

配合比率の異なるモチ性大麦混合米飯の摂取が食後血糖値に及ぼす影響

誌名	日本栄養・食糧学会誌 : Nippon eiy ō shokury ō gakkaishi = Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science
ISSN	02873516
著者名	青江,誠一郎 小前,幸三 井上,裕 村田,勇 峰岸,悠生 金本,郁男 神山,紀子 一ノ瀬,靖則 吉岡,藤治 柳沢,貴司
発行元	日本栄養・食糧学会
巻/号	71巻6号
巻号補足	
掲載ページ	p. 283-288
発行年月	2018年12月

配合比率の異なるモチ性大麦混合米飯の摂取が 食後血糖値に及ぼす影響

青江 誠一郎^{*1}, 小前 幸三², 井上 裕³, 村田 勇³,
峰岸 悠生³, 金本 郁男³, 神山 紀子⁴, 一ノ瀬 靖則⁴,
吉岡 藤治², 柳沢 貴司⁴

(2018年7月1日受付; 2018年9月5日受理)

要旨: 本研究は、異なる配合率のモチ性の大麦品種「キラリモチ」混合米飯の摂取が米飯と比較して食後血糖値の上昇を配合率依存的に抑制するかと Glycemic Index (GI) が配合率依存的に低下するか検証するため実施した。対象は健康な成人10名(男性6名, 女性4名)とした。糖質50g分の米飯(基準食)とモチ性大麦の配合率が30, 50, 100%の大麦混合米飯(試験食)のそれぞれを摂取し、摂取前および摂取開始から15, 30, 45, 60, 90, 120分後の血糖値を測定した。血糖値, 血糖値上昇曲線下面積 (IAUC), Glycemic Index (GI) について解析した。大麦の配合率が増加するほど血糖値と IAUC₀₋₁₂₀ が低下した。GI は、基準食を100とした場合、大麦配合率30, 50, 100%でそれぞれ、79.7, 67.5, 48.3であった。モチ性大麦混合米飯には、 β -グルカン量に依存して米飯と比較して血糖値の上昇を抑制する効果が示唆された。

キーワード: モチ性大麦, 大麦ご飯, 血糖値, グライセミック指数

近年になって穀類(穀物フスマや全粒穀物)の摂取は、肥満、2型糖尿病、冠状動脈疾患のリスク低減に有効とするシステマティックレビューが報告された¹⁾。さらに、朝食に穀物由来の食物繊維を摂取することにより糖尿病、冠状動脈疾患の相対リスクが低下するというメタアナリシスの結果が報告された²⁾。このような背景から、海外の食事ガイドラインでは朝食に全粒穀物や穀物由来の食物繊維に富む食事を推奨している³⁾。Zong *et al.*⁴⁾のシステマティックレビューによれば、1日16gの全粒穀物摂取で全死亡リスクが7%低下、1日48gの摂取で20%低下することが示され、改めて全粒穀物摂取の重要性が示された。

一方、日本人男女の1日あたりの食物繊維の平均摂取量は、1955年調査結果では22.5gだったが⁵⁾、平成27年調査結果では男性平均14.9g、女性平均14.2gまで減少した⁶⁾。日本人の食事摂取基準(2015年版)⁷⁾では、18-69歳の食物繊維の目標量が男性20g、女性18g以上/日であり、目標量と摂取量の差が大きい。この原因として穀類からの食物繊維の摂取の低下が考えられ、近年の

調査結果では1955年の穀物からの食物繊維摂取量の約1/3である。これは、米離れとともに、大麦などの雑穀が食べられなくなったことも一因である。食物繊維の目標量を達成するには、穀類の摂取量を増やすことが一つの方法である。しかし、穀類には多くの種類があり、不溶性食物繊維に富む全粒小麦や玄米、水溶性食物繊維を含むオート麦、ライ麦、大麦があり、その含量や生理作用も異なる。

