

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K02192

研究課題名（和文）「米の高次機能利用」をめざした新規米澱粉の物性制御と味覚応答評価系の構築

研究課題名（英文）Construction of evaluation system of property control and taste response of novel rice starch aimed at utilization of rice higher-order function

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） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：レトロトランスポゾンTos17の挿入により糖合成酵素の欠損した米を作出し、その構造解析およびレオロジー特性を検討し、変異体米の特性を示した。さらに、糊液に味物質を共存させ、開発した味覚DNAチップの味覚細胞応答評価を用いて味物質の応答を測定した。味強度は共存する澱粉の分子量に影響された。この成果は、官能評価による味強度の評価とともに、味覚細胞における知覚強度を数値化できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

変異体米として、米に新たな機能性を付加することができる方法を示し、さらに、変異体米の米粒の炊飯特性、胚乳分離澱粉の構造とレオロジー特性、さらに味覚細胞を用いて、高分子多糖の物質特性により、共存する味物質の応答強度が異なることを示し、共存する「味物質」の知覚強度を評価する新しい味覚応答評価系を示した。変異体米は「米の機能性」と「味覚強度」の2要素を制御できる高次機能性食品素材として利用することができ、食品素材を用いた料理を考案することで、ヒトの摂食能力に応じた「味わう楽しみ」と「健康寿命の延伸」に貢献できると考える。

研究成果の概要（英文）：Starch synthase III-deficient rice mutant lines was generated using Tos17 insertion. We analyzed these rice grains, the starch structure, and the rheological properties of starch pastes. In addition, we evaluated the taste cell response using the developed taste DNA chip. This taste intensity was influenced by the molecular weight of these starches. This result showed that the perceptual intensity in taste cells can be quantified as same as the evaluation of taste intensity by sensory evaluation.

研究分野：調理科学分野

キーワード：澱粉 味物質 構造解析 レオロジー

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

米を主食として、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ことが必要である。そのためには、食素材の「改良」ととどまらず、新しい食素材を創出し、その構造とレオロジー特性、さらに食品としての味の知覚強度の相互関係を明らかにし、「食素材・食品の創出」と「味覚応答評価系の構築」の相互関係の解明は学術的にも大きな意義があると考えられる。

2. 研究の目的

新規米澱粉の独特の構造を解析して新しく付与された機能性を明らかにし、さらに、味物質を共存させた系において味の知覚強度の相互関係を検討することにより、客観的な味覚応答評価系を構築することである。

3. 研究の方法

- (1) 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：イネの澱粉合成酵素を欠損させた変異体米を作出し、その胚乳から澱粉を分離した。分離澱粉のアミロースおよびアミロペクチンの構造解析および分子量分布の測定を行い、変異体米分離澱粉の特性を解析した。また、米粒の形状および炊飯特性を測定し、食材としての変異体米の評価を行った。
- (2) 新規米分離澱粉を糊化させた糊液の粘度および粘弾性挙動などのレオロジー特性を測定した。食品の多くは高分子多糖と味物質が共存しているため、添加した味物質の溶出挙動を測定した。
- (3) 味覚細胞応答測定による味物質の応答強度の測定と、ヒトによる官能評価による味強度の測定を行い、2つの手法の評価結果の関連性を検討した。

4. 研究成果

変異体米の米粒の特徴は、インディカ種のように長い形状であり、明確な破断点を示す炊飯米で、野生型とは異なる特性であることが示された。分離澱粉糊液は、水のように粘弾性の極めて低い糊液で、野生型の米澱粉とはまったく異なる粘弾性特性であった。変異体米は、調理方法を工夫することで、低粘度の機能性米として利用できると考えられた。

変異体米分離澱粉のアミロペクチンの単位鎖長分布は、DP6-9が減少し、DP10-15が増加しており、A鎖、B3鎖の割合が減少したことが示された。平均分子量が野生型と比較して約2/3に減少しており、慣性半径が小さかったことから、アミロペクチンを構成するクラスターが全体的に小さいのではないかと推察され、この構造の違いは糊液の動的粘弾性にも反映されていた。

