

# 澱粉の新しい酵素処理方法が生み出した特異なゲル物性と その活用



企業レポート

野原 小百合\*

Unique starch gel properties created by a new enzyme treatment  
and their utilization

Key Words : enzyme treatment, E-starch, GMIX

## グリコ栄養食品株式会社について

グリコ栄養食品株式会社は、食品素材事業会社として1956年に創業された。シェア日本一のグルテンをはじめ、澱粉、着色料、ファインケミカル素材など幅広く製造、開発、販売を行なっている。本稿では弊社独自素材の一つである酵素処理澱粉について紹介する。

## はじめに

日本列島は南北に長く、四季があるため、古代より多様な食材を手に入れることが可能であった。また四方を海に囲まれていることで、適度に海外文化を受け入れながら上手く日本文化と融合してきたことから、各時代時代で様々な食文化が育まれてきた。それ故、日本人の味や食感に対する意識は諸外国と比較するととても高く、現に食感を表す擬音語や擬態語は3~4倍ほど多いと言われている。<sup>1)</sup>

多様な食感がある中で、特に日本人が好むのは「もちもち感」である。日本古来の伝統的な食べ物である餅は、日本人の約7割が好きであると回答している。<sup>2)3)</sup> 特に近年はこの「もちもち食感」を訴求する商品数が増加傾向にあるが、これは日本人が弾力のある食感を好み、とてもその食感到に敏感だからだと考えられる。

## 澱粉とは

澱粉は植物内に不溶性の貯蔵物質として普遍的に存在しており、ジャガイモやトウモロコシ、小麦、タピオカなど多様な穀物から収穫される。澱粉粒は、水を加え、加熱すると糊化し、その後冷却することによりゲル化（老化）する。このゲル形成能と入手の手軽さ、穀物種によって多様な物性を示すことから、古くから食品の食感形成に用いられてきた。加工食品によく使用される澱粉は主に輸入品だが、その大半がタピオカ澱粉を原料としている。<sup>4)</sup> つまり、日本で幾度となく「もちもち食感」でブームを引き起こしているタピオカパールと同じ原料である。日本の食文化ともちもち食感とはもはや切っても切れない関係となっている。中でも澱粉はその食感作りには欠かせない重要な役割を担っている。澱粉は植物種の選定に加え、澱粉粒の化学修飾によりゲル形成能を制御することで、各食品条件に適した加工澱粉の製造が可能である。

澱粉の化学修飾技術は多岐に渡るが、その一つにリン酸架橋化がある。澱粉分子内または分子間の水酸基を架橋化する反応であり、澱粉粒の膨潤や糊化が抑制され、得られる澱粉のゲルは強固なものとなる。澱粉のリン酸架橋化は、食品への硬さ付与の為に汎用されている手段である。

## グリコ栄養食品(株)のオリジナル澱粉

一方、弊社では2009年にこれまでにない新たなゲル物性を示す新しい澱粉の調製方法を開発した。<sup>5)</sup> 水に分散させたタピオカ澱粉粒を *Aspergillus niger* 由来  $\alpha$ -アミラーゼで処理して得られた  $\alpha$ -アミラーゼ処理タピオカ澱粉粒が、特異な高い粘弾性を持つ澱粉ゲルを形成できることを確認し報告した。そして現在に至るまで、この酵素処理技術と他の加工技術を組み合わせてできた商品は20種近くに及び、



\* Sayuri NOHARA

1990年9月生まれ  
大阪大学大学院 工学研究科 生命先端  
工学専攻 分子微生物学領域 博士前期  
課程修了  
現在、グリコ栄養食品株式会社  
技術開発統括センター 素材技術開発セ  
ンター 主任研究員 修士  
専門/生物工学  
TEL : 06-6477-8745  
E-mail : sayuri.nohara@glico.com



移り変わる時代のニーズに貢献している。

澱粉粒は加熱に伴い膨潤し、同時に澱粉粒からアミロースやアミロペクチンなど一部の成分が溶出する。澱粉ゲル中では、この溶出した成分 (matrix) が膨潤した澱粉粒 (filler) の周囲を覆う、filler in matrix 構造を形成し、澱粉を用いた食品の物性に影響を与えていると考えられる (図1) 6)7)。

通常の化学修飾が filler 部分を制御するのに対し、弊社が開発した酵素処理技術は matrix 部分の制御を酵素処理により可能とした技術である。一般的な酵素処理は、澱粉糊液に酵素を作用させて低分子化させるのに対し、弊社は澱粉を糊化させずに澱粉粒を維持した状態で酵素処理を行う。