大麦は主食である穀物の中でも非常に多くの食物繊維、特に水溶性食物繊維である β -グルカンを含んでいる。大麦 β -グルカンは、グルコースが β -1,4結合と β -1,3結合した直鎖構造の多糖類である。約90%が β -1,4結合の三糖、四糖単位が β -1,3結合している。大麦 β -グルカンの三糖:四糖比は3:1と特徴的であり、オーツ麦 β -グルカン(2:1)、小麦 β -グルカン(4:1)とは異なっている⁸⁾。この構造的な違いが、物性の変化をもたらし、機能性にも影響を与える。

食後の血糖応答を示す指標として各食品のグライセミック指数(glycemic index, GI)がある。GI値とは、

* 連絡者・別刷請求先 (E-mail: s-aoe@otsuma.ac.jp)

¹ 大妻女子大学家政学部食物学科 (102-8357 東京都千代田区三番町12)

² 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター (765-8508 香川県善通寺市仙遊町1-3-1)

³ 城西大学薬学部医薬品安全性学研究室 (350-0295 埼玉県坂戸市けやき台1-1)

⁴ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構次世代作物開発研究センター (305-8518 茨城県つくば市観音台2-1-2)

ある食品を糖質 50 g 相当量摂取した時の血糖値の上昇度合いを基準食と比較した数値である。GI 値が低い食品の摂取は、高い食品の摂取に比べて肥満、インスリン抵抗性、2 型糖尿病のリスク低減に有効とされている⁹⁻¹¹⁾。低 GI 食の摂取は、膵臓 β 細胞の機能低下やインスリン抵抗性を改善するためと説明されている^{9,11)}。海外で多く報告されている大麦の GI 値に関しては、粉末化してパンやパスタに配合した食品形態での報告が多い。オーストラリアの Foster-Powell *et al.* による国際 Glycemic Index 表の改訂版¹²⁾が 2002 年に発表され、約 1,300 種類の食品についての GI 値がグルコース=100、白パン=100 として換算して記載された。それによると、穀粒として大麦を摂取した場合、グルコース=100 換算で 22 (カナダ産搗精大麦)-66 (オーストラリア産押麦) であり、白パン=100 換算で 32-94 であった。このように、品種、配合率などによって GI 値は大きく変動するものと考えられる。一方、日本では大麦は麦ご飯として粒の形態で白米と共に糊化して食される場合が多く、その GI 値は異なると考えられる。日本の成書によれば、麦飯の GI 値を米飯=100 を基準として 65 と記載されている¹³⁾。しかし、2 例の平均値であり、そこに含まれる大麦 β -グルカン量は不明である。本研究では、独立行政法人農研機構近畿中国四国農業研究センター (現 西日本農業研究センター) で開発された、「キラリモチ」という国産品種を用いた。「キラリモチ」は二条裸麦で、モチ性であるため食味が優れ、 β -グルカンが一般的なうるち性品種よりも 1.5 倍程度多く含まれる¹⁴⁾。ポリフェノールの一種プロアントシアニジンをはほとんど含まないため、炊飯など加熱調理後も褐変しにくい特長もある。本研究では配合比率の異なる大麦混合米飯 (キラリモチ 30, 50, 100%) を用いて食後血糖値上昇への影響を検討するとともに、GI 値を求めることを目的とした。さらに、本研究では米飯中の β -グルカン量と GI 値の関係を推定することを試みた。

実験方法

1. 被験者

本試験は、ヘルシンキ宣言 (1964 年採択, 2013 年修正) の趣旨に則り実施した。被験者には研究目的、研究内容、

倫理的配慮について書面を渡して説明し、インフォームドコンセントを得たのち、試験を実施した。本研究の実施に先立ち、城西大学生命科学研究倫理審査委員会の承認を得た (承認日: 2015 年 10 月 3 日)。城西大学に所属する学生で、食物アレルギーがなく、薬物治療を行っておらず、かつアルコール過敏症ではない健康な成人 10 名 (男性 6 名, 女性 4 名) を対象とした。被験者の年齢、身長、体重、および BMI について Table 1 に示す。