澱粉糊液を2層に分けたうちの上澄み画分中の全糖量の比率は、野生型21%、変異体米37%であり有意に高かった。一方で、変異体米の沈殿画分中の全糖量の比率は有意に低かった。このことから、変異体米の澱粉糊液のペースト特性は、低分子多糖の構成比率が多く、野生型の米とは著しく異なっていることが示された。

一方、分離した澱粉と共存する味物質への影響について検討した。モデル実験としての共存多糖として、可溶性澱粉、デキストラン、アミロペクチンを用いた。さらに、変異体米澱粉、および湿熱処理変異体米澱粉を用いて糊液を調製し、味物質を添加した系を測定用試料溶液とした。半透膜内から水へ拡散した時間経過にともなう物質量を測定した。甘味受容細胞は、細胞が何ら

かの理由でダメージを受けた場合、甘味受容体が甘味物質を受容していなくても細胞が発光してしまうため、受容体遺伝子は導入せず、蛍光指示薬のみを加えたネガティブ細胞、及び本試験でも使用する受容体遺伝子を導入した細胞を作成し、それぞれの高分子多糖が細胞の性状に浸透圧などのダメージを与えない物質であるかの確認を行った。その結果、可溶性澱粉のみ細胞が強く発光し、細胞にダメージを与える物質であることが確認された。味物質の濃度が高いほど応答強度も高くなり、高分子多糖が共存している分散系においても味物質の濃度勾配を検出できることが示された。また、米末処理澱粉では、米澱粉の濃度が高くなるに従い、細胞の応答強度が低下する傾向が認められた。さらに、高分子多糖の種類にかかわらず高分子多糖が共存することにより拡散量の減少が認められた。また、可溶性澱粉、デキストラン、アミロペクチンよりも米澱粉及び湿熱処理米澱粉の方が拡散量は少なく、これは、共存している高分子多糖の分子量が大きいほど、物質の拡散を物理的に阻害するのではないかと考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kusakabe, Y., Shindo, Y., Kawai, T., Maeda-Yamamoto, M., Wada, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Relationships between the response of the sweet taste receptor, salivation toward sweeteners, and sweetness intensity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Food Science and Nutrition	6. 最初と最後の頁 719-727
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/fsn3.2036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ogawa, Y., Kawai, T., Kusakabe, Y.	4. 巻 26
2. 論文標題 Evaluation of Taste Solutions with or without Aromas Based on the Relationship between Individual Resting and Stimulated Salivation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 451-457
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3136/fstr.26.451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ogawa, Y., Kohyama, K., Kusakabe, Y.	4. 巻 26
2. 論文標題 Salivation Correlates with Masseter Muscle Activity and Partially Depends on the Physical Characteristics and Volume of Food Consumed at One Time	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Food Science and Technology Research	6. 最初と最後の頁 535-543
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3136/fstr.26.535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Minemura, T., Matsumori, S., Akuzawa, S.	4. 巻 29
2. 論文標題 Comparison of Cooked Rice and Starch Paste Properties of Mutant Rice	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Health Medicine Association	6. 最初と最後の頁 425-433
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Yoshida, Norihisa Yasui, Yuko Kusakabe, Chiaki Ito ,Miki Akamatsu, Atsuko Yamashita	4. 巻 14
2. 論文標題 Differential scanning fluorimetric analysis of the amino-acid binding to taste receptor using a model receptor protein, the ligand-binding domain of fish T1r2a/T1r3	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLoS ONE	6. 最初と最後の頁 e0218909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0218909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 J. Nagaoka, K. Wada, M. Kato, N. Fujita, N. Tanaka, T. Irisawa, S. Akuzawa	4. 巻 45
2. 論文標題 Characterization of fermented rice bran from Heshiko and isolation of amylase-producing bacteria	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food Preservation Science	6. 最初と最後の頁 85-93
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 原博子, 青山泰, 阿久澤さゆり, 横井琢也	4. 巻 66
2. 論文標題 製糖時期の遅れが黒糖の品質に与える影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本食品科学工学会誌	6. 最初と最後の頁 9-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Minami, Y. Kyutoku, M. Okamoto, Y. Kusakabe, T. Koizumi, I. Dan	4. 巻 13
