

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：33101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02891

研究課題名(和文) 生物的、物理的手法による良食味で難消化性の加工米飯の開発及び機能発現機構の解明

研究課題名(英文) Development of palatable and indigestible processed rice and elucidation of mechanism by biological and physical method

研究代表者

大坪 研一 (Ohtsubo, Ken'ichi)

新潟薬科大学・応用生命科学部・教授

研究者番号：80353960

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、食味及び機能性の高い加工米飯を開発し、良食味性と高機能性(難消化性)の発現機構を解明することである。一般米、巨大胚芽米及び超硬質米を対象に、食味特性及び機能性を評価するとともに、海藻抽出物の添加、発芽処理あるいは超高压処理を施すことによって特性を改善した。超硬質米の場合は、澱粉特性、特にアミロペクチン中長鎖の割合が米飯物性や熱糊化特性を介して食味と難消化性に影響するということが明らかになった。また、巨大胚芽米の赤タマネギ添加発芽玄米の場合は、植物ホルモンを介して発芽が促進され、高压処理による酵素の活性化と澱粉構造の変化が食味の改善に寄与していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to develop a palatable and bio-functional (low-digestible) rice product and to elucidate the mechanism. Using ordinary rice, giant-embryo rice or super-hard rice, we evaluated eating quality and low-digestibility, and it became possible to improve the characteristics. In case of the super-hard rice, it was clarified that the starch properties, especially contents of medium to long chains of the amylopectin, affect the eating quality and low-digestibility through the physical properties and pasting properties. In the case of giant-embryo rice, it was indicated that germination was accelerated by the addition of red onion through the increase of phyto-hormone like IAA and high-pressure treatment improves palatability through the activation of enzymes and change in starch structure.

研究分野：食品科学

キーワード：米 食味 機能性 高压処理 発芽 難消化性

1. 研究開始当初の背景

わが国は高齢化率 25.1% (2013 年) の高齢社会であり、国民医療費は、38.4 兆円 (2012 年) と増加し、生活習慣病の予防と健康増進による医療費削減が必要である。また、食料自給率も約 39% (2012 年) と低く、自給可能な米や和食を中心とする健康的な食生活の推進が求められている。少子高齢化社会においては、糖尿病や肥満を予防する健康増進型の食生活が必要であり、米を中心とする食料自給率を高める食事が望まれている。糖尿病有病者と予備群は約 2,050 万人と推計され (2013 年)、食後血糖上昇を抑制する食品による発症予防が期待されるが、ほぼ毎日食される米飯において血糖上昇が抑制されれば、糖尿病発症予防効果が高いと予測され、医療費削減と食料自給率の向上の両面で有意義と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、上記の背景のもと、おいしくて機能性のある米飯を開発し、その機能性発現機構を解明することを目的とする。超高压加工で機能性成分を抽出して米に付与し、食後血糖上昇抑制効果に関する動物飼育試験を代替できる米飯の理化学的難消化性評価技術を開発し、米飯一粒による物性測定や微量高感度呈味成分の測定などの食味の新規評価技術を開発し、とによって、良食味原料米の選抜および加工条件の選定を行い、良食味を維持しながら、同時に難消化性の機能を有する加工米飯を開発し、その機能発現機構を蛋白化学的、細胞生物学的に解明することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 食味関連成分の測定

近赤外分光分析によって試料の水分及び蛋白質を測定し、ヨード呈色多波長走査分析によって、アミロース含量、アミロペクチン中長鎖割合および難消化性デンプン含量を推定した。

(2) 糊化特性の測定

ラピッドビスコアアナライザー (RVA) を用いて試料米粉および米デンプンの糊化特性を評価した。

(3) 米飯物性の測定

テンプレッサーによる低圧縮・高圧縮連続測定により、米飯表層及び全体の物性を測定した。

(4) 機能性成分の測定

メガザイムキット法によって各種アミラーゼ活性、難消化性デンプン、食物繊維含量を測定した。

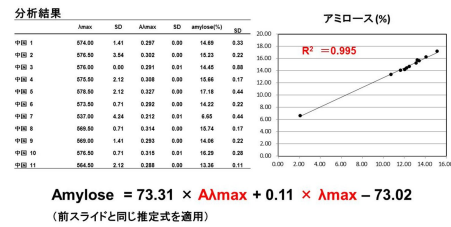
4. 研究成果

(1) 中国産ジャポニカ米の食味評価

当研究室で開発した「ヨード比色走査分析法」と「RVA 分析法」をさらに改良し、アミロースに加えてアミロペクチン画分や難消化性

澱粉の推定精度を向上させ、外国産ジャポニカを含む広範な試料にも適用可能とした。

中国産日本型米11品種によるアミロース含量推定式の検定 (天津農学院・崔晶教授との共同研究)



