

新形質米（巨大胚芽米・発芽玄米）配合パックスライス 摂取時の血圧と血糖値への効果

渡辺 賢一・ソマスンダラム アムルガム・ピグネスワラン ピチャイマニ
アラン P ラクスマナン・ビビアン ソエテクノ・張馬 梅馨
野本真由美・中村 隆志・鈴木 浩志
新潟薬科大学薬学部臨床薬理学

平山 匡男・倉田 忠男・後藤 博
新潟バイオリサーチパーク株式会社

門脇 基二・大坪 研一・中村 澄子
新潟大学大学院自然科学研究科

Effects of Special Pre - germinated Brown Rice on Blood Pressure and Glucose Level in Normal Subjects

Kenichi WATANABE, Somasundaram ARUMUGAM, Vigneshwaran PITCHAIMANI,
Arun P LAKSHMANAN, Vivian SOETIKNO, Meilei HARIMA, Mayumi NOMOTO,
Takashi NAKAMURA and Hiroshi SUZUKI

*Department of Clinical Pharmacology, Niigata University of Pharmacy and
Applied Life Sciences*

Masao HIRAYAMA, Tadao KURATA and Hiroshi GOTOH

Niigata Bio - Research Park, Inc.

Motoni KADOWAKI, Ken'ichi OHTSUBO and Sumiko NAKAMURA

Graduate School of Science and Technology, Niigata University

要 旨

【目的・方法】新形質米（巨大胚芽米・発芽玄米）配合パックスライス摂取時の血糖変動・運動
負荷時血圧変化を検討した。コシヒカリ 100 %パックスライス（市販品白米, 200g/パック：A食）、
及びコシヒカリ 50 % + 発芽玄米（越車®）50 % に配分調製した 200g/パックのパックスライス

Reprint requests to: Kenichi WATANABE
Department of Clinical Pharmacology,
Niigata University of Pharmacy and Applied Life
Sciences,
265 - 1 Higashijima, Akihaku,
Niigata 956 - 8603, Japan.

別刷請求先：〒956 - 8603 新潟市秋葉区東島 265 - 1
新潟薬科大学 薬学部 臨床薬理学 渡辺 賢一

(200g/パック：B食)をそれぞれ試験食として使用した。年齢27～47歳(平均37±1.3歳)の健常者ボランティア24名(女性14名,男性10名)で食し,血糖・インスリン値測定を0(前)・30・60・90分後に測定した。摂取後に6分間エルゴメーター多段階運動負荷にて血圧・心拍数を測定した。

【結果】両群で有害事象は見られなかった。B食(発芽玄米・越車[®]配分)ではγ-アミノ酪酸(GABA)・フェルラ酸などの含有量が多かった。両食摂取前後で,被験者の体重・体脂肪・BMI・血液検査・運動負荷中の血圧と心拍数に変化は見られなかった。収縮期血圧は負荷終了5分後と6分後,拡張期血圧は負荷終了8分後と9分後に,B食摂取群がA食摂取群に比べて有意に低下した。血糖上昇曲線下面積(IAUC)はA食に比してB食(1,601,1,448mg・min/dl)で低値を示した。

【結論】発芽玄米の短期投与効果を24名で検討した。発芽玄米はGABA・フェルラ酸などの含有量が多く,摂取群では運動負荷後収縮期血圧と食後血糖の低値が見られた。新形質米(巨大胚芽米・発芽玄米)は,高血圧・糖尿病の予防や予備軍のリスク軽減に有用であることが示唆された。

キーワード：巨大胚芽米・発芽玄米,γ-アミノ酪酸(GABA),フェルラ酸,高血圧症,糖尿病,機能性食品,血糖値

Abstract

We investigated the effects of special pre-germinated brown rice, Koshiguruma[®], containing γ-aminobutyric acid (GABA) and ferulic acid on blood pressure, postprandial blood glucose and insulin concentrations, and safety in volunteers. Twenty-four subjects with normal blood pressure and normal blood glucose levels (female/male = 14/10, 27 ~ 47 years old and mean is 37 ± 1.3 years old) were employed. All subjects took 200 g of packed white rice, with (Rice - B) or without (Rice - A) the 50 % special pre-germinated brown rice three times for each day. The concentrations of GABA and ferulic acid are 16 mg and 22 mg in Rice - B, and 0 mg and 5.2 mg in Rice - A. Although blood pressure during exercise tolerance did not change between the two groups took Rice - A or Rice - B, systolic blood pressure after exercise was lower in subjects took Rice - B. Blood glucose levels and the Incremental Area Under the Curve (IAUC) were lower, and insulin level was higher after taking Rice - B than Rice - A. There were no abnormal changes in blood and urine tests, and no adverse reactions or symptoms were observed in all subjects. These results demonstrate that this special pre-germinated brown rice may be effective in subjects with mild hypertension and diabetes mellitus.

