

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00796

研究課題名(和文)「米」の高次機能利用をめざした新規作出米の物性制御と味覚応答評価法の構築

研究課題名(英文) Construction of evaluation method of sweet-taste response for newly-produced rice starch pastes

研究代表者

阿久澤 さゆり (AKUZAWA, SAYURI)

東京農業大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：60256641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：「米」は私たちの主食であり、重要な栄養源である。また、日本で国内自給しやすく、すでに高度な栽培技術を持つ食用作物でもある。本研究は、遺伝子組み換え技術ではなく、自然交配による新規米を作出し、ユニークな構造を持つ米および米澱粉を創出した。さらにそれら米澱粉を分離し微細構造とレオロジー特性を測定し、変異体米の特性を示した。また、澱粉性食品としての「味覚強度」の評価について、開発した味覚DNAチップの味覚細胞応答評価を用いて、高分子多糖溶液の特性により、味物質の応答が異なることを示した。この成果は、人の閾値より低い濃度であるが、味物質の移動と、味覚細胞の応答を捉えられた。

研究成果の概要(英文)："Rice" is our staple food and it is an important source of nutrition. Also, it is easy to domestic self-sufficiency in Japan, it is also a food crop with advanced cultivation technology. This research creates new rice by natural mating, not genetically engineered technology, and creates rice and rice starch with a unique structure. Furthermore, the rice starch was separated and the microstructure and rheological properties were measured to show the characteristics of mutant rice. In addition, we evaluated the taste cell response using the developed taste DNA chip. The response of the tasting was different depending on the properties of the polysaccharide solution. Although this result was lower than the human threshold, movement of tasting and response of taste cells could be caught.

研究分野：調理科学、食品物性学

キーワード：米 澱粉 微細構造 味物質 レオロジー

1. 研究開始当初の背景

澱粉は食品・工業用など、多くの用途に利用されている。そして、本研究の試料とした米および米澱粉は、日本が国内自給しやすく、すでに多くの品種や安定した栽培技術を持っている稲から収穫できる食素材であり、私たちの重要な栄養源である。

今後、日本の食文化・風土に適した食材を生かして、消費者の健康志向、生活習慣病などの体質の多様化、健康長寿社会における様々な要求に対応し、豊かで安心した食生活を維持するためには、米の利用が重要である。そのためには、米の「改良」にとどまらず、個人の体質に応じた「食べる行為」と「味覚の充足」を充足するような新しい「食素材・食品の創出」と「味覚応答評価系の構築」が必要である。

2. 研究の目的

本研究は、新規米の作出および分離澱粉の構造解析とレオロジー特性の相互関係の解明、新規米澱粉の構造・レオロジーと添加した味物質の溶出挙動の相互関係の検討、官能評価(感覚的)および味覚細胞応答測定(科学的)を用いて、新しい味評価系の構築を目指し、高次機能性を持つ米および澱粉性食品としての利用性を提案することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 新規米の作出・栽培と米粒および澱粉の構造・レオロジー解析: 逆遺伝学的方法によりイネの澱粉合成酵素を抑制して新規米を作出し、新たに付与された食品素材としての機能性を解析するとともに、米粒および澱粉の構造解析と水分散系のレオロジーを測定する。

(2) 新規米澱粉の構造・レオロジー特性と共存する味物質の溶出挙動の相互関係: 米粒および米澱粉に「味物質」を添加し、流動や破壊に伴う「味物質」の溶出挙動を解析し、澱粉性食品としてのレオロジーと「味物質」の溶出(移動)の相互関係を明らかにする。

(3) 官能評価(感覚的)および味覚細胞応答測定(科学的)による澱粉共存下での、味覚応答評価系の検討: 食品としての米粒および米澱粉ゾル・ゲルの「味の知覚強度」について、ヒトによる官能評価および受容体を導入した味覚細胞による測定を行い、2つの手法が相補的に利用できるのかを検討する。

4. 研究成果

(1) 変異体米および澱粉の構造解析
既に、澱粉の構造解析は進められていたが、分離米澱粉の構造特性は、真のアミロース含量は、SSIIa は 20.0%、日本晴 15.0%であ

