

機関番号：32658

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500691

研究課題名（和文） テーラード食品をめざした新規構造澱粉の作出と物性制御に関する研究

研究課題名（英文） Rheological properties of SSIIIa-deficient mutants of rice grain and the starch towards tailor-made carbohydrate foods

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・准教授

研究者番号：60256641

研究成果の概要（和文）：

日本晴を親にして、澱粉合成酵素の働きを抑えて特性を変化させた変異体米(SSIIIa)を作出し、その米の精白米と分離した米澱粉の特性を検討した。その結果 SSIIIa の精白米は、日本晴と近似していたが、炊飯によって縦に長くなる形状で、粘らずもろい特性を示した。これらの特徴は、澱粉中のアミロペクチンの構造変化によるもので、国内産米の利用の拡大につながると期待された。

研究成果の概要（英文）：

Starch synthase IIIa (SSIIIa)-deficient rice mutant, that was completely absent in SSIIIa activity, and the parental Nihonbare were characterized to reveal the relationship between the structure of the endosperm starches and the rheological properties of its starch pastes. The length and width of raw rice grains of SSIIIa and Nihonbare were similar, but the cooked rice grains of SSIIIa became longer than Nihonbare. The characteristic force-strain curve on cooked rice grain of SSIIIa was showed brittleness. Changes in the pasting and rheological properties of SSIIIa were mainly caused by the structure of amylopectin and SSIIIa was thought to be useful food material as a domestic rice crop.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学

キーワード：食素材、物性、澱粉、米、変異体米、日本晴、澱粉合成酵素、破断特性

1. 研究開始当初の背景

米は主食であり自給できる作物である。澱粉はイネ胚乳成分の約80%を占めており、その特性は、炊飯米の食味や形状、米粉の加工特性に大きく影響を及ぼしている。国内産の

米の利用拡大のために、イネ胚乳澱粉の生合成に関与する酵素を欠損させた変異体を作成し、新しい特性を持つ米の開発をめざす。

2. 研究の目的

本研究は、イネの遺伝子組み換え技術ではなく、自然交配による変異体米の作出により、ユニークな構造を持つ米および米澱粉を創出するとともに、その澱粉構造とレオロジー特性の相互関係を明らかにすることで、新規構造澱粉がもつ新しい機能性を利用した「テーラーメイド食品」の開発をめざすことを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 単離された変異体米(スターチシンターゼ IIIa 型)の栽培、および米粒の特徴

日本晴を親にした変異体米(スターチシンターゼ IIIa 型(SSIIIa))の作成と栽培を行い、米の性状は走査型電子顕微鏡(SEM、現有設備)による観察と成分分析、精白米および炊飯米について、米粒の長さ、幅、厚さを測定し、さらに炊飯米の破断測定を行い、得られた応力-歪曲線から破断荷重(N)、破断歪率(%)を算出した。

(2) 分離精製澱粉の構造解析および糊液のレオロジー特性

分離精製澱粉は、走査型電子顕微鏡(SEM、現有設備)による澱粉粒の観察、アミロース含量、酵素分解による結晶構造の推測(現有設備)、HPAECによるアミロペクチンの超長鎖を含む鎖長分布の測定、多角度光散乱検出器による分子量および慣性半径の測定、を行い澱粉の結晶構造、鎖長分布および分子特性測定した。また、分離澱粉の糊液のレオロジー特性は、4%の澱粉糊液を調製し、動的粘弾性を測定した。

4. 研究成果

(1) 単離された変異体米(スターチシンターゼ IIIa 型)の米粒の特徴

日本晴(野生型)の長さは平均 5.1mm、幅 2.8mm で、変異体米(SSIIIa)の長さは 5.5mm、幅 3.0mm でほぼ同じ大きさであった。千粒の重量は日本晴 20.0g、SSIIIa は 21.5g であり、SSIIIa は、米粒の形状および密度ともに日本晴と同程度で、日本晴と同様に通常の胚乳が形成されていることが示された。

炊飯した米の形状を比較すると、生米に比べて、日本晴は長さが 1.57 倍、幅は 1.31 倍に膨張し、一方、SS a は長さが 1.82 倍、幅は 1.01 倍であり、日本晴に比べて縦長の炊飯米であることが分かった。

炊飯米の破断特性では、破断荷重は 0.8N で、ほぼ同じ値であったが、日本晴は明確な破断点を示さない平衡破断を示し、SS a は明確な破断点を示す脆い炊飯米であった。表面の付着性は、SSIIIa は日本晴に比べて著しく低い値であり、SSIIIa の炊飯米の特性は、

細長い形状で、もろく表面の付着性が低い特性を示すことが明らかとなった。

(2) 分離精製澱粉の構造解析および糊液のレオロジー特性

澱粉の酵素消化性を検討するために、ブタ膵臓 α -アミラーゼを生澱粉に 5 時間および 24 時間作用させた後、フェノール硫酸法と Somogyi-Nelson 法を用いて糖量を測定し、消化率を算出した。日本晴は、5 時間で約 34%、24 時間では約 47% であり、SSIIIa もほぼ同程度で、顕著な違いは認められなかった。