Keyword: pre-germinated brown rice, GABA, ferulic acid, hypertension, diabetes mellitus, nutritional food, blood glucose

はじめに

日本だけでなく世界で糖尿病や高血圧症は増加している。医療費の問題だけでなく,より良い生活のために,機能性食品の発見・発明は重要である。

日本の主食である米は最重要農産物であり,その利用拡大は単に自給率の向上のみならず,日本型食生活の維持・推進による国民の健康維持・増進にも役立つ。その意味で,農水省が進める新規需要米制度の活用を図ると共に,新潟県のR10プロジェクトの推進に積極的に協力することは非常

に重要である¹⁾。新潟県の R10 プロジェクトは平成 21 年に 11 の企業・団体の連携・協力の下にスタートし、平成 25 年には 75 社まで増加した²⁾。そのような視点に基づき、「新規米加工食品の開発および冷凍流通技術の開発」が始まった。新潟県農業総合研究所作物研究センターで育成された新形質米の一つである巨大胚芽米の発芽玄米（越車[®]）を配合したパックライスを試験食として作製し、それを被検者に摂取していただき血糖・インスリン値変動ならびに運動負荷における血圧変化等で、当該試験食の生活習慣病予防効果について評価を行った。

対象と方法

1. 対象・被験者

試験を希望し試験に対する説明を充分に行った後、書面による同意を得られたボランティア 27 名を試験対象者とした。また、本試験の実施にあたり次の除外基準を設け最終的に 24 名の被験者が試験に参加した（表 1）。

- ①重篤な肝障害、腎障害、心血管系疾患で本試験に不相当と考えられる既往を有する方。
- ②胃切除、腸管切除及び本試験に不相当と考えられる消化器系疾患の既往を有する方。
- ③試験食品摂取開始 4 ヶ月以前に、他の治療薬を

投与された方。

- ④糖尿病リスクの有る者や糖尿病の方。（空腹時血糖が 110mg/dL 以上、ヘモグロビン（Hb）A1c が 5.5 % 以上）
- ⑤心血管系（高血圧症・脳卒中・狭心症など）の治療を行っている方。心電図異常がある方。
- ⑥その他、試験責任医師が被験者として不適格と判断した方。

本試験は、新潟バイオリサーチパーク（株）内に組織された倫理審査委員会により試験の倫理性及び試験方法の妥当性等の審査、承認を得ており、「ヘルシンキ宣言」の精神に則って実施された（試験番号 新大 NICO プロ-1202）。

2. 試験食

試験食は、新潟県農業総合研究所作物研究センターより提供された、新形質米・越車[®]を新潟大学大坪研究室にて発芽させた後、佐藤食品工業（株）にて、コシヒカリ 50 % と発芽玄米（越車[®]）50 % の配分にして調製した 200 g/パック（B 食）、および同社にて調製された通常のコシヒカリ 100 % 200g/パック（市販品：A 食）のパックライス（PR）をそれぞれ試験食として使用した（図 1）。一般成分の分析、および、 γ -アミノ酪酸（GABA）などの特殊成分の分析については（社）日本食品分析センターに依頼した。

表 1 リクルート検査項目

理学的検査	身長、体重、体脂肪、Body Mass Index(BMI)、血圧、脈拍、心電図検査
問診	有り
血液検査 (原則として空腹時測定)	赤血球数、ヘモグロビン、AST(GOT)、ALT(GPT)、 γ -GTP、HDL-C、LDL-C、TG、血糖、HbA1c
その他	既往歴等の問診シートによる聞き取り調査

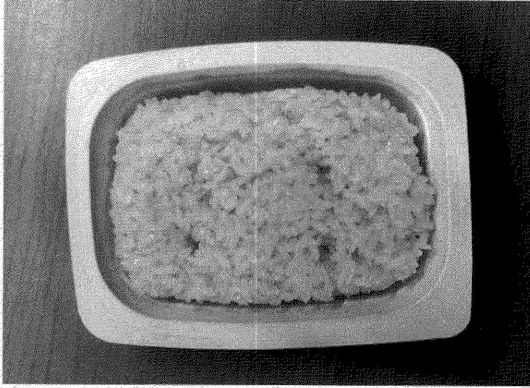


図1-A コシヒカリのパックライス
200g/1パック



図1-B 発芽玄米・越車®入りのパックライス
200g/1パック

表2 試験実施内容

場 所	検査前日		検査日初日			2日目
	自由 昼食	自由 夕食	検査所 朝食	自由 昼食	自由 夕食	検査所 朝食
食 事	コシカ(PR)	コシカ(PR)	コシカ(PR)	越車(PR)	越車(PR)	越車(PR)
血液検査	-	-	●	-	-	●
血糖測定	-	-	●	-	-	●
負荷血圧	-	-	●	-	-	●

