

Short Report

低カロリー機能性米の地域普及を目指して

調理法の開発と栽培簡易化

藤田直子¹，大野智子²，保田謙太郎³¹ 秋田県立大学生物資源学部生物生産科学科² 聖霊女子短期大学生活文化科健康栄養専攻，現青森県立保健大学健康科学部栄養学科³ 秋田県立大学生物資源学部フィールド教育研究センター

この50年の間に、我が国の米の消費量は半分にまで低下し、米の販売価格の下落によって稲作農家の疲弊は深刻である。また、食生活が西洋化したこともあり、我が国の糖尿病患者およびその予備群は2000万人に登ると言われている。我々が開発してきた難消化性澱粉を多量に含む変異体米は、通常米と比べて摂取後の血糖値上昇抑制効果が認められており、整腸作用等の機能が期待できる。一方で、この米は炊飯米として食べると食味が悪いいため、調理方法の工夫が必要である。本研究では、この変異体米を用いた家庭で簡単にでき、且つ食味を改善させたレシピ開発を試み、調理方法によっては、十分美味しく食べられる可能性を見出した。また、この変異体米は通常米と比べると農業形質が劣るため、その普及には品種改良が不可欠である。我々は、超多収米である秋田63号と戻し交配を行うことで、農業形質の向上を目指している。これらの系統を本学フィールド教育研究センターの水田で一般農家が用いる農機具を用いて栽培したところ、大規模栽培が十分可能であることが明らかになった。

キーワード：稲作農業，機能性米，新規需要米，澱粉，変異体米

我が国には、古くから広大な水田を維持し、安定して米を収穫するシステムが確立している。これまで、全国の試験場で良食味米、酒米、もち米等の育種が精力的に行われ、優れた品種が開発されてきた。一方で、50年前の日本人が年間130kgの米を食べていたのに対し、現在はほぼ半分にまで低下している。これは、食の多様化や洋食化が進んだためであり、米の消費量の低下が我が国の食料自給率（カロリーベースで39%）の低下にも直結している。最近の糖質ダイエット等のブームや、人口の減少から、主食用米の国内需要は今後ますます減少することは想像に難しくなく、国内需要の低下は、米の販売価格の低下につながる。秋田県は、東北の中でも稲作依存率が高いため、県内の稲作農家の疲弊は深刻である。一方、食の多様化、西洋化は、肥満を増やし、特に男性の肥満率は年々増加の傾向であり（男性人口の3割が肥満）、国民の高齢化と相まって生活習慣病の増加は医療費の増大に拍車をかけている。特に、生

活習慣病の代表格である糖尿病は、予備群を含めると国民の5分の1を占めると言われている。秋田県は、65歳以上の高齢者が人口に占める割合が全国で最も高い県であるのと同時に、ウエスト周囲径や血圧、脂質、代謝の指標で評価したメタボリックシンドロームのリスク保有率が男女とも全国で最も高いことが報告されている。このような地域において、単にエネルギー制限による肥満症や糖尿病の発症・進展を阻止するだけではなく、将来のさらなる高齢化を見据えて、高齢者のフレイル（健常な状態と要介護状態の中間の状態）対策にも寄与する食事を提供することは最も重要な課題である。

以上の「農」と「医」の問題を解決するために、我々はこれまでの用途とは異なった多様性のある米を育種し、さまざまな新規需要米の創出が必要と考えている。さらに輸出も視野に入れながら本県のような地域で生産、加工を推進することで、稲作を中心とした6次化産業を活発化していくことが求めら

れる。

本研究では、我々が開発してきた難消化性澱粉（RS）を多量に含む変異体米（高RS米）の消費者に提供しやすい調理法を探り、また、この米の栽培簡易化を検討することで全国への普及の第一歩として、地域に普及させることを目的とする。

1. 高RS米のレシピ開発

聖霊女子短期大学の「食品の官能評価・鑑別演習」受講学生（2年生）が、高RS米を秋田63号と2回戻し交配した系統（A6BC₂）を用いたレシピ開発を行った。1人1品レシピを考案し、合計23品目の料理及びスイーツが完成した。このうち、特に美味しかった5品目のレシピと試食後の感想を以下に紹介する。

(1) 米粉入りお好み焼き



図1 米粉入りお好み焼き。

材料：山芋 170g、高RS米の米粉大さじ3、白だし大さじ1、和風粉末だし少々、キャベツ 230g、豚ばら肉 150g、鰹節少々、青のり少々、マヨネーズ大さじ1、ソース大さじ1、サラダ油大さじ1