結晶性は全ての試料で A 型図形を示し、結晶化度は約 10% であった。日本晴、SSIIIa ともに消化時間の増加に伴い、5a のピークがわずかに強くなる傾向を示したが、結晶性は顕著な変化は認められなかった。

HPAEC で測定した日本晴分離澱粉のアミロペクチンの単位鎖長分布測定結果から算出した各鎖長の割合を図 1 に示した。

日本晴、SSIIIa ともに d.p.12 にピークを持つ単位鎖長分布を示し、鎖長ごとの比較では、SSIIIa は日本晴に比べ DP6-9 が減少し、DP10-15 が増加していた。

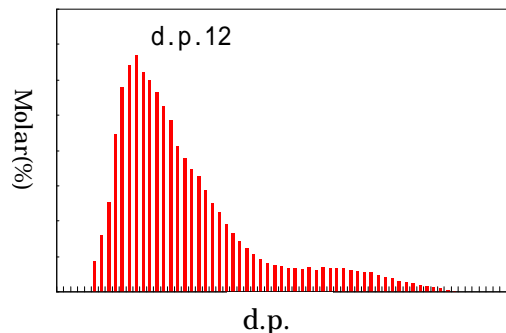


図1 アミロペクチンの鎖長分布測定

RVA による澱粉のペースト特性は、SSIIIa は日本晴に比べて最高粘度、最終粘度ともに著しく低く、極めて低粘度であるとともに、過熱過程の澱粉粒の膨潤と崩壊に伴う変化がわずかであることが示され、安定した粘度を持つ澱粉であることが示された。これらのペースト特性は、澱粉の特性が大きく反映されることから、SSIIIa の澱粉は、日本晴とはまったく異なる特性を持つことが明らかとなった。

日本晴および SSIIIa の分離澱粉について、ShodexGPC-11 MALLS システムを用いて、平均分子量および慣性半径を測定した結果、澱粉からアミロペクチンを分離していないため、アミロペクチンとアミロースの 2 つのピークが観察された。各ピークの散乱強度は、第 1 ピークが著しく大きく、このピークがアミロペクチンの溶出ピークであるため、第 1 ピークの平均分子量を算出した。第 1 ピークの平均分子量は、SSIIIa は日本晴に比べて約

2/3程度の小さい分子量を示し、慣性半径も減少していた。

糊液の動的粘弾性では、1.0HzにおけるG'は日本晴が11Pa、SSIIIaは4.6Paであり、SSIIIaが日本晴に比べ顕著に低値を示しており、RVAの結果と同様にSSIIIaは日本晴よりゲルの粘弾性が低いことが示された。

以上の結果から、SSIIIa(変異体米)の特性は、日本晴(野生型)と比較して、澱粉蓄積量は同程度であり、その炊飯米はもろく表面の付着性が低い特性を持つことが分かった。また、ペースト特性および糊液の粘弾性特性においても、著しく粘度および粘弾性が低い特性を持つことが明らかとなった。SSIIIaは米粒および分離澱粉は、低付着性、低粘度特性および難消化性成分を有する国内産米として利用できると考えられた。

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19件)

藤田直子、阿久澤さゆり、米澱粉系新規高機能性食品素材および添加剤の開発。New Food Industry、依頼執筆(査読なし) Vol 52、2010、41-48。

藤田直子、阿久澤さゆり、ユニークな澱粉を貯める米の開発とその利用可能性、食品と容器、依頼執筆(査読なし) Vol 51、2010、656-663

堀 光代、長野宏子、阿久澤さゆり、下山田 真、吉田一昭、岐阜県産小麦粉の製パン性の検討 製粉法による粒度の面から、日本調理科学会誌、査読有、Vol43、2010、31-37

Matsushima R、Maekawa M、Fujita N、Sakamoto W、A Rapid, Direct Observation Method to Isolate Mutants with Defects in Starch Grain Morphology in Rice。Plant Cell Physiol. 査読有、51、2010、728-741

Hayakawa F、Kazami Y、Wakayama H、Oboshi R、Tanaka H、Maeda G、Hoshino C、Iwawaki H and Miyabayashi T、Sensory lexicon of brewed coffee for Japanese consumers, untrained coffee professionals, and trained coffee tasters、Journal of Sensory Studies、査読有、25、2010、917-939

Hayakawa F、Ukai N、Nishida J、Kazami Y and Kohyama K、Lexicon for the sensory description of French bread in Japan、Journal of Sensory Studies、査読有、25、2010、76-93

Md.Latiful Bari、Nei D、Sotome I、Nishinari Y、Hayakawa F、Isobe S and

Kawamoto S、Effectiveness of Superheated Steam and Gas Catalytic Infrared Heat Treatments to Inactivate Salmonella on Raw Almonds、Foodborne Pathogens and Disease、査読有、7、2010、7