2. 試験食品

試験には、同一ロットの包装米飯 (サトウのごはん、佐藤食品工業 (株)、新潟) 150.0 g, モチ性大麦 30, 50, 100% 配合率の包装大麦混合米飯 ((株) JA 加美よつばラドファ、宮城に製造委託) を用いた。モチ性大麦は、キラリモチ米粒麦 (永倉精麦 (株)、静岡) を用いた。米飯を基準食、大麦混合米飯を試験食として試験を行った。一般成分および食物繊維量は、(財)日本食品分析センターにて分析した。基準食および各大麦混合米飯の糖質摂取量は 50 g で試験した。各試験食のエネルギーと栄養成分を Table 2 に示す。

3. 試験方法

被験者自身が穿刺器具と自己血糖測定器を使って血糖測定するため、試験開始に先立ち一連の手技に関するトレーニングを行った。試験前日は過激な運動を控え、試験当日は試験終了まで静かな立ち仕事や座位の仕事程度とした。

被験者には、試験日前日の 21 時以降、試験日の朝まで水分以外の食物摂取を禁じた。米飯 (または大麦混合米飯) の摂取開始前の時間を 0 分とした。試験中の水分摂取は 150 mL までとし、飲み物は白湯または水とした。摂取開始前 (0 分)、摂食開始後 15, 30, 45, 60, 90, 120 分の合計 7 回、指先を時間毎に 1 回ずつ穿刺し、血

Table 1 Characteristics of the participants.

	Male (n=6)	Female (n=4)
Age (years)	23.8 ± 0.4	23.5 ± 0.6
Height (cm)	173.0 ± 7.5	155.0 ± 11.1
Weight (kg)	71.5 ± 17.6	46.5 ± 7.9
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 4.3	19.4 ± 1.7

Values are means ± SD.

Table 2 Nutritional profiles of the white rice and test barley rice*.

	White rice	Barley 30%	Barley 50%	Barley 100%
Energy (kcal)	216	229	236	259
Weight (g)	150.0	159.2	172.4	214.0
Available carbohydrate (g)	50.0	50.0	50.0	50.0
Fat (g)	0.5	1.1	1.4	2.6
Protein (g)	3.2	3.8	4.3	5.4
Total dietary fiber (g)	0.4	2.2	3.6	7.3
β -glucan (g)	—	0.8	1.6	3.9

* Pre-packed rice.

糖値を酵素法（グルテスト Neo センサー，（株）三和化学研究所，愛知）で測定した。基準食の試験を 2 回実施後，無作為な順序で配合率の異なる 3 種の大麦混合米飯を摂取した。なお，グルテスト Neo センサーは，プラリドキシムヨウ化メチル，キシロース吸収試験時，アミノアセトフェン，ビリルビンを多く含む場合に高値を示すが，本試験では該当しないため，実測値を血糖値とした。試験間隔は，7 日間以上空けて実施した。基準食および試験食は外観と色で識別可能なためオープン試験とした。

4. 統計解析

試験食摂取後の経時的な血糖値から 0 分値を差し引いた値をそれぞれ Δ 血糖値として GI 値の計算に用いた。摂食開始後 120 分までの血糖推移の最高値を $\Delta C_{\max}$ ， $\Delta C_{\max}$ 到達時間を $T_{\max}$ とし，血糖値上昇曲線下面積 (Incremental area under the curve : IAUC) は，台形公式により算出し，血糖値の動態パラメーターとした。米飯を摂取した時と大麦混合米飯を摂取した時の各々における食後血糖値の時間的推移と各動態パラメーターの差について，被験者をブロック因子とした Tukey-Kramer の多重比較を行い，有意水準を 5% 未満とした。GI 値は，試験食摂取時の血糖上昇曲線下面積を基準食摂取時の血糖上昇曲線下面積で除し，100 を掛けて算出した。糖質 50 g あたりの β -グルカン量と GI 値の関係は，回帰分散分析を行い，有意であった場合には回帰式を求めた。統計解析は全て JMP Pro 13.2.0 (SAS Institute Inc, 東京) を用いた。