3. 試験デザイン

A食とB食2種類のPRを3食分づつ被験者に渡し、前日の昼食・夕食・翌朝食時にコシヒカリPR(A食)を摂取していただいた。その後越車®入りのPR(B食)を同様に3食摂取していただき各項目を評価する方法を行った。測定項目とスケジュールは表2・3、図2に示した通りである。

運動負荷はエルゴメーターを使い1分単位で負荷前・負荷中6分間・負荷終了10分後まで血圧・脈拍の測定を行った。

【食後血糖・インスリン測定】

被験者は、試験開始日の前日よりコシヒカリPR(A食)を昼食・夕食を自宅等で、翌朝食は検査所で摂取を行った。検査所では、A食の食前(0分)と30・60・90分後に血糖・インスリン値検査を行った。検査日の昼食より翌朝食は試験食越車PR(B食)を食し、血糖・インスリン値測定を同様に0・30・60・90分に測定した。試

験日朝は水分以外の摂取を禁じ、試験食の摂取は少量の塩(1g/1食)及び水(100ml/1食)とともに供試した。咀嚼回数は1口につき15回として、15分間をかけて摂取することとした。

4. 検査・観察項目

表4のごとく、理学検査・血液生化学・被験者アンケートを施行した。

5. 統計

血糖・インスリン値の上昇曲線下面積(The Incremental Area Under the Curve: IAUC)はWolever等の方法を用いて算出した³⁾。全ての結果は平均±標準誤差(SE)で表し、統計ソフト(StatSoft Inc. USA)を用い、Bonferroni法にて多重比較及び対応のあるt検定にて比較した。p<0.05を有意差有りとした。

表3 運動負荷前・負荷中・負荷後の血圧測定

運動負荷はエルゴメーターを使い1分単位で負荷前・負荷中6分間・負荷終了10分後まで血圧・脈拍の測定を行った。

負荷時間	開始前	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後	6分後
血圧・脈拍	○	○	○	○	○	○	○

負荷後	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後	6分後	7分後	8分後	9分後	10分後
血圧・脈拍	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

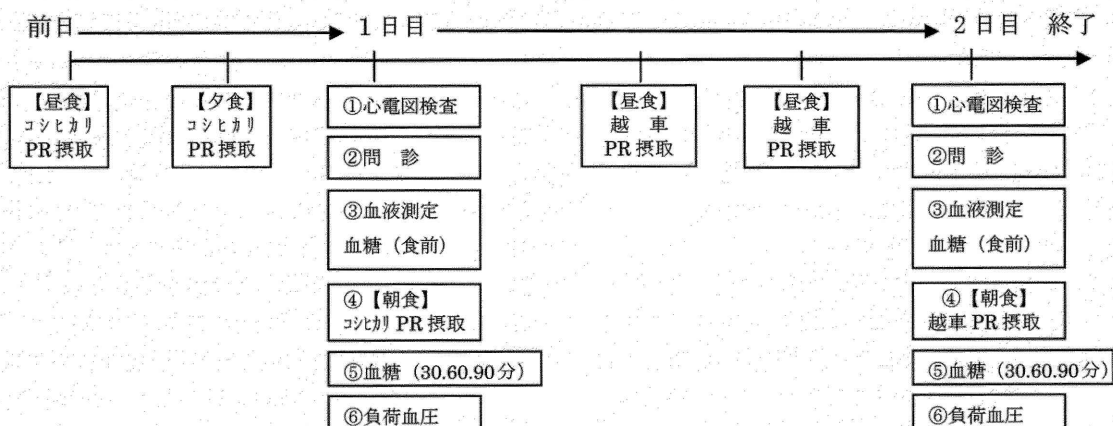


図2 試験スケジュールと測定項目

表4 血液検査・アンケートなど

理学検査	体重、体脂肪、BMI、血圧（負荷試験）、脈拍、心電図	
医師による問診	有り	
血液検査 (原則として 空腹時測定)	血液学	白血球数、赤血球数、ヘモグロビン、ヘマトクリット、血液像
	生化学	AST (GOT)、ALT (GPT)、ALP、 γ -GTP、LDH、TP、T-CHO、HDL-C、LDL-C、TG、BUN、CRE、CPK
	血糖関係	血糖値 (0.30.60.90分)、インスリン (0.30.60.90分)
被験者アンケート	被験食品アンケート	