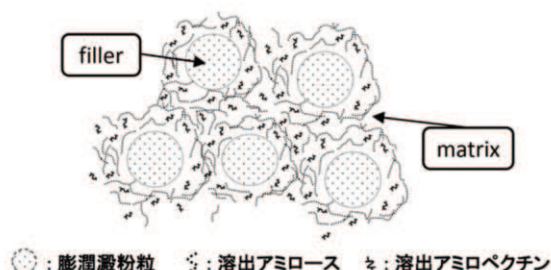


図1 澱粉ゲルの filler in matrix 構造模式図

注：澱粉粒から溶出した澱粉成分 (matrix) の網目の中に、膨潤した澱粉粒 (filler) が補足されている様子を模式化したもの。

資料：市原敬司ら (2016) 「酵素処理澱粉「E-スターチ」の開発」『応用糖質科学』から転載

### 限定的な加水分解がゲル物性に与える影響

*Aspergillus niger* 由来  $\alpha$ -アミラーゼ ( $\alpha$ -AMA) と *Bacillus amyloliquefaciens* 由来  $\alpha$ -アミラーゼ ( $\alpha$ -AMB) を用い、酵素処理技術により酵素処理澱粉をそれぞれ調製し、破断点におけるヤング率よりゲル物性を評価した。ヤング率は、硬さや弾力を評価する指標であり、破断点におけるヤング率が高ければその物体は硬く、弾力を持つと考えられる。 $\alpha$ -AMB 処理澱粉から調製されたゲルは、未加工澱粉に比べてヤング率は若干低下しており、「酵素による加水分解＝低分子化」したことが原因だと考えられる。一方  $\alpha$ -AMA で処理した澱粉から調製されたゲルは、未加工澱粉ゲルに比べヤング率は 3.9 倍に増加しており、弾力が上昇した。更に動的粘弾性測定にて解析すると、 $\alpha$ -AMA 処理澱粉は未加工澱粉に比べ、高い弾性率を持つ特異なゲルを形成していることが確認された (図2)。

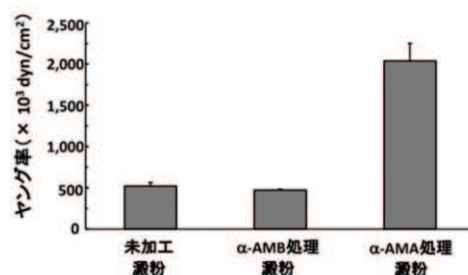


図2 未加工と各種酵素処理澱粉のゲル物性比較

資料：市原敬司ら (2016) 「酵素処理澱粉「E-スターチ」の開発」『応用糖質科学』から転載

$\alpha$ -AMA 処理澱粉の澱粉ゲルについて更に研究を進めると、ゲル中の微細な構造変化がゲル物性に大きな影響を与えていることが分かった<sup>8)</sup>。未加工澱粉に比べ、 $\alpha$ -AMA 処理澱粉のゲル中ではアミロース結晶が早期に形成し、成長していた。アミロースは澱粉ゲル中の骨格構造の形成において、硬さや弾力の発現に寄与することが知られていることから、 $\alpha$ -AMA 処理澱粉の澱粉ゲルのヤング率向上にアミロースが関与していることが示唆される。

更に澱粉粒からの溶出成分を分析したところ、 $\alpha$ -AMA 処理澱粉では本来アミロペクチン様のヨウ素染色を示す区画から、アミロース様のヨウ素呈色が観察された。原因は未だ定かではないが、おそらくアミロペクチンの枝分かれ構造が減少したか、澱粉粒表面の限定的な酵素分解により、粒内部よりアミロースが通常よりも多く溶出したからではないかと考えている。

### 酵素処理澱粉「E-スターチ®」の特長

従来の加工澱粉では、架橋化によって食品の物性は硬くなるが、脆い物性になる。一方、アセチル化やヒドロキシプロピル化などの置換反応は、食品の物性の保水性や伸びを向上させ、保存中の物性変化 (老化) を緩やかにするが、保形性や弾力を減少させる。また、一般的にはこの2種類の加工を組み合わせた澱粉が使用されることが多いが、どちらか一方の加工の物性に偏ってしまう物性領域の限界がある。しかし、弊社が開発した酵素処理澱粉「E-スターチ」は、十分な伸びと硬さを併せ持ち、弾力に富んだ物性の実現を可能にした (図3)。



