wx/ae 米の長期経口摂取時における血中脂質代謝に与える影響

中村 充^{*,1}, 市原 敬司^{1,2}, 栗田 賢一¹,
 治井 敏明¹, 堀野 成代^{3,4}, 庄條 愛子^{4,5},
 宮谷 秀一^{3,4}, 平井 宏昭⁵, 北村 進一⁵

(2012年8月3日受付; 2012年10月25日受理)

要旨: *waxy* (*wx*) と *amylose-extender* (*ae*) の2重変異体である *wx/ae* 米は、澱粉が特殊な構造のため難消化性澱粉が多く、また、 γ -オリザノールも豊富なことから、機能性食品としての利用が期待されている。本研究では、ウルチ米、および、*wx/ae* 米の各玄米を焙煎・粉末化したものを4週間経口摂取した際の血中脂質代謝に与える影響を調査した。試験は、健康人男性6名が2週間の回復期間を挟んで各被験物質30gを4週間ずつ摂取する、クロスオーバー試験にて行った。試験の結果、*wx/ae* 米摂取群では、総コレステロール値に低下が見られ、ウルチ米摂取群に対して有意な差が認められた ($p < 0.05$)。また、中性脂肪値、LDL-コレステロール値についても、*wx/ae* 米摂取群では減少傾向が見られた。以上より、*wx/ae* 玄米焙煎粉を長期摂取することで、血中の脂質代謝を改善する働きがあることが示唆された。

キーワード: *wx/ae* 米、難消化性澱粉、米粉、 γ -オリザノール、コレステロール

戦後、食の欧米化が急速に進んだことにより食生活に小麦利用食品が増え、小麦を輸入に頼る我が国の食料自給率は低下の一途を辿っている。その結果、米の消費量は減少しており、戦前は年間1人当たり120kgあった米消費量が、現在では60kg程度にまで縮小している。また、食習慣の変化によって、総カロリー摂取量に占める脂質摂取量の割合が増加したことで、糖尿病や脂質異常症といった生活習慣病の患者が増加傾向を示している¹⁾。このような状況の中、主食である米に生活習慣病予防効果が付与されれば日本人にとって利用・摂取しやすい機能性食品となり、米の消費量も増えるものと考えられる。

近年、米の粉碎加工技術の発達や米粉利用方法の研究が進んだことにより、従来、小麦粉を用いていたパンや麺といった食品に米粉が使われるケースが増えている。また、精米した米を粉碎する以外にも、米糠由来の優れた生理機能物質を残すために、玄米を粉碎した玄米粉を利用することで健康志向を謳った米粉の利用方法が研究されている。一方で、玄米粉は菌数が多く保存性に欠けるため、風味の向上と殺菌を目的として玄米を焙煎・粉末化した玄米焙煎粉の利用も進んでいる²⁾³⁾。

澱粉合成酵素であるGBSSIを欠損した *waxy* 種 (*wx*) と澱粉枝作り酵素であるBEIIBを欠損した *amylose extender* 種 (*ae*) を交雑して得られた *wx/ae* 米は、アミロースを含まず、かつ、側鎖の少ない特殊なアミロペクチン構造を持つ⁴⁾。これまでの研究により、*wx/ae* 米の澱粉は難消化性を示すため、*wx/ae* 米の澱粉を摂取しても血糖値の上昇が緩やかであることが動物実験によって分かっている⁵⁾。2型糖尿病モデルマウスを用いた実験では、*wx/ae* 米を含んだ高脂質食を長期摂取することで、血中の総コレステロール値や中性脂肪値の上昇がコントロール群に比べて有意に抑えられることが報告されている⁶⁾。ヒトでの試験においても、膨化処理した *wx/ae* 米の玄米を摂取することで、単回摂取時に血糖値上昇抑制が見られ、また、2週間の中期摂取時に総コレステロールの有意な低下が見られることが報告されている⁷⁾。

本研究では、小麦粉代替としての利用が期待できる *wx/ae* 米の玄米焙煎粉について、膨化処理と同様に、ヒトにおいて脂質代謝の改善効果が見られるかどうかを長期経口摂取試験にて検証した。

* 連絡者・別刷請求先 (E-mail: nakamura-michiru@gf.glico.co.jp)

¹ グリコ栄養食品株式会社開発部 (569-0053 大阪府高槻市春日町7-16)

² 江崎グリコ株式会社健康科学研究所 (555-8502 大阪市西淀川区歌島4-6-5)