結 果

A. 試験食分析結果

試験食の分析結果は表5に示す通りである。水

分を除くすべての分析項目で、B食（越車入りPR）はA食（コシヒカリPR）よりも各成分の含有量（PR100g当たり）が多く、特に（発芽）玄米特有の機能性成分ともいえるGABA・フェル

ラ酸などの含有量には大きな差異が認められた。GABAはB食中には8 mg/100 g含まれるのに対し、A食中には検出されなかった。また、総フェルラ酸および遊離型フェルラ酸がB食中にはそれぞれ11 mg/100 gおよび0.6 mg/100 g程度含まれているが、A食中には総フェルラ酸が2.6 mg/100 g程度含まれているに過ぎず遊離フェルラ酸は検出されなかった。

B. 臨床試験結果

(1) 被験者

被験者は女性14名・男性10名の計24名で、年齢27～47歳(平均37±1.3歳)であった。

(2) 体重・体脂肪・BMI・血液検査

試験1日目(コシヒカリPR：A食摂取後)と試験2日目(越車入りPR：B食摂取後)とで、被験者の体重・体脂肪・BMI・血液検査に変化は見られなかった(表6)。

(3) 運動負荷前・中・後の血圧・脈拍(図3)

A・B両食(コシヒカリPR・越車入りPR)摂取後に6分間多段階運動負荷では、両群ともに血圧・心拍数の増加が見られた。また、負荷後の血圧・心拍数は両群で時間依存性に低下した。B食(越車入りPR)摂取群が、A食(コシヒカリPR)

摂取群に比べると血圧は低い傾向を示した。収縮期血圧は、負荷終了5分後(11分目)と6分後(12分目)ではB食摂取群がA食摂取群に比べて有意に低下した。拡張期血圧は、負荷終了8分後(14分目)と9分後(15分目)ではB食摂取群がA食摂取群に比べて有意に低下した。脈拍は両食で差が見られなかった。

(4) 血糖・インスリン値及び上昇曲線下面積(The Incremental Area Under the Curve: IAUC)

A食(コシヒカリPR)及びB食(越車入りPR)摂取群の血糖値は共に、摂取前(85.8±1.1, 83.4±1.2 mg/dl)に比較して摂取30分後(114.5±3.2, 116.1±2.7 mg/dl)では高値を示したが、いずれも両群間に有意差は認められなかった。また、両群の血糖値は共に摂取60分後には、摂取30分後に比較して低値を示したが、摂取60分後(104.9±6.9, 96.8±6.3 mg/dl. P<0.05)および90分後(97.2±4.9, 87.7±4.2 mg/dl. P<0.05)ではB食摂取群のほうが有意に低い値を示した(図4-A)。さらに、摂食前の血糖値を基準(ゼロ)とした各測定時点における摂取90分後の血糖値変化量はB食摂取群で低い傾向が見られた(図4-B)。血糖値のIAUCはA食(1,601 mg・min/dl)に比してB食(1,448 mg・min/dl)で低値を示した。

表5 A・B食の分析結果

分析項目	B食(越車入りPR)	A食(コシヒカリPR)	定量下限
水分	60.6g/100g	64.1g/100g	-
たんぱく質	2.6g/100g	1.9g/100g	-
脂質	1.1g/100g	0.4g/100g	-
灰分	0.3g/100g	0.1g/100g 未満	-
糖質	34.1g/100g	33.6g/100g	-
食物繊維	1.3g/100g	0.5g/100g 未満	-
エネルギー	159kcal/100g	146kcal/100g	-
直接還元糖	0.14g/100g	検出せず	0.05g/100g
全糖	36.3g/100g	34.8g/100g	-
γ-アミノ酪酸(GABA)	8mg/100g	検出せず	1mg/100g
総フェルラ酸	11mg/100g	2.6mg/100g	-
遊離フェルラ酸	0.6mg/100g	検出せず	0.5mg/100g

(日本食品分析センターにて分析)