2. 論文標題 Mental representation of domestic cooking operations among Japanese consumers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Int J Gastron Food Sci	6. 最初と最後の頁 38-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijgfs.2018.05.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 日下部 裕子, 河合 崇行, 小川 雪乃
2. 発表標題 静止唾液分泌量と刺激時唾液分泌量の関係に基づいた味と香りの評価
3. 学会等名 日本味と匂学会第53回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡邊 敬、黒田華蓮、日下部裕子、阿久澤さゆり
2. 発表標題 水分散系に共存する多糖が甘味受容に及ぼす影響
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合 崇行, 日下部 裕子, 小川 雪乃
2. 発表標題 Sour suppressing effects by experienced flavors
3. 学会等名 The 18th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory Perception (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 河合 崇行, 日下部 裕子, 小川 雪乃
2. 発表標題 甘味と連合記憶した香りによる酸味抑制効果
3. 学会等名 日本味と匂学会第53回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 雪乃, 神山 かおる, 日下部 裕子
2. 発表標題 Evaluation of non-flavored/flavored taste solution using the relationship between resting and stimulated salivation
3. 学会等名 The 48th Naito Conference, Integrated Sensory Sciences - Pain, Itch, Smell and Taste (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川 雪乃, 神山 かおる, 日下部 裕子
2. 発表標題 物理特性の異なるゲルの咀嚼による唾液分泌は咬筋活動と相関する
3. 学会等名 日本味と匂学会第53回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 花城 勲
2. 発表標題 澱粉の構造の解明に向けて
3. 学会等名 第59回 澱粉研究懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 峯田絵理、宮中宏暢、水上浩之、花城勲
2. 発表標題 製麴における酵素発現様式と米のデンプン構造との関係
3. 学会等名 日本食品科学工学会第66回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 峯田絵理、宮中宏暢、水上浩之、花城勲
2. 発表標題 剪断時間の異なる炊飯米ゲルの物理的特性と澱粉構造との関係
3. 学会等名 日本応用糖質科学会令和元年度大会（第68回）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 日下部 裕子、小川 雪乃、河合 崇行
2. 発表標題 基本味刺激に対する唾液分泌量および唾液中成分の変化
3. 学会等名 日本味と匂学会第52回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川 雪乃、日下部 裕子
2. 発表標題 食物の硬度・弾性・一回あたりの摂取量が唾液分泌量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本味と匂学会第52回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤川誠二、宮澤利夫、佐久間克也、村西修一、日下部裕子
2. 発表標題 Characterization of cooling agents by TRPM8 and TRPA1 activit.
3. 学会等名 日本味と匂学会第52回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 喜多 志保子、日下部 裕子、山下 敦子
2. 発表標題 味覚受容体T1R2/3の甘味物質応答に対する亜鉛イオンの作用
3. 学会等名 日本薬学会第139年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 高志、安井 典久、渥美 菜奈子、日下部 裕子、山下 敦子
2. 発表標題 Protein thermal shift assay indicated a broad amino acid-binding capability of the ligand-binding domains of fish T1r taste receptor
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory perception (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小川 雪乃、日下部 裕子
2. 発表標題 Effects of food hardness, elasticity, and amount taken at a time on salivation
3. 学会等名 The 17th International Symposium on Molecular and Neural Mechanisms of Taste and Olfactory perception (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 メントールの刺激抑制剤および刺激抑制方法	発明者 日下部 裕子 他7名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2018-114329	取得年 2018年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	日下部 裕子 (KUSAKABE Yuko) (90353937)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・ユニット長 (82111)	
研究分担者	花城 勲 (HANASHIRO Isao) (30336325)	鹿児島大学・農水産獣医学域農学系・准教授 (17701)	
研究分担者	早川 文代 (HAYAKAWA Fumiyo) (00282905)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・食品研究部門・ユニット長 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関