作り方：山芋、米粉、白だし、和風粉末だしを合わせてよく混ぜた。キャベツは千切りにして混合した。フライパンに油をひき、生地を適量入れ、その上に豚肉を乗せた。焼き色がついたのを確認し、ひっくり返した。両面がしっかり焼き色が付いたら、ソースを塗った。マヨネーズをかけて、青のりと鰹節を振りかけた。

感想：通常のお好み焼きとほとんど変わらず、山芋を混合したことで、柔らかく美味であった。山芋が高RS米の老化が強い特性を防いでいる可能性がある。

(2) おこめ巾着煮



図2 おこめ巾着煮。

材料：油揚げ 3枚、鶏ひき肉 50g、絹ごし豆腐 70g、おから 30g、にんじん 20g、ごぼう 20g、さやいんげん 20g、高RS米 40g、酒 3g、塩 0.8g、醤油大さじ 1.5、かつおと昆布のだし汁 500mL、砂糖 4g、みりん 4g、塩 1g、生姜汁 1g

作り方：油揚げを油抜きした。にんじん、ごぼう、さやいんげんを塩ゆでしてみじん切りにし、粗熱を取った。だし汁は、鰹節と昆布で作成した。鶏ひき肉と絹ごし豆腐を良く混ぜ合わせ、塩ゆでした野菜とコメを混ぜ合わせ、酒、醤油、生姜汁で味付けした。これらを油抜きした油揚げに詰め、つまようじでとめ、だし汁と調味料を混ぜ合わせた鍋に入れ、15分ほど煮た。

感想：さやいんげんやにんじんの食感が高RS米の食感と似ていたことから、ご飯の硬さが気にならなかった。冷えた状態で食べても美味であった。

(3) キャベツとほうれん草のリゾット



図3 キャベツとほうれん草のリゾット.

材料：豆乳 150 mL, 高 RS 米炊飯米 60 g, キャベツ 30 g, ほうれん草 30 g, ベーコン 10 g, 粉チーズ少々
作り方：鍋にごはん, キャベツ, ベーコン, 豆乳を入れた。焦げないように適度にかき混ぜながら, ご飯に豆乳を吸わせた。沸騰してきたら, ほうれん草を加えた。粉チーズを入れて, とろみがつくまで煮詰めた。

感想：豆乳の臭みは全くなく, 豆乳が絡むとご飯の硬さがほとんど感じられなかった。また, キャベツの食感でご飯の硬さを紛らわしており, 大変美味であった。

(4) ミートソースドリア



図4 ミートソースドリア.

材料：合挽き肉 400 g, 高 RS 米炊飯米 350 g, 玉ねぎ 1 個, にんじん 2/3 本, バター 40 g, ピザ用チーズ 1 袋, ホールトマト缶 2 缶, オリーブ油大さじ 1, にんにく 2 片, 赤唐辛子 3 本, 顆粒コンソメ 小さじ

2, トマトケチャップ大さじ 4, 醤油大さじ 4, 砂糖小さじ 2, パセリ少々, ソース少々, 塩少々, こしょう少々, 粉チーズ少々

作り方：にんにくをみじん切りし, 唐辛子は種を取り除いた。玉ねぎとにんじんはみじん切りにした。鍋でオリーブオイルを用いてこれらを炒め, 玉ねぎが透き通ったら肉を加え, 粗くほぐしながら炒めた。トマトのホール缶, 水 100 mL, 顆粒コンソメを加え, トマトは木べらで潰した。ケチャップ, 醤油, 砂糖, 塩こしょうで味を整えた。高 RS 米の炊飯米とバターを混ぜ合わせた。耐熱容器に移し, ピザ用チーズと粉チーズをふりかけた。ピザ用チーズが溶けるまでオーブンで焼き, パセリを乗せた。

感想：味が濃く, 独特の食感であったが, ひき肉の食感でご飯の硬さはさほど気にならなかった。

(5) おはぎ



図5 おはぎ.