検量線を作成せずにアミロース含量の推定が可能になった

図1 アミロース推定式の中国産米への適用例

(2) 有望変異米の評価

高温耐性米の食味評価

三ツ井研究室の高温耐性変異系統を対象に、成分分析、糊化特性試験、米飯物性測定およびヨード呈色走査分析を行い、高温耐性の新系統は、コシヒカリに近い良好な食味を示すことを明らかにした。新潟大で育成中の高温耐性品種 NU1 号の食味特性の理化学的評価を行い、澱粉特性と糊化特性はコシヒカリに類似し、米飯物性がやや硬めであることを明らかにした。

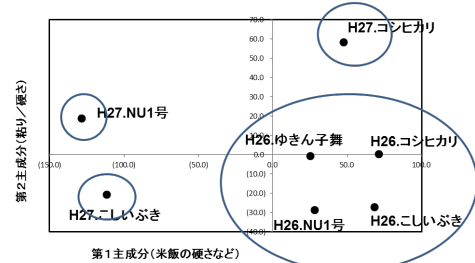


図2 高温耐性稲の米飯物性

韓国産突然変異米の評価

アミロペクチンに超長鎖を多く含む ae 変異米は、炊飯後も高い難消化性澱粉 (RS) を含み、低 GI 食品として有望視されている。RS は、食物繊維と同様に、食後血糖値上昇の抑制、糖尿病等の予防が研究されている。新しく韓国で開発された新形質米「Goami2」(超硬質米)、「Seolgaeng」(粉状質米)の二つに注目し、日本の新形質米である、「EM72」(超硬質米)「こなゆきの舞」(超硬質粉状質米)、インディカ米の「夢十色」(高アミロース米)や、日本の良食味米である「コシヒカリ」「秋のきらめき」をその比較対象として特性評価を行った。その結果、韓国の超硬質米「Goami2」は、日本の超硬質米「EM72」に対し、超硬質米としての特徴が更に顕著となる結果が得られ、機能性が高く、より食味の劣る結果となった。特に RS 含量が多いということは、低 GI 食品としての可能性を示唆した。韓国の粉状質米の「Seolgaeng」は、日本の粉状質米の「こなゆきの舞」の食味に關する評価値は低いのにに対し、「Seolgaeng」は、良食味米である「コシヒカリ」と「秋のきら

めき」に近い評価値が多かった。特に食味指標とされる Breakdown の値において「コシヒカリ」よりも高い値が得られたことは「Seolgaeng」が粉状質米であるにもかかわらず良食味米である可能性が示唆された。

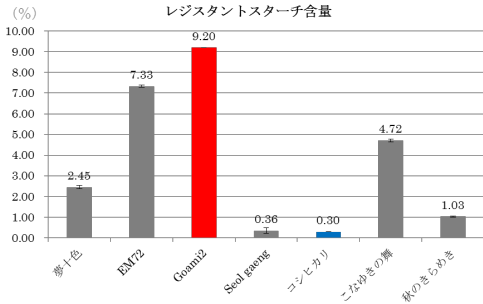


図3 韓国産超硬質米の難消化性

新潟県で育成中の超硬質米の評価
九州大学の育成系統である「EM10」、新潟県の育成中の系統である長2418、福岡県の育成系統である「ちくし粉85号」および韓国のアミロペクチン長鎖型米である「Goami2」の4種類の食味の理化学特性(成分、糊化特性、米飯物性)および澱粉特性の評価(ヨード呈色多波長走査分析)を行った。機能性成分として、難消化性澱粉およびポリフェノール含量と抗酸化性(ORAC値)を測定し、長2418が見かけのアミロース含量が高く、難消化性澱粉の多いことを明らかにした。

(3) 機能性向上技術の開発

巨大胚芽米の超高压処理

200MPa以上の高圧処理によって米粒組織が損傷を受け、米飯物性が軟化するとともに、GABAや遊離アミノ酸の増加することが報告されている。本研究では、抗酸化性が期待される各種の黒米について、200MPaおよび400MPaの高圧処理を施し、抗酸化性や酵素阻害活性等の機能性と米飯物性等の食味特性とを調べ、高圧処理によって機能性および食味の向上することを明らかにした。また、巨大胚芽米品種である「カミアカリ」および「恋あずさ」を試料とし、成分、糊化特性、米飯物性を評価し、超高压処理装置を用いて、100MPa、200MPa、400MPaの高圧処理を施した後に炊飯し、米飯物性、老化性、GABA含量などを測定した。その結果、「恋あずさ」の場合、高圧処理による米飯物性の改善が顕著であり、「こし」が減少して「付着」が増加した。また、ポリフェノールが増加して抗酸化性が向上することを明らかにした。