り、SSIIa は超長鎖が 4.8%、日本晴は 0.4%であった。SSIIa は藤田らにより変異体の分離がされ、酵素の伸長作用が明らかにされている。変異体米の構造改変は、わずかな変動はあるものの、その改変の傾向は安定している。SSIIa は 2 個以上のクラスターにまたがるような長鎖を合成する酵素であり、それが欠損した変異体米分離澱粉は、アミロースおよびアミロペクチンの長鎖が増加していることが示された。糖合成酵素の欠損により、房を形成するアミロペクチンの短鎖の構成割合が異なることが示された。また、水分散系におけるレオロジー特性では、SSIIa はきわめて低い粘弾性特性を示し、超長鎖が多く短鎖が少ないアミロペクチン構造を持つ米澱粉の特性であると考えられる。以上の結果より、SSIIa の活性をコントロールすることは、低粘度澱粉を生合成させたい場合の指標になると考えられた。

(2) 新規米澱粉と共存する味物質の溶出挙動の相互関係: 新規米澱粉のレオロジー特性が顕著に異なったため、溶出する「味物質」の溶出挙動にも影響を及ぼすと推測した。まず、高分子多糖の共存系のモデルとして、デキストラン、可溶性デンプン、アミロペクチンを水に分散させ、そこに味物質を溶解した系を用いた。この 3 種の糖は、分子量が異なり、デキストラン(約 94,000)、可溶性デンプン(約 15,000)、アミロペクチン(約 780,000 と 220,000 のダブルピーク)であった。分散媒によっても異なるが、可溶性澱粉とアミロペクチンでは約 50 倍の分子量の違いがあった。共存する味物質の溶出量を測定した結果、その量は分子量が大きくなるほど減少する傾向が見られた。

(3) 官能評価(感覚的)および味覚細胞応答測定(科学的)による澱粉共存下での、味覚応答評価系の検討: 糖の溶出量は客観的に測定できるが、その量に応じた知覚強度の測定手法は確立されていない。本研究では、味覚細胞応答測定を用いて、高分子多糖共存下の応答反応測定の可能性を検討した。その結果、溶媒の浸透圧によって、測定濃度の範囲は限られるが、応答反応が測定できることが示された。研究協力者によって、味覚細胞応答測定の応答強度は官能評価の強度判定と近似した傾向を示すことは示唆されたが、測定結果の精度を検討する必要があると、評価法の確立はできなかった。しかし、今後、さらに分散系の条件を詳細に検討し、味覚細胞応答測定の条件を確立したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

早川文代, 風見由香利, 阿久澤さゆり,

井奥加奈, 西成勝好, 神山かおる, 種々の食物名からみた日本語テクスチャー用語の特徴づけ, 日本食品科学工学会誌, **65**, 363-374 (2018) 査読有

Adawiyah, D.R., Akuzawa, S., Sasaki, T., Kohyama, K., A comparison of the effects of heat moisture treatment (HMT) on rheological properties and amylopectin structure in sago (Metroxylon sago) and arenga (Arenca pinnata) starches, J. food Sci. and Tech., **54**, 3404-3407. (2017) 査読有

Kakutani Y, Narumi T, Kobayakawa T, Kawai T, Kusakabe Y, Kunieda S, Wada Y. Taste of breath: the temporal order of taste and smell synchronized with breathing as a determinant for taste and olfactory integration. (2017 Sci Rep. 2017 Aug 21;**7**(1):8922. 査読有

Nuemket N, Yasui N, Kusakabe Y, Nomura Y, Atsumi N, Akiyama S, Nango E, Kato Y, Kaneko MK, Takagi J, Hosotani M, Yamashita A. Structural basis for perception of diverse chemical substances by T1r taste receptors. Nat Commun. (2017) **8**:15530. 査読有

Matsubara K., Kasai S., Masuda T., Shoji T., Hayakawa F., Kazami Y., Ikehata A., Yoshimura M., Kusakabe Y., Wada Y., Estimation of subjective internal browning severity ratings for scanned images of Fuji apples, Food Science and Technology Research, **23**, 545-549 (2017) 査読有

Nango E, Akiyama S, Maki-Yonekura S, Ashikawa Y, Kusakabe Y, Krayukhina E, Maruno T, Uchiyama S, Nuemket N, Yonekura K, Shimizu M, Atsumi N, Yasui N, Hikima T, Yamamoto M, Kobayashi Y, Yamashita A* "Taste substance binding elicits conformational change of taste receptor T1r heterodimer extracellular domains" Sci. Rep. (2016) **6**, 25745.2 査読有

Kohyama K., Hayakawa F., Kazami Y., Nishinari K., Sucrose release from agar gels and sensory perceived sweetness, Food Hydrocolloids, **60**, 405-414 (2016) 査読有

[学会発表](計 11 件)

後藤大地、阿部克、白鳥龍一、花城勲、中村保典、伊藤紀美子: BE 発現抑制による超高アミロース・コメデンプンの開発, 日本農芸化学会 2018 年度大会, 2018.3.17.