実験結果

米飯と大麦混合米飯を摂取した場合の食後血糖値の推移を Figure 1 に示す。大麦の配合比率の増加に伴い，血糖値の上昇が抑制された。食後 15, 30, 45, 60, 120 分値において，大麦 100% 配合群が基準食群に比較して有意に低値を示した。血糖値の累積 IAUC の経時的推移について Figure 2 に示す。血糖値の累積 IAUC においても基準食群に比べ大麦 30, 50, 100% 配合群は有意に低値を示した。90 分間および 120 分間の IAUC において大麦 30, 50% 配合群と 100% 配合群との間にも有意差が認められた。

血糖値の動態パラメーターおよび GI 値を Table 3 に示す。大麦の含量が増加するほど $\Delta C_{\max}$ は低下し， $T_{\max}$

が延長する傾向が見られた。IAUC₀₋₁₂₀ においても同様の傾向が見られ，基準食群と大麦 30% および 50% 配合群，大麦 100% 配合群間でそれぞれ有意差が認められた。大麦 100% では米飯の半分以下の値を示した。GI 値は，基準食を 100 とした場合，大麦配合率 30, 50, 100% でそれぞれ，79.7, 67.5, 48.3 となり，全ての群間でそれぞれ有意差が認められた。また，グルコース 50 g 溶液摂取を 100 として換算した場合は，それぞれ 63.8,

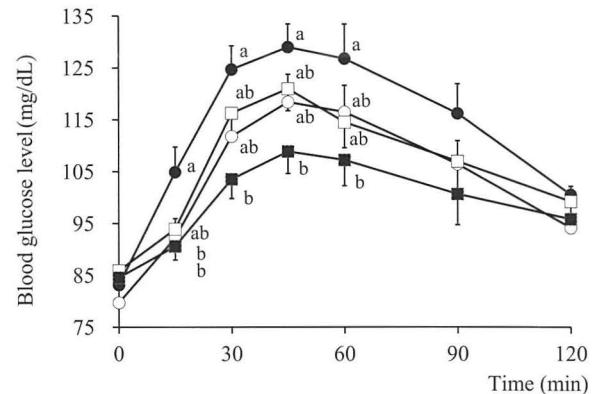


Figure 1 Blood glucose responses in 10 healthy subjects. Values are mean $\pm$ SEM. Means with added superscript letters differ significantly (Tukey-Kramer's test, $p < 0.05$). ● White rice, ○ Barley 30%, □ Barley 50%, ■ Barley 100%.

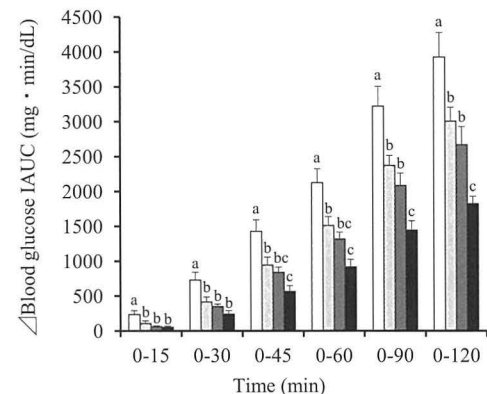


Figure 2 Cumulative IAUC of blood glucose in healthy subjects. Values are mean $\pm$ SEM. Means with added superscript letters differ significantly (Tukey-Kramer's test, $p < 0.05$). □ White rice, ■ Barley 30%, ■ Barley 50%, ■ Barley 100%.

Table 3 Kinetic parameters of blood glucose.

