に応用した。Suc の 30%を4種類の DKH (Psi、Fru、Tag、Sor) で置換してメレンゲ焼き菓子を調製し、抗酸化性、物性、微細構造を解析した。Psi に置換したメレンゲ焼き菓子の抗酸化性は、コントロール (Ct) の Suc のみでつくったものや他の DKH 種に置換してつくったものよりも高かった。焼き菓子の物性は、4種のいずれの DKH で置換しても硬くて崩れにくくなった。中でも Psi を加えたものがもっとも硬くて崩れにくかった。電子顕微鏡観察により、Psi を加えたメレンゲは Ct や他の DKH を加えたメレンゲよりも気泡のサイズが小さく、焼成して気泡が膨張しても壊れにくいことを明らかにした。それらの作用によりメレンゲ焼き菓子が硬くて崩れにくくなったと結論づけた。

卵白と還元糖を加熱するとメイラード反応（MR）が起こる。MR がメレンゲ焼き菓子の物性に影響を及ぼすことが考えられることから、卵白タンパク質（EWP）と各種 DKH を 50℃、相対湿度 55% で 48 時間インキュベートし、その生成物の機能特性を調べた。EWP の抗酸化活性と EWP 溶液を加熱して調製したゲルのゲル強度は、Psi および Tag と MR させることで著しく高くなった。一方、EWP の乳化特性（乳化活性と乳化安定性）及び泡沫特性（起泡性と泡沫安定性）は Psi と Sor によって高くなった。総合的にみると MR による EWP の加工特性（ゲル化、乳化、泡沫特性）の向上には Psi がもっとも優れていることがわかった。以上の Psi の作用には Psi 分子の OH 基の配置が関係していることが示された。

Psi を、Suc、卵白、寒天を主原料とするあわ雪に応用した。Suc の 50% を 4 種類の DKH（Psi、Fru、Tag、Sor）で置換してあわ雪を調製し、保存時の物性の変化と微生物の繁殖挙動を調べた。Psi と Sor で置換したあわ雪は、Ct や Fru と Tag 置換のものよりも貯蔵中の物性変化が小さかった。あわ雪に *Micrococcus luteus* を接種し、保存中の *M. luteus* の菌数の変化を調べたところ、Psi、Tag、Sor 置換したあわ雪の菌数は、Ct や Fru 置換したあわ雪よりも少なかった。以上より、物性と微生物増殖抑制の両面において、Psi と Sor は保存性向上に有効であることが示された。

Psi を含む食品をヒトが食べると、Psi は小腸から吸収され、体内で様々な生理機能を発揮する。しかし小腸からの Psi の吸収経路は明らかになっていない。そこで、Psi の吸収に携わるトランスポーターの解析をヒト結腸癌由来細胞株 Caco2 を使って調べた。トランスポーター阻害剤や発現促進剤を使って解析した結果、Psi は Fru と同じく GLUT5 あるいは GLUT7 トランスポーターを介して管腔側から小腸上皮細胞のなかに取り込まれ、GLUT2 トランスポーターを介して細胞内から基底膜側に排出されることを明らかにした。

本論文は、希少糖の一種である Psi は、他の DKH よりも卵白加工食品の抗酸化性、物性の両面においては優れていることを明らかにした。また、Psi は日持ちしない和菓子等に用いることで、日持ち向上にも役立つことを初めて明らかにした。このように申請者は、Psi は DKH 類の中でも際立って卵加工食品の機能性や保存性を向上させるのに効果的であることを明らかにしたことは博士論文として高く評価できる。

本論文に関する公開審査会は、平成 26 年 8 月 2 日に香川大学農学部で開催され、論文発表と質疑応答が行われた。続いて開催された学位論文審査委員会において本論文の内容について慎重に審査を行った結果、審査委員全員一致して博士（学術）の学位を授与するに値するものと判定した。