王甜甜、吉崎由美子、花城勲、奥津果優、二神泰基、玉置尚徳、高峯和則: 製麹段階におけるデンプン構造の変化, 第 24 回日本生物工学会九州支部沖縄大会, 2017.12.09.

金古堅太郎、椎名将平、太田奈々恵、徳永成就、野見山奨、花城勲、三ツ井敏明: 米粒白濁化メカニズムの解明 - 澱粉粒構造と澱粉鎖長分布の解析 -, 日本応用糖質科学会平成 29 年度大会 (第 66 回), 2017.09.06.

堅持智博、牛島雄毅、石原田紘平、松永幸太郎、花城勲: アミロペクチン超長鎖が米粉パンの容積とやわらかさに及ぼす影響, 日本応用糖質科学会平成 29 年度大会 (第 66 回), 2017.09.06.

伊藤可那, 福島真美子,花城勲, Goizeder Almagro, Javier Pozueta-Romero, Hideyuki Takahashi, Toshiaki Mitsui, Kimiko Itoh: OsGBSSI による大腸菌グリコーゲンの代謝に及ぼす影響, 日本応用糖質科学会平成 29 年度大会 (第 66 回), 2017.09.06.

日下部 裕子、進藤 由美子、河合 崇行、山本 万里、和田 有史、甘味受容体応答、甘味強度および唾液分泌の関係、日本味と匂学会第 51 回大会、神戸 2017.09.26.

Kusakabe Y., Ito Y., Kawai T., Yamamoto Y., Wada Y., Response to sweeteners as measured by sweet taste receptor reaction, sensory evaluation of taste intensity, and salivary secretion. The 16th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception 福岡 2017.11.3.

Kusakabe Y., Okano M., Shindo Y., Yamashita A., Kawai GT., Role of the C-terminal region of T1r3 in the membrane trafficking of taste receptor T1r2/T1r3, 17th International Symposium on olfaction and taste (第 17 回国際嗅覚・味覚シンポジウム), 2016.06.07.

堅持智博、牛島雄毅、坂田依久美、石原田紘平、松永幸太郎、花城勲: アミロペクチン構造の違いが米粉パンのやわらかさに及ぼす影響, 日本応用糖質科学会平成 28 年度大会 (第 65 回), 2016.9.14.

日下部裕子、岡野正代、進藤由美子、河合崇行、甘味受容体 T1r2/T1r3 の膜移行に対する T1r3 の C 末端配列の役割、日本味と匂学会 49 回大会、2015.09.

日下部裕子、味覚受容の仕組みを利用した味の評価方法、第 67 回日本生物工学会大会、2015.10.

〔図書〕(計2件)

Hayakawa F., Vocabularies and terminologies of food texture description and characterization. in *Modifying food texture Vol.2 Sensory analysis, consumer requirements and preferences*, Chen, J. & Rosenthal, A. Ed., pp.3-18, Woodhead Publishing. (2015)

I. Hanashiro: Fine structure of amylose. In *Starch, Metabolism and Structure*, ed. by Nakamura Y. Chap. 2 pp41-60, (2015)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：塩味増強剤
発明者：安室憲一、足立謙次、安部忍、濱口隆、河合崇行、日下部裕子
権利者：小川香料株式会社、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
種類：産業財産権
番号：特開 2016-106547
出願年月日：2014年12月3日
国内外の別：国内

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿久澤 さゆり (AKUZAWA SAYURI)
東京農業大学・応用生物科学部・教授
研究者番号：60256641

(2) 研究分担者

早川 文代 (HAYAKAWA FUMIYO)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品機能研究領域・主任研究員
研究者番号：00282905

花城 勲 (HANASHIRO ISAO)
鹿児島大学・農学部・准教授
研究者番号：30336325

(3) 連携研究者

日下部 裕子 (KUSAKABE YUKO)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品総合研究所・食品機能研究領域・上席研究員
研究者番号：90353937

(4) 研究協力者

()