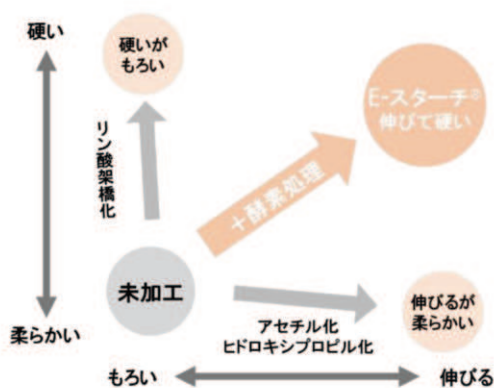


図3 E-スターチのゲル物性

更にE-スターチは、従来の加工澱粉では実現できなかった3つの特長を有している。

- ① 非常に強い弾力を発現
- ② 澱粉特有の糊感・付着性が少ない
- ③ 口溶けが良好でフレーバーリリースが良好

特に本技術を加工澱粉に施することによって、新規な加工澱粉の製品化を実現した。以下に、E-スターチの各特長と用途面について述べる。

### GMIX® シリーズの食品への応用

現在、E-スターチを含む商品をGMIXというブランドにて販売している。これらの商品は従来の加工澱粉との差別化だけでなく、その特殊な性質を生かして様々な用途に用いられている。

まず、E-スターチの非常に強い弾力を生かして、主に畜肉加工品や水産練り製品の分野で使用されている。増粘剤代替やタンパク質素材代替、減塩により低下するすり身の弾力補強などの目的で使用され、最近では価格が高騰している卵白の代替としての使用も多い。

次に、E-スターチには澱粉特有の糊感や付着性が少ないことから、半液体食品（ドレッシング類、フィリング類）や製パンに使用されている。粘度を付与する目的で使用される場合、澱粉特有の糊感が食感に悪影響を及ぼす場合がある。一方、GMIXは糊感が少なく、また口溶けが良好な半液体食品が製造できる。こういった粘度付与の目的で利用される食品群においては、口腔内で広がる香りや味は重要であるため、通常の加工澱粉では低下していたフレーバーを損なわずに粘度付けができるメリットは大

変大きい。

製パンへの利用としては、食感をもっちりさせたり、老化を抑制することで消費期限が伸びたりすることに加え、生地のべたつきを抑えて製造適正を向上させたり、スチーム加熱による生地だれを抑制させたりすることができる。弊社独自のグルテンと併用することで独自の商品開発を可能としている。

更に、最近流行した健康ブームに低糖質ダイエットがあるが、市販の低糖質加工食品は乾燥していたり粉っぽかったりと食感面に難があるものが多かった。低糖質加工食品には難消化性澱粉が必要不可欠であるが、粉っぽい舌ざわりや食品全体の弾力を損なう傾向にあった。そこで酵素処理技術を用いて難消化性澱粉を加工することで、粉っぽい食感を解消し、物性への影響を低減させることにも成功した。

### おわりに

現在GMIXシリーズは益々の反響を頂いているが、今後更に多様化する食品のニーズに対応すべく充実させていくとともに、酵素処理技術自体も研究を進めて新たな技術創造を目指している。

### 参考文献

- 1) 早川文代, 現代日本人の食感表現, 日本家政学会誌 (2009)
- 2) 「93.5%が弾力感、ソフト感、伸びる食感の「もちもち」が好き! インгредиション、「もちもち感」に関する調査結果を公開」  
<https://www.atpress.ne.jp/news/202560>
- 3) 「お餅のアンケート調査」  
<https://www.myvoice.co.jp/biz/surveys/17404/index.html>
- 4) 「独立行政法人農畜産業振興機構 統計資料 1. 需給関係資料 (4) でん粉の輸入実績」  
<https://www.alic.go.jp/starch/japan/data/jdata.html>
- 5) T. Ichihara, J. Fukuda, T. Takaha, Y. Yuguchi and S. Kitamura: Limited hydrolysis of insoluble cassava starch granules results in enhanced gelling properties, *J. Appl. Glycosci.* (2013)
- 6) Carnali, J. O. and Zhou, Z.: An examination of the composite model for starch gels. *J. Rheol.*,

- 40, 221-234 (1996)
- 7) Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K. and Delcour, J. A.: Wheat flour constituents: how they impact bread quality and how to impact their functionality *Trends Food Sci. Tech.*, 16, 12-30 (2005).
- 8) T. Ichihara, J. Fukuda, T. Takaha, S. Suzuki, Y. Yuguchi and S. Kitamura: Small-angle X-ray scattering measurements of gel produced from  $\alpha$ -amylase-treated cassava starch granules, *Food Hydrocoll.* (2016)