材料：高 RS 米炊飯米 200 g, もち米 100 g, 水 100 mL 弱, 粒あん 200 g, きな粉 30 g, 砂糖 15 g

作り方：もち米を洗い, 1 時間水に浸漬し, 100 mL 弱の水で炊飯した。炊き上がったら, 5 分以上蒸らし, 砂糖を入れてさっくり混ぜた。高 RS 米の炊飯米も加えてすりこぎで軽くついて半潰しにした。丸めて, 粒あんであんだ。また, 砂糖と混合したきな粉をまぶした。

感想：温めると柔らかくて美味であったが, 冷めると硬くなった。砂糖を多量に使うが, 低カロリーの高 RS 米を米の 2/3 使っているため, 糖分を気兼ねせ

ずに食べることができる。

以上、5品目のレシピを紹介したが、いずれも炊飯米が固く、特に冷めると老化することで硬くなり、食味が悪い高RS米の欠点をうまく補うレシピであった。高RS米の強い老化性を防ぐために、お好み焼きに混合した山芋や、おはぎの砂糖、もち米、豆乳は有効である可能性がある。また、比較的味が濃い料理や、米の硬さと同等の野菜を混合することで、ご飯の硬さを気にせず食べることができた。今後は栄養面にも配慮した料理を考案し、高RS米の販売の際に、レシピと共に提案したいと考えている。

2. 栽培簡易化への試み

本研究で用いている高RS米は、澱粉生合成関連酵素の中でもアミロペクチン生合成に重要なスターチシンターゼ (SS) IIIa と澱粉枝作り酵素 (BE) IIb が欠損した二重変異体 #4019 (Asai ら, 2014) に由来する。我々は、これまで開発してきた澱粉生合成関連酵素の変異体の中から高アミロースの系統を選び、それらの炊飯米のRS含量を測定したところ、BEIIb が欠損した変異体では、通常米や他の高アミロース変異体米よりRS含量が格段に高いことを見出した (Tsuiki ら, 2016)。#4019 は、BEIIb のみを欠損した EM10 (Nishi ら, 2001) より、種子が大きい特徴があったため、この系統をダイエット米として、超多収米である秋田63号と戻し交配することで品種改良を進めてきた (藤田ら, 2014)。3回戻し交配した A6BC₃ 系統は、品種登録を目指しているため、登録されるまでは譲渡等ができない。そのため、2回交配した A6BC₂ 系統を共同研究者に譲渡することで、レシピ開発や商品開発を行っている。澱粉の性質は、#4019, A6BC₂, A6BC₃ でほぼ同一であることは確認している (高原, 2017)。このことで、品種登録を待たずして、商品開発が可能となっている。大規模栽培の可否も、この米の普及にとっては、重要な課題である。比較的種子が大きい #4019 も、種子重は野生型の約 8 割であり (Asai ら, 2014)、収量はこれが原因で 8 割以下になってしまう。収量を増やすために、通常米より種子重や収量が約 1.5 倍

である秋田63号を戻し交配親にすることで、#4019の種子重は、戻し交配前の1.5倍に増加したため (図6)、あきたこまちなどの通常米以上の収量が見込めるはずである。

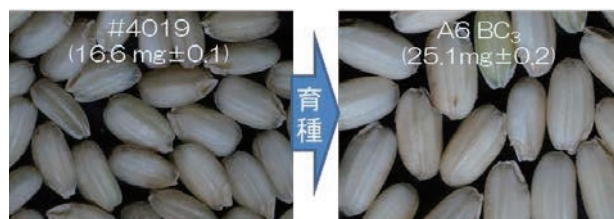


図6 元の二重変異体#4019と戻し交配3回したのちのA6BC₃の種子形態、重量の比較。

戻し交配前の #4019 の大規模栽培には、非常に手間がかかっていた。即ち、通常米と比べて難消化性の澱粉を蓄積している #4019 は育苗率が著しく低下するため、脱穀した玄米を滅菌し、培地に植えることで発芽させ、それらをピンセットで一つ一つ播種箱に移植し、水田への移植も手植えで行っていた。2015年には、A6BC₂の籾を播種することで健全な苗を作出することが可能で、2条田植え機で水田に移植することが可能となった (藤田, 2016)。2016年は、一般農家が広く使用している成苗全自動播種機を用いて苗を80枚作成し、8条田植え機で水田に移植し、コンバインで収穫することが可能であった (図7)。20アールで約1,700kgの籾が収穫できたが、くず米が多く、得られた精米は約600kgであった。品種登録するA6BC₃は、A6BC₂より農業形質がさらに向上していることが期待できるが、今後、くず米の有効利用も検討する必要がある。