表 6 血液・生化学検査結果

検査項目	正常値	A食(コシカカリPR)			B食(越車入りPR)		
		平均	±	SE	平均	±	SE
身長		165.90	±	1.60	※ リクルート検査時測定値		
体重		59.60	±	2.10	59.30	±	2.10
体脂肪率		25.55	±	1.26	25.78	±	1.36
BMI	18.5~24.9	21.50	±	0.50	21.40	±	0.50
赤血球数	380~540 万/ μ L	484.0	±	8.0	486.0	±	7.5
ヘモグロビン	12.1~16.6 g/dL	14.43	±	0.23	14.53	±	0.22
ヘマトクリット	36.0~52.0 %	43.45	±	0.62	43.46	±	0.58
白血球数	3000~8900 / μ L	5291.7	±	314.5	5279.2	±	310.3
好中球	42.6~72.9 %	54.90	±	2.00	55.10	±	1.40
リンパ球	20.8~50.8 %	35.89	±	1.88	35.43	±	1.34
単球	1.2~7.7 %	5.61	±	0.23	5.92	±	0.26
好酸球	0.0~7.4 %	3.00	±	0.50	2.90	±	0.40
好塩基球	0.0~1.9 %	0.50	±	0.00	0.60	±	0.10
AST(GOT)	30 U/L 以下	20.4	±	1.0	21.1	±	0.8
ALT(GPT)	30 U/L 以下	17.1	±	0.9	16.3	±	0.9
ALP-IU	100~340 U/L	182.8	±	7.9	180.4	±	7.2
γ GTP	50 U/L 以下	26.5	±	2.8	26.6	±	3.0
LDH	80~254 U/L	162.9	±	4.0	164.3	±	4.8
総蛋白	6.5~8.2 g/dL	7.40	±	0.06	7.38	±	0.06
総コレステロール	150~219 mg/dL	206.3	±	6.0	203.1	±	6.5
LDL-C	119 mg/dL 以下	125.5	±	5.4	121.3	±	5.2
LDL/HDL	1.9 以下	2.3	±	0.2	2.3	±	0.2
中性脂肪	35~149 mg/dL	103.5	±	12.3	103.5	±	11.0
尿素窒素	7~22 mg/dL	11.6	±	0.4	11.2	±	0.5
クレアチニン	1.0 mg/dL 以下	0.80	±	0.00	0.80	±	0.00
CPK	50~230 U/L	132.5	±	36.2	119.9	±	19.9