表1 高圧処理による試料米飯の物性改善

	硬さ		こし		付着		粘り		バランス度			
	(g/cm ²)	SD	(g/cm ²)	SD	(g/cm ²)	SD	(g/cm ²)	SD	粘り/硬さ	付着/こし		
コントロール 恋あずさ	20.96	8.02	31.48	2.86	6.87	1.34	9.72	1.03	0.46	0.24	0.22	0.18
HPT 恋あずさ	18.07	0.39	28.09	0.87	10.63	0.72	8.84	0.18	0.49	0.02	0.38	0.32
コントロール カミアカリ	11.12	1.57	21.91	2.7	13.51	3.78	10.93	1.94	0.88	0.18	0.82	0.55
HPT カミアカリ	19.72	3.3	27.32	5.02	18.43	1.62	14.88	0.39	0.75	0.45	0.67	0.25
コントロール 恋あずさ+黒米	17.51	0.98	30.96	4.11	6.86	1.31	8.16	1.54	0.47	0.78	0.22	0.07
HPT 恋あずさ+黒米	29.5	1.89	32.76	3.75	9.23	1.69	6.66	0.79	0.23	0.14	0.28	0.12
コントロール カミアカリ+黒米	18.87	0.87	26	0.78	22.25	8.35	12.72	0.89	0.67	0.25	0.86	6.96
HPT カミアカリ+黒米	15.36	0.46	23.47	0.43	24.65	1.19	10.37	0.02	0.68	0.45	1.05	1.21

イゴノリ被覆米飯

海藻由来のイゴノリで米飯を被覆することにより、食味を良好に保ちながら難消化性を実現する技術に取り組み、少量試験ではあるものの、米飯表面は硬くて難消化性を確保しながら、米飯粒全体は粘りが強くて食味も良好に保たれるということを明らかにした。

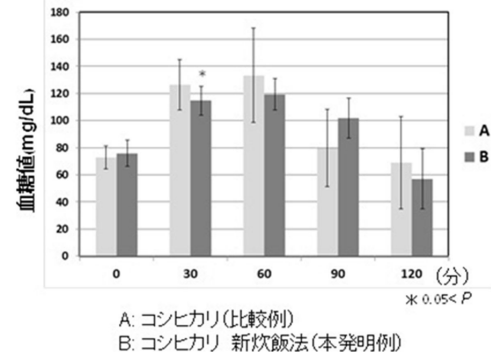


図4 イゴノリ添加炊飯の難消化性

赤タマネギ添加発芽処理

発芽時に、赤タマネギを添加することによって、GADなどの酵素が活性化し、アミノ酸(GABA)が顕著に増加することを明らかにした。

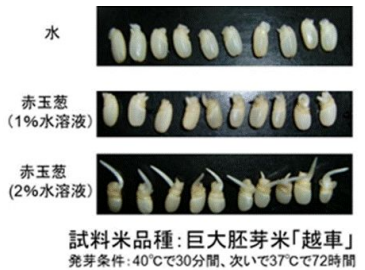


図5 赤タマネギ添加による発芽の促進

(4) 発芽玄米のプロテオーム解析

新潟大・三ツ井教授と共同で、赤タマネギ添加発芽玄米のプロテオーム解析を行った結果、赤タマネギ添加によってプロテインキナーゼ23とFIBの発現が促進され、IAA関連植物ホルモンとプロテインキナーゼによって発芽が促進されることが推定された。

Accession	Description	Accession	Description
Q6ZP5	CBL-interacting protein kinase 23 OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=CIPK23 PE=2 SV=1	C	0.121
POCS12	Ribulose biphosphate carboxylase large chain OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=rbcl PE=1	0.242	
Q0IPF7	Os12g0207600 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os12g0207600 PE=3 SV=1	[Q0IPF7]	0.242
Q7F3A8	Cysteine endopeptidase OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q7F3A8 PE=2 SV=1	[Q7F3A8]	0.423
Q6S178	Os06g062000 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=OS06g062000 PE=3 SV=1	0.475	
Q6S1F8	Citrate synthase OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q6S1F8 PE=2 SV=1	[Q6S1F8]	0.494
Q0E2K1	Citrate synthase (Fragment) OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os02g0232400 PE=3 SV=1	0.494	
Q60E51	Putative polyprotein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q60E51 PE=4 SV=1	[Q60E51]	2.056
Q6Z7J0	Os09g0502400 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q6Z7J0 PE=2 SV=1	[Q6Z7J0]	2.149
Q0ACT3	Os04g0450500 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os04g0450500 PE=2 SV=1	[Q0ACT3]	2.188
Q7N1H9	OS3B04008014.6 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=OS3B04008014.6 PE=4 SV=1	2.188	
Q2R823	Homoserine dehydrogenase OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q2R823 PE=2 SV=1	2.246	
Q2Q1B7	Homoserine dehydrogenase OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q2Q1B7 PE=3 SV=1	2.246	
Q5VRC9	Os01g179300 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q5VRC9 PE=4 SV=1	[Q5VRC9]	2.344
Q8H317	10 kDa chaperonin OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q8H317 PE=3 SV=2	[Q8H317]	2.519
Q0CRP7	Os03g0366000 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os03g0366000 PE=3 SV=2	[Q0CRP7]	2.519
Q2N1H6	Putative uncharacterized protein OS3B04008011.3 OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q2N1H6 PE=4 SV=1	3.679	
Q6ATE2	Os05g0274300 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os05g0274300 PE=4 SV=1	3.684	
Q79M00	Os05g0157300 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q79M00 PE=2 SV=1	[Q79M00]	4.242
Q011E2	Os09g0446400 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q011E2 PE=4 SV=1	[Q011E2]	4.387
Q5VQ88	Fish bone OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q5VQ88 PE=2 SV=1	[Q5VQ88_ORYSA]	4.550
Q0Q2C9	Os01g169800 protein (Fragment) OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Os01g169800 PE=4 SV=1	4.550	
Q29Q25	Os09g0287300 protein OS=Oryza sativa subsp. japonica GN=Q29Q25 PE=2 SV=1	[Q29Q25]	5.045