	$\Delta C_{\max}$ (mg/dL)	$T_{\max}$ (min)	IAUC ₀₋₁₂₀ (mg · min/dL)	GI
White rice	46.5 $\pm$ 3.7 ^a	42.0 $\pm$ 3.6 ^a	3926.0 $\pm$ 347.6 ^a	100 ^a
Barley 30%	38.7 $\pm$ 3.3 ^a	45.0 $\pm$ 3.0 ^{ab}	3035.5 $\pm$ 196.9 ^b	79.7 $\pm$ 5.3 ^b
Barley 50%	36.3 $\pm$ 3.6 ^{ab}	48.0 $\pm$ 5.6 ^{ab}	2628.8 $\pm$ 259.7 ^b	67.5 $\pm$ 2.4 ^c
Barley 100%	24.2 $\pm$ 2.8 ^b	51.0 $\pm$ 2.3 ^b	1822.0 $\pm$ 105.4 ^c	48.3 $\pm$ 2.8 ^d

Values are means $\pm$ SEM ($n = 10$).

Means with suffixed superscript letters differ significantly (Tukey-Kramer's test, $p < 0.05$).

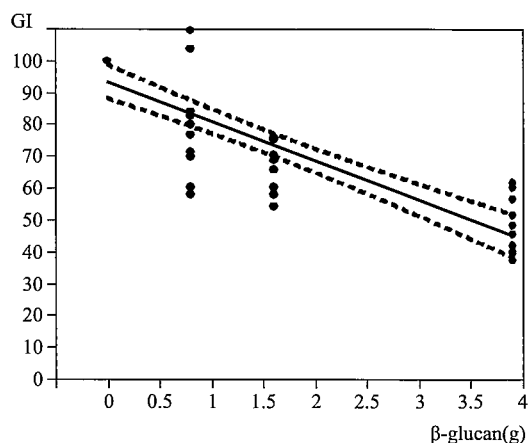


Figure 3 Relationship between β -glucan contents in cooked rice and Glycemic Index. $GI = 93.4 - 12.4 \times \beta\text{-glucan (g)}$ ($R^2 = 0.73, p < 0.05$). Dotted line represents 95% confidence intervals of regression line.

54.0, 38.6 と算出された¹⁵⁾。

糖質 50 g あたりの β -グルカン量と GI 値の関係について、回帰分散分析を行った結果、 β -グルカン量依存的に GI 値が低下することが認められた (Figure 3)。回帰式の切片および傾きはいずれも有意であり、 $[GI \text{ 値}] = 93.4 - 12.4 \times [\beta\text{-glucan (g)}]$ という回帰式 ($R^2 = 0.73, p < 0.05$) となった。

考 察

モチ性の β -グルカンが豊富な大麦米粒麦を配合した麦ご飯について Glycemic Index (GI) を測定するとともに、大麦の配合率を変えることによって食後血糖値がどのように変化するかを検討した。その結果、大麦の配合率、すなわち β -グルカン量に依存して米飯を摂取した場合に比べて血糖値の上昇が抑えられ、GI 値が低くなることが示された。大麦に含まれる β -グルカンの血糖値の上昇抑制効果に関する作用機序として、 β -グルカンは体内へ摂取された後に消化管内で強い粘性を持ち、それが糖の拡散を阻害、あるいはアミラーゼとの混合を物理的に阻害することで小腸における体内への消化吸收を遅延させるとされている¹⁶⁾。体内への糖の吸収および拡散速度が低下するため、血糖値の上昇速度が低下し、曲線下面積が低下したと考えられる。さらに、大麦穀粒の胚乳部にデンプン粒を包むように β -グルカンが存在するため¹⁷⁾、穀粒として摂取する大麦混合米飯では、粉末化して配合するパンやパスタとは応答が異なる可能性がある。

大麦を用いた、食後血糖値に及ぼす影響を調べた先行研究は多く報告されている。Yokoyama *et al.*¹⁸⁾ は大麦入りパスタとデュラムパスタを、福原ら¹⁹⁾ は 50% 大麦混合米飯と米飯を比較し、それぞれで大麦による血糖値の上昇の抑制とインスリンの過剰分泌の抑制を報告している。著者らのグループは、高 β -グルカン大麦含有パンの摂取が食後血糖値に及ぼす影響について日本人若年成人