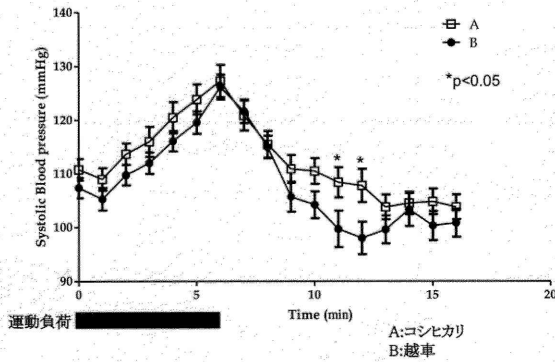


図 3-A

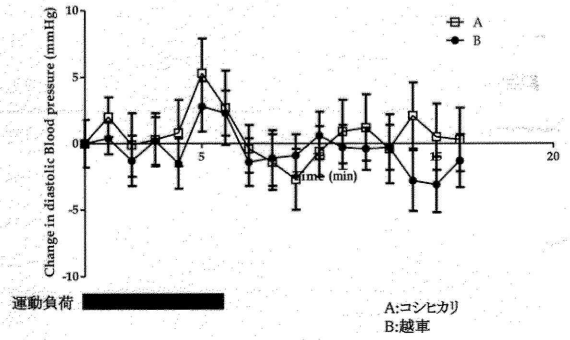


図 3-D

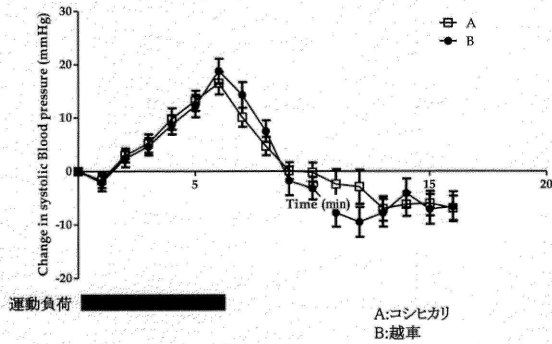


図 3-B

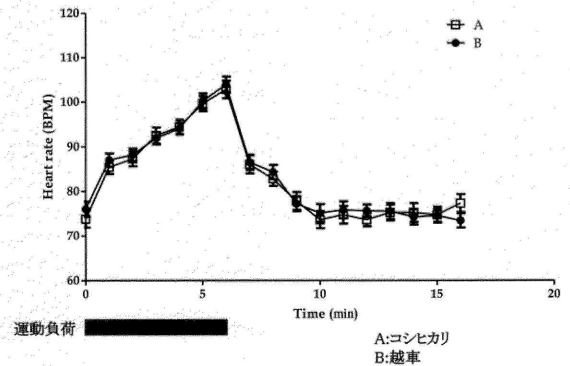


図 3-E

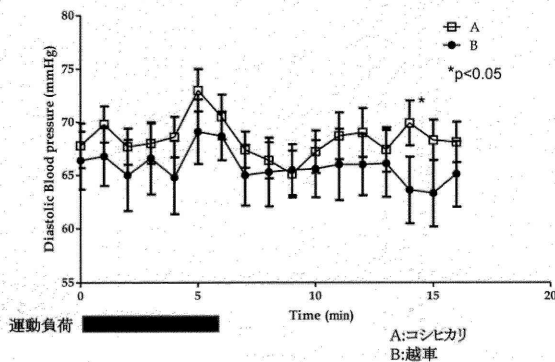


図 3-C

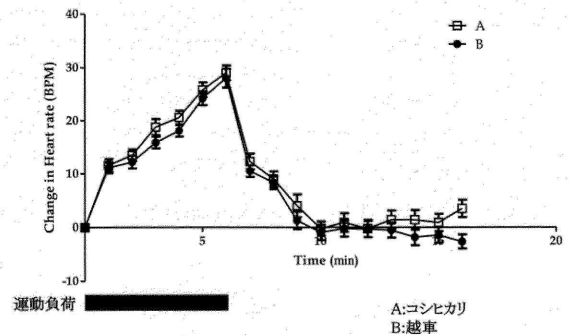


図 3-F

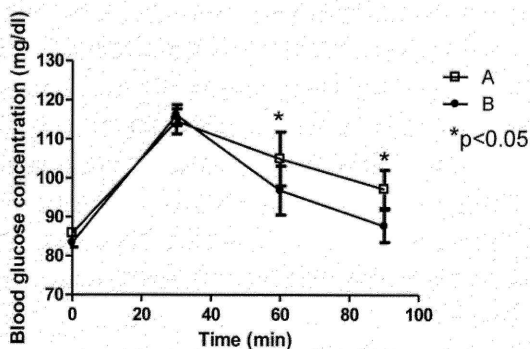


図 4-A 血糖値の実測値

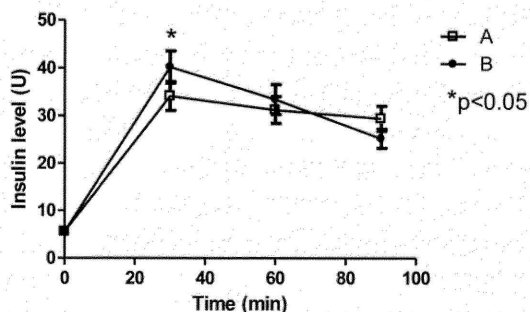


図 4-C インスリン値の実測値

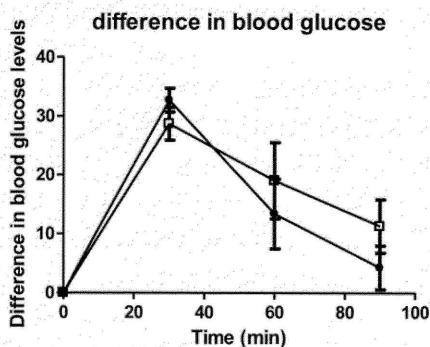


図 4-B 血糖値変化量

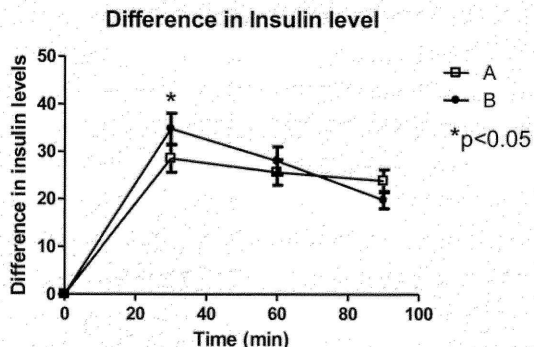


図 4-D インスリン変化量

一方、インスリン値は実測値・変化量共に、摂取前・60分後・90分後のいずれの時点においても両群間で有意差が認められなかったが、摂取30分後はB食摂取群がいずれも有意に高値 ($P < 0.05$) を示した (図 4-C, D)。インスリン値のIAUCはA食 (1,980 mg・min/dl) に比してB食 (2,181 mg・min/dl) で高値を示した。