図7 2016年に本学フィールド教育研究センターで一般農家が使用する農機具で大規模栽培が可能であった。

3. 今後の取り組み

新規需要米の普及には、品種登録は必要不可欠である。2017年度は、一般農家に高RS米を委託栽培し、栽培特性や問題点を洗い出す予定である。また、2019年の品種登録申請までの間に高RS米のさらなるレシピ開発及び県内外の食品企業と共同研究で、商品開発を行っていく予定である。さらに、高RS米の整腸作用やセカンドミール効果などの機能性をヒト試験によって検証する予定である。

謝辞

本研究は、本学生物資源科学部植物生理研究室の卒業生、在学生および研究員の方々およびフィールド教育研究センターの職員の方々の多大なご努力による成果である。また、品種登録申請に関してご協力いただいている秋田県農業試験場作物部の皆様、および国際農林水産研究センター・熱帯・島嶼研究拠点の伏見力博士、レシピ開発にご協力いただいた聖霊女子短期大学生生活文化科健康栄養専攻の学生さんたちに厚く御礼申し上げます。

本研究は、本学部局間提案型推進事業および農林

水産業・食品産業科学技術研究推進事業・実用技術開発ステージ(28029C)の支援で行われた。

文献

Asai, H., Abe, N., Matsushima, R., Crofts, N., Oitome, N.F., Nakamura, Y. & Fujita, N. (2014). Deficiencies in both starch synthase (SS) IIIa and branching enzyme IIb lead to a significant increase in amylose in SSIIa inactive japonica rice seeds. *Journal of Experimental Botany* 65, 5497-5507.

藤田直子, 立木芳, 追留那緒子, 阿部美里, クロフツ尚子, 川本朋彦, 小玉郁子, 加藤和直, 佐藤健介, 高橋竜一, 伏見力(2014). 「新規澱粉米品種の育成に向けて～BC₂F₃種子およびBC₂F₂植物の解析～」『秋田県立大学ウェブジャーナルB』1: 7-11

藤田直子 (2016). 「新規な澱粉をもつ米の開発とその新規需要創出～学長重点プロジェクト(2013-2015)の成果～」『秋田県立大学ウェブジャーナルB』3: 80-85

Nishi, A., Nakamura, Y., Tanaka, N. & Satoh, H. (2001). Biochemical and genetic analysis of the effects of amylose-extender mutation in rice endosperm. *Plant Physiology* 127, 459-472.

高原美香 (2017) 「難消化性澱粉を多く含む変異体米を用いた低カロリー機能性食品の実用化を目指した研究」『秋田県立大学生物資源科学部平成28年度卒業論文』.

Tsuiki, K., Fujisawa, H., Itoh, A., Sato, M. & Fujita, N. (2016). Alterations of starch structure lead to increased resistant starch of steamed rice: Identification of high resistant starch rice lines. *Journal of Cereal Science* 68, 88-92.

〔平成29年6月30日受付〕
〔平成29年7月11日受理〕

Toward the local dissemination of low calorie and functional rice cultivars

Development of cooking recipe and facilitation of cultivation

Naoko Fujita¹, Tomoko Ohno^{2*}, Kentaro Yasuda³

¹ *Department of Biological Production, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

² *Department of health and nutrition, Faculty of life culture, Seirei Women's Junior College*

**Present address: Department of Nutrition Faculty of Health Science, Aomori University of Health and Welfare*

³ *Field Education and Research Center, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

Over the past 50 years, the consumption of rice in Japan has halved. Rice has also become significantly cheaper, and the impoverishment of rice farmers is a serious problem. On the other hand, up to 20 million people in Japan are diabetic, due to the adoption of Western eating habits. A mutant rice line high in resistant starch (RS) developed by our group improves the blood sugar level more than with normal rice. Moreover, intestinal regulation action by eating high-RS rice could be expected. However, the cooked rice lacks taste, and therefore new recipes need to be devised. The present study sampled recipes that can be easily followed at home to create tasty dishes using high-RS rice. The agricultural traits, such as yield and flowering time, of the high-RS mutant line need to be improved. Therefore, we crossed this line with the “Akita 63” cultivar, which has a very high yield. The twice backcrossed high-RS mutant rice line could be cultivated on a large scale in the Field Education and Research Center at our university using agricultural machinery usually employed by general rice farmers.

Keywords: Functional rice foods, Novel demand mutant rice lines, Rice agriculture, Starch