を被験者として報告した²⁰⁾。試験食の糖質量を 50 g に換算した GI 値は、低粒度の大麦粉を 30% 配合したパン (β -グルカン量 2.1 g) では、グルコース溶液 = 100 として換算した場合、71.8 であった。本試験における 30% 大麦配合ご飯では、グルコース溶液 = 100 として換算した場合 63.8 であったことから、穀粒として摂取する麦ご飯の方が、粉末化して配合した大麦配合パンよりも、同じ β -グルカン量でも低値を示すと考えられる。日本人を対象として米飯とパンの GI 値を比較した結果、パンよりも米飯の GI 値が低いことが示されている²¹⁾。これは、日本人の米飯とパンの消化・吸収能力の差によると推定されている。さらに、大麦はデンプン粒を覆うように β -グルカンが存在するため、粒形態で摂取する場合と粉碎して小麦粉と混合して摂取する場合では消化・吸収速度が異なる可能性も考えられる。笹岡ら²²⁾ は、大麦粉含有ホットケーキの摂取が食後の血糖応答に及ぼす影響について、日本人の健康成人を被験者として報告した。その結果、大麦粉含有ホットケーキ (β -グルカン量 1.8 g) では、米飯 = 100 として換算した場合、74 (グルコース溶液 = 100 とした場合 59.2) であった。このように、食品形態によっても GI 値は異なることが確認された。

細谷が、麦ご飯の GI 値を米飯 = 100 を基準として 65 と記載¹³⁾ した麦ご飯中の β -グルカン量は記載がないが、本実験で求めた式から逆算すると約 2.3 g 相当と推定される。一般的な押麦の β -グルカン含量は約 4-5% であることから、大麦量は 46-57 g と推定され、米と押麦の比率が約 1 : 1 の麦ご飯を用いたと推定される。

本試験は、単回摂取による食後血糖値の応答を調べた結果である。著者らは、50% キラリモチ配合麦ご飯の長期連続摂取による影響について報告している。12 週間、 β -グルカン高含有大麦と米飯 1 : 1 の大麦混合米飯を 1 日 2 パック (β -グルカン 4.4 g/日) 摂取させたところ、内臓脂肪面積が 100 cm^2 以上の男女において腹囲、BMI、内臓脂肪面積が有意に低下した²³⁾。内臓脂肪面積の低下に伴い、空腹時血糖値、インスリン濃度、ヘモグロビン A1c (HbA1c) 濃度が低下したことから、モチ性大麦の摂取は耐糖能の改善に有効であると考えられる。麦ご飯の単回摂取において、食後血糖上昇が抑制されると同時に血中インスリン濃度も低くなることが報告されている¹⁹⁾。インスリンは、余剰のグルコースを脂肪に変換し、内臓脂肪蓄積を促進することから、本結果で得られた食後血糖値の上昇抑制作用は、長期摂取における内臓脂肪蓄積の抑制や耐糖能改善作用のメカニズムの一つである可能性が高い。

近年になって大麦摂取と腸内細菌叢との関係が注目されている。大麦 β -グルカンの摂取により血糖値が低下する被験者と応答しない被験者がいることが報告され、*Prevotella* 属/*Bacteroides* 属の比が低いと効果が現れなかったとしている²⁴⁾。日本人を対象とした腸内細菌の違いによる血糖応答の差についての試験例はないため、大

麦の β -グルカンの腸内細菌叢を介した作用に対する研究が今後の課題である。

本結果より米飯に対する大麦の配合比率が増加するほど大麦混合米飯の食後血糖上昇は抑制された。このことより、日常の食事で摂取する米飯を大麦混合米飯に変えることによって、食後高血糖が改善し、生活習慣病の予防に繋がる可能性のあることが示唆された。また、麦ご飯中の β -グルカン量からGI値が概算できることが示唆された。