(5) 医師による問診結果

試験食摂取期間中に、試験食摂取に起因すると思われる有害は確認されなかった。

(6) アンケート結果

被験者 24 名へ 2 日目の検査日の B 食 (越車入り PR) 摂取後に試験食についてのアンケートを実施した。なお、回収率は 100% であった。

6-1. 見た目の感じについて。とても美味しそう 0%、美味しそう 26%、普通 48%、まずそう

26%、とてもまずそう 0% であった。

6-2. 臭いについて。全く気にならない 34%、気にならない 33%、普通 4%、少し気になる 25%、非常に気になる 25% であった。

6-3. 量について。少ない 0%、やや少ない 0%、普通 83%、やや多い 17%、多い 0% であった。

6-4. 食べやすさについて。非常に食べやすい 0%、食べやすい 22%、普通 26%、食べにくい 52%、非常に食べにくい 0% であった。

6-5. 硬さについて。非常にやわらかい 0%、やわらかい 0%、普通 17%、硬い 83%、非常に硬い 0% であった。

6-6. 美味しさについて。非常においしい 4%、おいしい 21%、普通 50%、おいしくない 25%、非常においしくない 0% であった。

6-7. もう一度又は今後も食べたいと思います

か。思う21%, 少し思う29%, 普通21%, 思わない29%, 全く思わない0%であった。

6-8. B食の越車と白米の割合について。越車が多すぎる0%, 越車が少し多い67%, 普通29%, 白米が少し多い4%, 白米が多い0%であった。

6-9. B食(越車PR)の改良点について。男性からは、噛みしめた時にもっと甘みが欲しい・玄米の量をもっと増やしてもよい・雑穀米風でもよいと思う・このままで良いと思う・健康食品は食べにくい方が気持ち的に効きそうなのでこのままでよい・少しかたく思った, などの意見が寄せられた。女性からは、玄米の量はこのままで商品化してほしい・少しかたかったので食べ易いかたさだったら良いと思う・少し臭いが気になりましたが玄米100%よりは食べやすかった・レンジで温める時は加熱時間を長めに設定する方が食べやすいと思う・芯ぼくて食べにくかった・もう少しもちり感があったら食べやすくて良かった・もう少しやわらかい方がいいと思う・食べているうちに癖になる感じがした・玄米(B食・越車PR)の割合がもう少し少ないと食べやすいと思った・噛みごたえがあったのでもう少し量を少なめにしてもよいと思う・私はこの味が好きだ・おいしく頂いた・なんとなく食べづらく感じた・食べる事によるメリットが大きければ食べたいと思う, などの意見が寄せられた。

考 察

発芽玄米や玄米は精白米に無い糠層や胚芽を有し, 食物繊維・ビタミン・ミネラル GABA 等のいわゆる機能性成分を豊富に含む。今回使用した試験食の分析結果からも, 新形質米発芽玄米・越車®入り PR (B食) とコシヒカリ PR (A食) の含有成分の差異は明確である。表5に示すように水分を除くすべての分析項目で, 越車入り PR はコシヒカリ PR よりも各成分の含有量 (PR100g 当たり) が多く, 特に (発芽) 玄米特有の機能性成分ともいえる GABA・フェルラ酸などの含有量には大きな差異が認められた。特に GABA は越車入り PR 中には 8mg/100g 含まれるのに対し, コシ

ヒカリ PR 中には検出されなかった。また, 総フェルラ酸および遊離型フェルラ酸が越車入り PR 中にはそれぞれ 11mg/100g および 0.6mg/100g 程度含まれているが, コシヒカリ PR 中には総フェルラ酸が 2.6mg/100g 程度含まれているに過ぎず遊離フェルラ酸は検出されなかった。なお, 今回使用した PR は 1 パックが 200g であるため, 被験者は越車入り PR 摂取の各食事で GABA を 16mg・総フェルラ酸を 22mg・遊離型フェルラ酸を 1.2mg 程度摂取したことになる。

これまでに発芽玄米など GABA 含有食物では血圧降下作用が認められることが報告されている^{4) - 6) 9) 11)}。今回, 両群間で単回摂取後の運動負荷中に有意な血圧の変化は見られなかった。しかし, 負荷後では収縮期血圧は負荷終了5分後と6分後で, 拡張期血圧は負荷終了8分後と9分後に B食・越車入り PR 摂取群が A食・コシヒカリ PR 摂取群に比べて有意に低下した。越車入り PR 中の (発芽) 玄米特有機能性成分が高血圧治療や予防に有用であることが示唆された。