□ 50%以下に抑制 □ 2倍以上に増加

図6 赤タマネギ添加発芽種子のプロテオーム解析

5. 主な発表論文等
〔雑誌論文〕(計 4件)

Sugawara M, Kaneoke M,

Nakamura S, Ohtsubo K, Improved germination and fortification of the giant embryo brown rice cultivar "Koshiguruma", Biosci. Biotechnol. Biochem., 査読有り, Vol.83, in press, 2018

大坪研一、中村澄子、稲川 拓、露木恵介、中国産ジャポニカ米の食味の理化学評価の事例、日本水稲品質・食味研究会会報、査読有り, Vol.9, No.1, 2017, pp.34-35

Nakamura S, Hara T, Joh T, Kobayashi A, Yamazaki A, Kasuga K, Ikeuchi T, Ohtsubo K, Effects of super-hard rice bread blended with black rice bran on amyloid beta peptide production and abrupt increase in postprandial blood glucose levels in mice, Biosci. Biotechnol. Biochem., 査読有り, Vol.81, No.2, 2017, pp.323-334

<http://dx.doi.org/10.1080/09168451.2016.1240605>

Nakamura S, Cui J, Zhang X, Yang F, Ximing X, Sheng H, Ohtsubo K, Comparison of eating quality and physicochemical properties between Japanese and Chinese rice cultivars, Biosci. Biotechnol. Biochem., 査読有り, Vol.80, No.12, 2016, pp.2437-2449
<https://doi.org/10.1080/09168451.2016.1220823>

〔学会発表〕(計 7 件)

大坪 研一他、日本産、中国産のジャポニカ米の食味の理化学評価、日本農芸化学会 2018 年度大会、2018 年 3 月

大坪 研一他、食後の血糖上昇および血中アミロイド 増加を抑制する食素材の探索、認知症予防学会、2017 年 9 月

大坪 研一他、赤タマネギ添加発芽玄米の糖尿病および認知症の発症予防の可能性、日本農芸化学会 2017 年度大会、2017 年 3 月

中村 澄子他、食品素材による認知症予防効果の予備検討及び機能性パンの試作、日本農芸化学会 2016 年度大会、2016 年 3 月

中村 澄子他、代表的な中国産米及び日本産米の新指標を用いた食味の物理化学特性評価、日本水稲品質・食味研究会第 7 回講演会、2015 年 11 月

中村 澄子他、ヨード呈色および糊化特性に基づく米の品質評価、日本応用糖質科学会第 64 回大会、2015 年 9 月

大坪 研一他、RVA による糊化特性の新指標を用いた Japonica 米の精米及び澱粉のアミロース含量、レジスタントスターチ含量の推定式の開発、日本食品科学工学会第 62 回大会、2015 年 8 月

〔図書〕(計 4 件)

大坪 研一、大日本農会、農業、機能性の高い米加工食品の開発、2018(8)、32-40

K. Ohtsubo, S. Nakamura, INTECH,

Advances in International Rice Research, Evaluation of Palatability of Cooked Rice, 2017, 91-110

大坪 研一、中村 澄子、シーエムシー出版、おいしさの科学とビジネス展開の最前線、お米のおいしさ、2017、228-235

大坪 研一、富士メディカル出版、Functional Food、米デンプンの食文化と機能性、2016、72-77

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大坪 研一 (OHTSUBO, Ken'ichi)
新潟薬科大学・応用生命科学部・教授
研究者番号：80353960

(2) 研究分担者

三ツ井 敏明 (MITSUI, Toshiaki)
新潟大学・農学部・教授
研究者番号：70183960