利益相反

本論文発表内容に関連して申告すべきCOI状態はない。

本研究に参加いただきました被験者の方々に深謝いたします。本研究は、農研機構「機能性を持つ農林水産物・食品開発プロジェクト」により実施した。

文 献

- 1) Cho SS, Qi L, Fahey GC Jr, Klurfeld DM (2013) Consumption of cereal fiber, mixtures of whole grains and bran, and whole grains and risk reduction in type 2 diabetes, obesity, and cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* **98**: 594-619.
- 2) Williams PG (2014) The benefits of breakfast cereal consumption: a systematic review of the evidence base. *Adv Nutr* **5**: 636S-73S.
- 3) Seal CJ, Nugent AP, Tee ES, Thielecke F (2016) Whole-grain dietary recommendations: the need for a unified global approach. *Br J Nutr* **115**: 2031-8.
- 4) Zong G, Gao A, Hu FB, Sun Q (2016) Whole grain intake and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Circulation* **134**: 2370-80.
- 5) 池上幸江 (1997) 日本人の食物繊維摂取量の変遷. 日本食物繊維研究会誌 **1**: 3-12.
- 6) 厚生労働省健康局健康課栄養指導室栄養調査係 (2016) 平成 27 年国民健康・栄養調査の概要. <http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000142359.html> (2018 年 5 月 6 日閲覧).
- 7) 厚生労働省. 「日本人の食事摂取基準 (2015 年版) 策定検討会」報告書. <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/0000041824.html> (2018 年 5 月 6 日閲覧).
- 8) Wang Q, Ellis PR (2014) Oat β -glucan: physico-chemical characteristics in relation to its blood-glucose and cholesterol-lowering properties. *Br J Nutr* **112**: S4-S13.
- 9) Ludwig DS (2002) The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* **287**: 2414-23.
- 10) Salmeron J, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Spiegelman D, Jenkins DJ, Stampfer MJ, Wing AL, Willett WC (1997) Dietary fiber, glycemic load, and risk of NIDDM in men. *Diabetes Care* **20**: 545-50.
- 11) Willett W, Manson J, Liu S (2002) Glycemic index, glycemic load, and risk of type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr* **76**: 274S-80S.
- 12) Foster-Powell K, Holt SH, Brand-Miller JC (2002) International table of glycemic index and glycemic load values. *Am J Clin Nutr* **76**: 5-56.
- 13) 細谷憲政 (2011) 臨床栄養のための Glycemic Index—食後の血糖値上昇抑制への効果と活用 (田中照二, 鈴木正成, 杉山みち子編), p 12. 第一出版, 東京.
- 14) Yanagisawa T, Nagamine T, Talahashi A, Takayama T, Doi Y, Matsunaka H, Fujita M (2011) Breeding of Kirari-mochi: A new two-rowed waxy hull-less barley cultivar with superior quality characteristics. *Breed Sci* **61**: 307-10.
- 15) Sugiyama M, Tang AC, Wakaki Y, Koyama W (2003) Glycemic index of single and mixed meal foods among common Japanese foods with white rice as a reference food. *Eur J Clin Nutr* **57**: 743-52.
- 16) Thondre PS, Shafat A, Clegg ME (2013) Molecular weight of barley β -glucan influences energy expenditure, gastric emptying and glycaemic response in human subjects. *Br J Nutr* **110**: 2173-9.
- 17) MacGregor AW, Balance GM, Dushnicky L (1989) Fluorescence microscopy studies on (1,3)- β -D glucan in barley endosperm. *Food Structure* **8**: 235-44.
- 18) Yokoyama WH, Hudson CA, Knuckles BE, Chiu MCM, Sayre RN, Turnlund JR, Schneeman BO (1997) Effect of barley β -glucan in durum wheat pasta on human glycemic response. *Cereal Chem* **74**: 293-6.
- 19) 福原育夫, 池永 武, 野口洋樹, 小梯知英子, 小長井里織, 前佛佳菜子, 富田晋平, 甲田哲之 (2013) β -グルカン高含有大麦混合米飯の食後血糖応答とそのセカンドミール効果に及ぼす影響. 薬理と治療 **41**: 789-95.
- 20) 金本郁男, 小山智美, 村田 勇, 井上 裕, 神山紀子, 一ノ瀬靖則, 小前幸三, 柳沢貴司, 青江誠一郎 (2017) 粒度の異なる高 β -グルカン大麦含有パンの摂取が食後血糖値に及ぼす影響. ルミナコイド研究 **21**: 19-23.
- 21) 細谷憲政 (2011) 臨床栄養のための Glycemic Index—食後の血糖値上昇抑制への効果と活用 (田中照二, 鈴木正成, 杉山みち子編), p 66. 第一出版, 東京.
- 22) 笹岡 歩, 河本高伸, 青江誠一郎 (2015) 大麦粉含有ホットケーキの摂取による食後の血糖応答に及ぼす影響. 栄養学雑誌 **73**: 253-8.
- 23) Aoe S, Ichinose Y, Kohyama N, Komae K, Takahashi A, Abe D, Yoshioka T, Yanagisawa T (2017) Effects of high β -glucan barley on visceral fat obesity in Japanese subjects: a randomized double blind study. *Nutrition* **42**: 1-6.
- 24) Kovatcheva-Datchary P, Nilsson A, Akrami R, Lee YS, De Vadder F, Arora T, Hallen A, Martens E, Björck I, Bäckhed F (2015) Dietary fiber-induced improvement in glucose metabolism is associated with increased abundance of Prevotella. *Cell Metab* **22**: 971-82.