³ 大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究科 (583-8555 大阪府羽曳野市はびきの3-7-30)

⁴ 相愛大学人間発達学部発達栄養学科 (559-0033 大阪市住之江区南港中4-4-1)

⁵ 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 (599-8531 大阪府堺市中央区学園町1-1)

実験方法

1. 試験サンプルの調製

wx/ae 米の玄米 (2009 年山梨県富士吉田産), もしくは, コントロールとしてウルチ米 (コシヒカリ) の玄米 (2009 年新潟県岩船産) を 180℃ に設定したオーブン (Fleur KOF7022, (株)コトブキベーキングマシン) にて 15 分間焙煎した。玄米を焙煎後, 粉碎機 (ワンダーブレンダー, 大阪ケミカル(株)) を用いて粉碎した後, 40 mesh のシフター (目開き 425 μ m) で篩い, 被験物質として使用した (以下, *wx/ae* 玄米焙煎粉, および, ウルチ玄米焙煎粉と記す)。

2. 試験サンプルの分析

ウルチ米と *wx/ae* 米の玄米粉, および, 被験物質として調製した玄米焙煎粉について, 栄養成分を (財)日本食品分析センターにて分析した (食物繊維の含量は酵素-重量法 (プロスキー法) で測定)。また, 玄米焙煎粉の難消化性澱粉の含量を, レジスタントスターチ測定キット (日本バイオコン(株)) を用いて分析し, γ -オリザノールについては (財)日本食品分析センターにて, フェルラ酸シクロアルテニルを標準品とした HPLC 法で分析した。

3. ヒト試験方法

本試験はヘルシンキ宣言の精神に則り, 試験の内容を十分に理解し同意を得られた者を被験者とした。本試験は大阪府立大学総合リハビリテーション学部の倫理審査委員会にて認可された試験計画であり (受理番号: 08-307, 2009-05), 十分な配慮のもとで 2010 年 8 月に実施した。

被験者はグリコ栄養食品(株)に勤務する健康人男性 6 名を対象として行った。各被験者の年齢帯は, 30 代 2 名, 40 代 2 名, 50 代 1 名, 60 代 1 名, にて行った。

試験は, 被験者を被験者群 A, もしくは, B の 2 群に分け, コントロールと試験物質の 2 種の被験物質を摂取するクロスオーバー試験で行った。試験期間は各被験物質につき 4 週間とし, 被験物質の切り替え時には回復期間として 2 週間の間隔を空けた。Figure 1 に試験スケジュールの模式図を示す。

試験食の摂取は, 食事毎に, ウルチ玄米焙煎粉 10 g, もしくは, *wx/ae* 玄米焙煎粉 10 g を水に懸濁し, 食事と共に摂取させた (30 g/日摂取)。試験食以外の食事については食事制限等を設けず, 被験者の普段通りの食事

を摂取させた。

血液試料の分析は, 各被験物質の摂取開始時と終了時に, 採血前日 21 時以降絶食の後, 当日 9 時に採血を行い, 検査キット (健康チェッカー, 大正製薬(株)) を用いて HbA1c, HDL-コレステロール, LDL-コレステロールの分析を行った。さらに, 試験期間中の変動を観察するため, 週 1 回, 前記同様に絶食の後, 採血を行い, 血糖値 (ニプロフリースタイルフラッシュ, ニプロ(株)), 中性脂肪値, コレステロール値 (アクトレンド GCT, ロシュ・ダイアグノスティクス(株)) を測定し, 推移を調べた。被験者の血液試料の採取は, キット, および, 簡易測定器を用い, 被験者自身の手によって行った。また, 週に 3 回, 12 時前 (昼食前) の体重, および, 体脂肪を測定し (BC-621, (株)タニタ), 週ごとの平均体重・体脂肪の推移を調べた。

4. 統計処理

データは, 各検査項目について, 各試験期間開始時を基準とした変化値の平均値, および, 標準偏差を算出した。データの統計処理は Wilcoxon 符号付順位和検定で解析し, 両側検定で危険率 5% 以下のとき有意差があるとした。統計解析にはエクセル統計 ((株)社会情報サービス) を用いた。