Kohyama K、Hanyu T、Hayakawa F and Sasaki T、Electromyographic Measurement of Eating Behaviors for Buckwheat Noodles、Bioscience Biotechnology and Biochemistry、査読有、74、2010、56-62

Toyosawa Y、Fujita N、Nishi A、Nakamura Y、Satoh H、Screening of Pullulanase deficient mutants of rice。Rice Genetics Newsletter、査読有、25、2009、42-43

Fujita N、Toyosawa Y、Utsumi Y、Higuchi T、Hanashiro I、Ikegami A、Akuzawa S、Yoshida M、Mori A、Inomata K、Itoh R、Miyao A、Hirochika H、Satoh H、Nakamura Y、Characterization of PUL-deficient mutants of rice (Oryza sativa L.) and the function of PUL on the starch biosynthesis in the rice endosperm。J. Exp. Bot.、査読有、2009、60、1009-1023

Hayakawa F、Kazami Y、Fujimoto S、Kikuchi H and Kohyama K、Time-intensity analysis of the sourness of gummy jellies Available in Japan、Food Science and Technology Research、査読有、15、2009、75-82

吉田順子、添田博、菊池英夫、神山かおる、早川文代、官能評価による市販加工肉シウマイの品質特性の比較、日本食品科学工学会誌、査読有、56、2009、85-94

Takahashi T、Hayakawa F、Kumagai M、Akiyama Y and Kohyama K、Relations among mechanical properties, human bite parameters, and ease of chewing of solid foods with various textures、Journal of Food Engineering、査読有、95、2009、400-409

Ikeda M、Mastumori S、Akuzawa S、Effect of heat-Moisture Treatment on the Digestibility and Viscous Characteristics of Hard Wheat Flour and Separated Wheat Starch、Food Pre. Science、査読有、34、2008、203-208

Fujita N、Goto S、Yoshida M、Suzuki E、Nakamura Y、The function of rice starch synthase I expressed in E. coli。J Appl. Glycosci. 査読有、55、2008、167-172

Satoh H、Shibahara K、Tokunaga T、Nishi A、Tasaki M、Hwang S-K、Okita TW、Kaneko N、Fujita N、Yoshida M、Hosaka Y、Sato A、Utsumi Y、Ohdan T、Nakamura Y、Plastidic -glucan phosphorylase mutation dramatically affects the synthesis and structure of starch in rice endosperm、

Plant Cell, 査読有, 20, 2008, 1833-1849
Kohno K, Hayakawa F, Xichang W, Shunsheng C, Yokoyama M, Kasai M, Takeuchi F and Hatae K, Comparative study of texture terms: English, French, Japanese, and Chinese, Journal of Texture Studies, 査読有, 39, 2008, 530-568

戸田貞子, 早川文代, 香西みどり, 畑江敬子, 高齢者に対する牛肉の食べやすさの調理による向上, 日本家政学会誌, 査読有, 59, 2008, 881-890

Kohyama K, Sasaki T and Hayakawa F, Characterization of Food Physical Properties by the Mastication Parameters Measured by Electromyography of the Jaw-Closing Muscles and Mandibular Kinematics in Young Adults, Bioscience Biotechnology and Biochemistry, 査読有, 72, 2008, 1690-1695

〔学会発表〕(計7件)

Fujita N, The function of starch synthase isozymes in rice developing endosperm. AACCC annual meeting (アメリカ穀物学会 2010 年大会, Savannah, USA) 2010, 10. 26, 招待講演

峰村貴男 他、日本晴変異体米の炊飯特性と糊液のレオロジー的性質、日本食品科学工学会第57回大会、2010年9月2日、東京農業大学

田中真紀子 他、対馬の保存食「せん」の理化学的特性と「ろくべえ」のゲル物性、日本食品科学工学会第57回大会、2010年9月2日、東京農業大学

佐藤かを理 他、新規アミロライスから分離した澱粉の構造と糊化特性に関する研究、日本食品科学工学会第57回大会、2010年9月3日、東京農業大学

阿久澤さゆり 他、和菓子の餡に用いられる原料豆の澱粉の物理化学的特性と選択特性、日本食品科学工学会第57回大会、2010年9月2日、東京農業大学

池上 享 他、イネスターチシンターゼ (SSIIIa) 変異体米の澱粉の分子構造と利用性に関する研究、日本食品科学工学会第56回大会、2009年9月10日~12日、名城大学

池上 享 他、スターチシンターゼ IIIa (SSIIIa) 変異体の胚乳澱粉の分子構造と物性に関する研、日本レオロジー学会、2008年10月6日、新潟コンベンションセンター

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・准教授
研究者番号：60256641

(2) 研究分担者

藤田 直子 (FUJITA Naoko)
秋田県立大学・生物資源科学部・准教授
研究者番号：90315599

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

(3) 連携研究者

無