J Jpn Soc Nutr Food Sci 71: 283–288 (2018)

Research Note

Effects of Various Blending Ratios of Rice and Waxy Barley on Postprandial Blood Glucose Levels

Seiichiro Aoe,^{*,1} Kozo Komae,² Yutaka Inoue,³ Isamu Murata,³
Yuki Minegishi,³ Ikuo Kanamoto,³ Noriko Kohyama,⁴ Yasunori Ichinose,⁴
Toji Yoshioka,² and Takashi Yanagisawa⁴

(Received July 1, 2018; Accepted September 5, 2018)

Summary: This study examined the effects of various blends of rice and the waxy barley cultivar *Kirarimochi* on postprandial blood glucose levels. The subjects were 10 healthy young adults (six men and four women), who ate white rice (standard meal) and rice mixed with waxy barley (test meal) at blending ratios of 30%, 50%, and 100%. All meals contained the same amount (50 g) of available carbohydrate. Blood glucose levels were measured before each meal and at 15, 30, 45, 60, 90, and 120 min after starting the meal. Waxy barley blended with rice lowered the average postprandial blood glucose level and the incremental area under the curve of blood glucose concentration (IAUC) (0–120 min) to degrees that were correlated with the blending ratio. Significant differences in IAUC were observed among the standard meal, 30% barley, 50% barley, and 100% barley groups. Glycemic index (GI) values for 30%, 50% and 100% barley with rice were 79.7, 67.5 and 48.3, respectively. It was suggested that waxy barley blended with rice is effective for controlling the rise in the postprandial blood glucose level, being dependent on the β -glucan content.

Key words: waxy barley, barley with rice, postprandial blood glucose, glycemic index

* Corresponding author (E-mail: s-aoe@otsuma.ac.jp)

¹ Department of Food Science, Faculty of Home Economics, Otsuma Women's University, 12 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8357, Japan

² Western Region Agricultural Research Center, NARO, 1-3-1 Senyu-cho, Zentsuji, Kagawa 765-8508, Japan

³ Laboratory of Drug Safety Management, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Josai University, 1-1 Keyakidai, Sakado, Saitama 350-0295, Japan

⁴ Institute of Crop Science, NARO, 2-1-2 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8518, Japan