実験結果

試験に用いたウルチ米, および, *wx/ae* 米の玄米焙煎粉について, また, 焙煎処理を施していない玄米粉についての栄養成分を Table 1 に記す。その結果, *wx/ae* 米には脂質や食物繊維, 難消化性澱粉の含量がウルチ米よりも多いことが分かった。また, *wx/ae* 米の玄米に焙煎処理を施すことで, 食物繊維, および, 難消化性澱粉の含量が増大することが分かった。さらに, *wx/ae* 米には γ -オリザノールについても通常のウルチ米よりも多く含まれており, 180℃ の焙煎処理では減少しないことが分かった。

試験期間中の体重・体脂肪の変化について Table 2 に示す。各被験物質摂取時において, 体重や体脂肪率の大きな変動は見られなかった。検査キットを用いて測定した HbA1c, HDL-コレステロール値, LDL-コレステロール値の変化値について, Table 3 に示す。各被験物質摂取時において, 大きな変動は見られなかった。しかし, LDL-コレステロール値については, *wx/ae* 玄米焙煎粉摂取群において低下傾向が見られた。

Figure 1 Schematic model for test schedule.

Table 1 Nutritional constituents of brown rice and roasted brown rice (dry basis).

	<i>Uruchi</i> brown rice		<i>wx/ae</i> brown rice	
	raw	roasted	raw	roasted
Protein (g/100 g)	8.0	6.8	8.8	8.7
Lipid (g/100 g)	3.2	3.4	8.2	8.0
Ash (g/100 g)	1.4	1.5	2.0	1.9
Carbohydrate (g/100 g)	83.8	85.0	70.6	66.1
Dietary fiber (g/100 g)	3.6	3.3	10.4	15.3
γ -oryzanol (mg/100 g)	33.6	32.9	75.2	74.1
Resistant starch (g/100 g)	< 2	< 2	14.8	21.6

Test analyses of moisture, lipid, ash, carbohydrate, dietary fiber and γ -oryzanol result by Japan Food Research Laboratories.

Table 2 Changes in physical status of subjects.

		<i>Uruchi</i> feeding		<i>wx/ae</i> feeding	
		Value	Δ	Value	Δ
Body weight (kg)	day 0	74.5 $\pm$ 3.93	0.0 $\pm$ 0.00	74.2 $\pm$ 4.15	0.0 $\pm$ 0.00
	day 7	75.0 $\pm$ 4.10	0.5 $\pm$ 0.30	74.1 $\pm$ 3.88	-0.1 $\pm$ 0.36
	day 14	74.6 $\pm$ 4.00	0.1 $\pm$ 0.14	74.5 $\pm$ 4.05	0.3 $\pm$ 0.22
	day 21	75.0 $\pm$ 4.03	0.5 $\pm$ 0.29	74.6 $\pm$ 4.05	0.4 $\pm$ 0.31
	day 28	75.1 $\pm$ 4.05	0.6 $\pm$ 0.26	74.5 $\pm$ 4.01	0.3 $\pm$ 0.32
Body fat (%)	day 0	23.1 $\pm$ 3.73	0.0 $\pm$ 0.00	23.1 $\pm$ 3.61	0.0 $\pm$ 0.00
	day 7	23.3 $\pm$ 3.09	0.2 $\pm$ 0.54	23.2 $\pm$ 3.43	0.1 $\pm$ 0.48
	day 14	23.3 $\pm$ 3.78	0.2 $\pm$ 0.29	23.3 $\pm$ 3.52	0.2 $\pm$ 0.29
	day 21	22.6 $\pm$ 3.93	-0.5 $\pm$ 0.32	23.1 $\pm$ 3.59	0.0 $\pm$ 0.27
	day 28	23.9 $\pm$ 3.59	0.8 $\pm$ 0.26	22.8 $\pm$ 3.75	-0.3 $\pm$ 0.29

Uruchi feeding ($n=6$), *wx/ae* feeding ($n=6$). Values are mean $\pm$ SD.

Table 3 Changes in clinical chemical test values.

		<i>Uruchi</i> feeding		<i>wx/ae</i> feeding	
		Value	Δ	Value	Δ
HbA1c (%)	day 0	5.4 $\pm$ 0.22	0.0 $\pm$ 0.00	5.3 $\pm$ 0.22	0.0 $\pm$ 0.00
	day 28	5.4 $\pm$ 0.23	0.0 $\pm$ 0.06	5.4 $\pm$ 0.20	0.1 $\pm$ 0.07
HDL-C (mg/dL)	day 0	52.5 $\pm$ 4.54	0.0 $\pm$ 0.00	49.2 $\pm$ 3.28	0.0 $\pm$ 0.00
	day 28	49.3 $\pm$ 4.06	-3.2 $\pm$ 1.25	48.2 $\pm$ 4.14	-1.0 $\pm$ 1.21
LDL-C (mg/dL)	day 0	126.5 $\pm$ 8.19	0.0 $\pm$ 0.00	124.7 $\pm$ 6.71	0.0 $\pm$ 0.00
	day 28	125.0 $\pm$ 9.23	-1.5 $\pm$ 3.82	114.2 $\pm$ 5.69	-10.5 $\pm$ 5.49