これまでも発芽玄米や玄米は食後血糖値の上昇を抑制することがすでに報告されている^{3) - 7)}。今回の検討結果により, 越車入り PR 摂取群はコシヒカリ PR 摂取群よりも摂取30分後のインスリン値が有意に高いことが示されたが, これには越車 PR に含有されている上記の各種機能性成分などの関与が考えられた。また, 摂取30分後のインスリン値が有意に増加したことにより, 越車入り PR 摂取群の摂取60分後・90分後血糖値や IAUC がコシヒカリ PR 摂取群に比較して有意に低い血糖値を示したことも容易に理解される。

今後, さらにクロスオーバー試験や長期間の摂取条件下における検討などが必要であると考えられた。更に, この発芽玄米・越車®を食生活に積極的に取り入れることにより, 高血圧・糖尿病の予防や予備軍のリスク軽減に向けて有益な効果をもたらされることを期待したい。

ま と め

24名の健常者ボランティアに, コシヒカリ単独

(A食)と発芽玄米・越車®入り(B食)をそれぞれ3食分摂取していただき、両者の単回投与の効果と比較検討した。両群で有害事象は見られなかった。発芽玄米はGABA・フェルラ酸などの含有量が多く、摂取群では運動負荷後収縮期血圧と食後血糖の低値が見られた。新形質米（巨大胚芽米・発芽玄米）は、高血圧・糖尿病の予防や予備軍のリスク軽減に有用であることが示唆された。

謝 辞

財団法人にいがた産業創造機構（Niigata Industrial Creation Organization）、佐藤食品工業株式会社（SATO FOODS CO., LTD.）、新潟県農業総合研究所作物研究センター（Niigata Agricultural Research Institute Crop Research Center）の支援を受けて本研究を行った。

文 献

- 1) 新潟県食品・流通課米粉普及推進室 R10 プロジェクト. <http://www.pref.niigata.lg.jp/syokuhin/1274911816220.html>
- 2) 新潟県食品・流通課米粉普及推進室 R10 プロジェクト. <http://www.pref.niigata.lg.jp/syokuhin/1302040866099.html>
<http://www.pref.niigata.lg.jp/syokuhin/1356767622580.html>
- 3) Wolever MS T and Jenkins JA D: The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *Am J Clin Nutr* 43: 167-172, 1986.
- 4) 渡辺典子, 石橋源次, 菊永茂司: 巨大胚芽米の自然発症高血圧ラットにおける血圧, 脂質代謝におよぼす影響. ノートルダム清心女子大学紀要 34 (通巻第 55 号): 111-117, 2010.
- 5) 喜瀬光男, 水口 彩: 発芽玄米の高血圧症に対する改善効果. *FOOD Style* 21 8: 54-57, 2004.
- 6) 白井展也, 鈴木啓太郎, 大坪研一: NaCl を添加した発芽玄米の高血圧自然発症ラット (SHR/Izm) の血圧上昇抑制効果と血糖調整に関するホルモンへの影響. *日本食品科学工学会誌* 58: 324-329, 2011.
- 7) 伊藤幸彦, 申 曼珍, 喜瀬光雄, 速水耕介, 芳野原, 吉原里恵, 横山淳一: 空腹時高血糖者の食後血糖, インスリン反応に及ぼす発芽玄米摂取の影響. *日本食品化学学会誌* 12: 80-84, 2005.
- 8) 大坪研一, 中村澄子, 宇都宮一典, 増田泰伸, 辻啓介: 硬質米と糖尿病発症予防, 実用化に向けた取り組み. *食品工業* 53 (No.14): 1-6, 2010.
- 9) Ardiansya H, Shirakawa H, Koseki T, Ohinata K, Hashizume K and Komai M; Rice Bran Fractions Improve Blood Pressure, Lipid Profile, and Glucose Metabolism in Stroke-Prone Spontaneously Hypertensive Rats. *J.Agric.Food Chem* 54: 1914-1920, 2006.
- 10) Jung EH, Kim SR, Hwang IK and Ha TY; Hypoglycemic Effects of a Phenolic Acid Fraction of Rice Bran and Ferulic Acid in C57BL/KsJ-db/db Mice. *J.Agric.Food Chem* 55: 9800-9804, 2007.
- 11) Kubota M, Saito Y, Masumura T, Kumagai T, Watanabe R, Fujimura S and Kadowaki M: Improvement in the in vivo digestibility of rice protein by alkali extraction is due to structural changes in prolamin/protein body-I particle. *Biosci Biotechnol Biochem* 74: 614-619, 2010.

(平成 26 年 6 月 19 日受付)