Uruchi feeding ($n=6$), *wx/ae* feeding ($n=6$). HDL-C; high density lipoprotein cholesterol, LDL-C; low density lipoprotein cholesterol. Values are mean $\pm$ SD.

次に簡易測定器を用いて測定した血糖値, 中性脂肪値, 総コレステロール値の変化値について, Figure 2 に示す。

試験開始時と比較すると *wx/ae* 玄米焙煎粉摂取群では中性脂肪値, 総コレステロール値の顕著な低下が見られ, 中性脂肪値は試験開始後 3 週目に, 総コレステロール値は 1, 2, 4 週目に有意な低下が見られた ($p<0.05$)。またウルチ玄米焙煎粉摂取群と比較すると, *wx/ae* 玄米焙煎粉摂取群では中性脂肪値については 3 週目に, 総コ

レステロール値では 4 週目に有意な差が認められた ($p<0.05$)。

考 察

1. 体組成・糖質代謝に及ぼす *wx/ae* 玄米焙煎粉の影響について

今回の実験ではタニタ(株)製 BC-621 を用い, 体重・体脂肪の測定を行った。BC-621 を用いて測定できるそ

Figure 2 Changes in Δ blood glucose, Δ triglyceride and Δ total cholesterol. Changes in blood parameters (mean $\pm$ SD mg/dL) during *Uruchi* feeding (open circle, $n=6$) or *wx/ae* feeding (closed triangle, $n=6$) for 28 days. Values beside circles indicate the actual measured values of *Uruchi* feeding and underlined values beside triangles indicate those of *wx/ae* feeding. *Significant difference between the day 0 and each day within the same feeding. +Significant difference between *Uruchi* and *wx/ae* feeding within same day. $p < 0.05$.

の他の項目（骨量・基礎代謝量・筋肉量・内臓脂肪レベル）についても記録したが、それらに関しては有意な差は見られなかった（data not shown）。また、血糖値に関しては、*wx/ae* 米摂取群がコシヒカリ摂取群よりも若干上回る傾向が見られたが、摂取前後の HbA1c の値に変動が見られなかったことより、体重・体組成や糖質代謝については今回の被験物質摂取量、もしくは、摂取期間では影響は少ないものと考えられる。

2. 脂質代謝に及ぼす *wx/ae* 玄米焙煎粉の影響について

今回の試験では、中性脂肪値とコレステロール値を定期的に測定することで数値の推移を観察し、また、HDL-コレステロール値、LDL-コレステロール値についてはスタート時と終了時の数値変化を観察した。その結果、中性脂肪値とコレステロール値に関して、*wx/ae* 玄米焙煎粉摂取群において低下が見られた。元々数値の高い被験者の結果ではあるが、*wx/ae* 玄米焙煎粉摂取によって4週間で空腹時の中性脂肪値が 60 mg/dL 以上、総コレステロール値が 20 mg/dL 以上も低下した結果、また、LDL-コレステロール値に関しても 30 mg/dL 以上低下した結果も見られたことから、*wx/ae* 米摂取によって脂質代謝に影響があることが考えられる。

wx/ae 米には通常の米よりも食物繊維が多く含まれていることが既に報告されている⁵⁾⁶⁾。また、*wx/ae* 米を焙煎することで食物繊維や難消化性澱粉の含量が更に増大することが確認された（Table 1）。*wx/ae* 米に含まれる澱粉は、分岐が少なく、鎖長が長い特異なアミロペクチン構造を持っている。焙煎によって、この特異な澱粉の糖鎖構造に変化が生じたことで、*wx/ae* 玄米焙煎粉の難消化性澱粉の含量がさらに増加したと考えられる。このような消化されにくい難消化性澱粉は糞中への胆汁酸排泄の増加を介して血漿脂質濃度を低下させる等、生体内で有用な生理作用を示すことが報告されている⁸⁾⁹⁾。

Table 1 に示すように、*wx/ae* 米にはウルチ米よりも脂質が多く含まれていることが分かる。また、*wx/ae* 米

の玄米には米糠由来の脂質成分である γ -オリザノールが通常の米よりも多く含まれることが示された。 γ -オリザノールについては過去に様々な動物実験・臨床試験が行われており、 γ -オリザノールを摂取することで、総コレステロール値や中性脂肪値、LDL-コレステロール値が低下することが確認されている¹⁰⁻¹³⁾。最近、玄米中の γ -オリザノールが脳の視床下部に作用して高脂肪食に対する嗜好性を変化させることで、抗糖尿病・抗肥満効果を発揮することが小塚らによって報告された¹⁴⁾。また、米糠中に含まれる他の植物性ステロール類にも、血中総コレステロール値低下作用を示すことが報告されている¹⁵⁻¹⁷⁾。

γ -オリザノールの機能性に関して行われた過去の文献では、被験者に γ -オリザノールを 1 日 300 mg ずつ 16 週間摂取させた実験結果において、総コレステロール値では 25 mg/dL の低下、中性脂肪値では 22 mg/dL の低下が確認されている。本研究では、*wx/ae* 玄米焙煎粉を 1 日 30 g 摂取させたが、摂取 γ -オリザノール量を算出すると 1 日約 22 mg 摂取した計算となり、 γ -オリザノール量としては少ない摂取量である。したがって、今回の結果については、*wx/ae* 玄米焙煎粉に含まれている γ -オリザノール単独による効果だけではなく、難消化性澱粉や他の米糠由来成分の寄与も考えられる。それぞれの成分のコレステロール低下への寄与について定量的な検討が、今後に残された課題である。

以上より、*wx/ae* 玄米焙煎粉を摂取することで総コレステロール値の低下が認められたことから、小麦粉代替の原料として *wx/ae* 玄米焙煎粉を用いることで、生理機能を持つ米粉食品への利用が期待できる。ただし、小麦粉代替として米粉を使用する場合、他の食材と共に加水・加熱するという調理過程を経た上で摂取されるため、実際の食品中では成分が変化する可能性がある。また、総コレステロール値を低下させるためには *wx/ae* 玄米焙煎粉として 1 日 30 g 摂取する必要がある、必要量としては多い量である。したがって、米粉パンや麺、米粉飲

料といった実際の食形態での機能性や、機能性を示すための最低効果用量について、更なる調査が必要であると考える。これらを解明し、このような機能性を持った米粉食品が広く普及すれば、米の消費量拡大と共に、生活習慣病予防に繋がると予想される。

文 献

- 1) 清原 裕 (2010) 変貌する日本人の生活習慣病の現状と課題：久山町研究. 日本栄養・食糧学会誌 **63**, 299-305.
- 2) 瀧尾佳明 (2007) お米の力再発見 米粉食品の普及と米粉パン. 月間フードケミカル **23**, 38-44.
- 3) 藤田 幸 (2010) 米粉の特性と洋菓子への応用提案. *FOOD STYLE* **21** **14**, 29-31.
- 4) Kubo A, Yuguchi Y, Takemasa M, Suzuki S, Satoh H, Kitamura S (2008) The use of micro-beamX-ray diffraction for the characterization of starch crystal structure in rice mutant kernels of *waxy*, *amylose extender*, and *sugary1*. *J Cereal Sci* **48**: 92-7.
- 5) Kubo A, Akdogan G, Nakaya M, Shojo A, Suzuki S, Satoh H, Kitamura S (2010) Structure, physical, and digestive properties of starch from *wx ae* double-mutant rice. *J Agric Food Chem* **58**: 4463-9.
- 6) Matsumoto K, Maekawa M, Nakaya M, Takemitsu H, Satoh H, Kitamura S (2012) Wx/ae double-mutant brown rice prevents the rise in plasma lipid and glucose levels in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* **76**: 2112-7.
- 7) Horino S, Nakaya M, Shojo A, Hirai H, Kitamura S, Kinoshita A, Miyatani S (2011) Effects of intake of puffed *wx ae* double mutant brown rice on human blood glucose and lipid levels. *J Life Sci Res* **9**: 7-11.
- 8) 青江誠一郎 (2008) 食物繊維の生理作用：食物繊維の基礎と応用, p 121-22. 第一出版, 東京.
- 9) 海老原清 (2008) 食物繊維の栄養・生理機能に関する研究. 日本栄養・食糧学会誌 **61**, 3-9.
- 10) 中村治雄 (1996) γ -オリザノールの肝コレステロールの生合成とコレステロール代謝物質の糞への排泄におよぼす作用, *RADIOISOTOPES* **15**, 371-4.
- 11) 老松 寛, 太田茂樹, 遠藤利昭, 飯村 攻 (1981) 高脂血症に対する γ -Oryzanol (Hi-Z[®]) 投与の効果について. 動脈硬化学会誌 **9**, 481-6.
- 12) 岩崎 勤, 松下 哲, 折茂 肇, 白木正孝, 萬木信人, 加藤洋一, 高橋龍太郎, 蔵本 築, 村上元孝, 野間昭夫, 岡部紘明 (1981) HDL, LDL コレステロールに対する γ -oryzanol (Hi-Z) の効果について. 動脈硬化学会誌 **9**, 87-91.
- 13) 岩崎 勤, 松下 哲, 折茂 肇, 白木正孝, 萬木信人, 加藤洋一, 高橋龍太郎, 蔵本 築, 村上元孝, 野間昭夫, 岡部紘明 (1982) 血清脂質に及ぼす γ -Oryzanol の影響. 動脈硬化学会誌 **10**, 583-8.
- 14) Kozuka C, Yabuki K, Sunagawa S, Ueda R, Taira S, Ohshiro H, Ikema T, Yamakawa K, Higa M, Tanaka H, Takayama C, Matsushita M, Oyadomari S, Shimabukuro M, Masuzaki H (2012) Brown rice and its component, γ -oryzanol, attenuate the preference for high-fat diet by decreasing hypothalamic endoplasmic reticulum stress in mice. *Diabetes* **61**: 3084-93.
- 15) Subbiah MTR (1971) Significance of dietary plant sterols in man and experimental animals. *Mayo Clin Proc* **46**: 549-59.
- 16) Subbiah MTR (1973) Dietary plant sterols: current status in human and animal sterol metabolism. *Am J Clin Nutr* **26**: 219-25.
- 17) Subbiah MTR, Kuksis A (1973) Differences in metabolism of cholesterol and sitosterol following intravenous injection in rats. *Biochem Biophys Acta* **306**: 95-105.

J Jpn Soc Nutr Food Sci **66**: 35–40 (2013)

Research Note

Effect of Long-term Intake of *wx/ae* Double Mutant Brown Rice on Human Lipid Metabolism

Michiru Nakamura,^{*,1} Takashi Ichihara,^{1,2} Kenichi Kurita,¹ Toshiaki Harui,¹ Shigeyo Horino,^{3,4} Aiko Shoji,^{4,5} Shuichi Miyatani,^{3,4} Hiroaki Hirai,⁵ and Shinichi Kitamura⁵

(Received August 3, 2012; Accepted October 25, 2012)

Summary: The amylopectin in *waxy amylose-extender* (*wx/ae*) double mutant rice has a characteristic structure, functioning as a resistant starch, and a rich source of γ -oryzanol. In this study, we investigated the effects of long-term intake of *wx/ae* brown rice on human lipid metabolism in a single-blind crossover test. We fed 6 healthy men roasted brown rice flour made from either *wx/ae* or *Uruchi*, a non-*waxy japonica* cultivar, for 28 days. Each group ate 10 g of roasted brown rice flour three times a day, in addition to their ordinary meals. Although two groups had the same body weight and body fat, the total cholesterol levels in the *wx/ae* group were significantly lower than those in the *Uruchi* group. Triglyceride and LDL-cholesterol levels also declined in the *wx/ae* group. These results indicate that *wx/ae* roasted brown rice flour is a useful food material for prevention of hyperlipemia.

Key words: *wx/ae* double mutant rice, resistant starch, rice flour, γ -oryzanol, cholesterol

* Corresponding author (E-mail: nakamura-michiru@gf.glico.co.jp)

¹ Development Department, Glico Nutrition Co., Ltd., 7-16 Kasuga-cho, Takatsuki City, Osaka 569-0053, Japan

² Institute of Health Sciences, Ezaki Glico Co., Ltd., 4-6-5 Utajima, Nishiyodogawa-ku, Osaka 555-8502, Japan

³ Graduate School of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University, 3-7-30 Habikino, Habikino City, Osaka 583-8555, Japan

⁴ Department of Food and Nutrition Management Studies, Faculty of Human Development, Soai University, 4-4-1 Nanko-naka, Suminoe-ku, Osaka 599-0033, Japan

⁵ Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai City, Osaka 599-8531, Japan