

# 有色素米新系統「滋賀紫糯70号」, 「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」の機能性評価とその加工適性

西田 阿斗

## Functionality Estimation of Three New Colored-Kernel Rice Lines Breeding in Shiga Prefecture, and Its Processing Suitability

Ato NISHIDA

### 1. 緒言

米は、わが国における食生活の主役であり、米を主食とした日本型食生活は、栄養的に適切なバランスを保ち、理想的な食生活とされている。しかし、食生活の多様化が進み、肉類や油脂類の消費が増加したことから、米の需要の減少や、栄養バランスの崩れによる生活習慣病等の増加が懸念されている<sup>5)</sup>。

このような背景から、新たな米の需要を創出し、多様化した消費者ニーズに応えることができる「有色素米」が全国各地で育成されている<sup>5)</sup>。「有色素米」は、糠層に紫黒色や赤色の色素を含み、その色素成分は、抗酸化物質であるポリフェノールの一種である<sup>1)</sup>ことから、健康食品としての需要が高まっている。また、古代に日本で「有色素米」が栽培されていたという説があることから、「古代米」とも呼ばれ、地域おこしの材料としても注目されている。

滋賀県でも、「有色素米」が栽培されており、これらを加工原料とした地域特産物の開発も盛んになっている。しかし、現在、栽培されている糯系紫黒米品種「朝紫」、粳系紫黒米品種「おくのむらさき」および粳系赤米品種「ベニロマン」は、他地域で育成された品種であるため、県内では着色が安定せず、発色が不均一であるという問題があった。そこで、均一に濃く発色する本県独自の有色素米系統として、糯系紫黒米系統「滋賀紫糯70号」、粳系紫黒米系統「滋賀紫71号」および粳系赤米系統「滋賀赤72号」の3系統が育成された<sup>6)</sup>。これらの有色素米新系統は、今後の現場ニーズの高まりに応じて、品種登録を行うこととしている。需要推進にあたって、機能性評価とその加工適性の把握のため、本県育成3系統の粒色、ポリフェノール含有量および抗酸化活性を既存品種と比較し、登熟温度との関係について考察するとともに、最適な加工方法や搗精歩合について検討したので報告する。

### 2. 材料および方法

#### 2. 1 有色素米の特性評価

##### (1) 供試試料とその調製

農業技術振興センター産の「滋賀紫糯70号」, 「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」(2007~2009年産), 比較品種として, 同条件で栽培された紫黒米品種「朝紫」, 「おくのむらさき」(2007~2009年産) および赤米品種「ベニロマン」(2009年産) を供試した。紫黒米品種・系統は, 各搗精歩合(95, 90, 85, 80%) に調製した(表1, 図1)。

表1 供試試料

	品種・系統名	組み合わせ(母/父)
紫黒米	滋賀紫糯70号	朝紫/ゆめおうみ
	滋賀紫71号	朝紫/ゆめおうみ
	(比)朝紫 (比)おくのむらさき	—
赤米	滋賀赤72号	ベニロマン/ゆめおうみ
	(比)ベニロマン	—



滋賀紫糯70号 滋賀紫71号 滋賀赤72号

図1 有色素米の外観(2007年産)

##### (2) 調査方法

###### ① 玄米の粒色

色素活着率は、無作為に300粒を抽出し、1粒の着色度合いを視覚判別により3段階(良, 中, 不良)で評価し、全粒に占める各評価の粒数の割合を求めることで算出した。玄米の表面色は、測色色差計(ZE-2000; 日本電色工業製)で測定した。

###### ② 総ポリフェノール含有量の測定

0.1% (v/v) 塩酸メタノールで色素を抽出し、Folin-denis 法に従って定量し、(+)-カテキン相当量とし

て求めた<sup>2)</sup>。

③抗酸化活性の評価

DPPH ラジカル捕捉活性を指標にし、80%エタノールで色素を抽出し、山口らの方法に準じて測定し、Trolox 当量 (μmol Trolox eq./g F.W.) で示した<sup>4)</sup>。

④ポリフェノール色素局在性の調査

搗精歩合別にポリフェノール含有量を測定し、色素の局在性を調査した。

2. 2 有色素米の加工適性

(1) 供試試料とその調製

農業技術振興センター産の「滋賀紫糯70号」, 「滋賀紫71号」, 「滋賀赤72号」, 「滋賀羽二重糯」および「コシヒカリ」(2008年産)を供試した。「有色素米」は、各搗精歩合(97%, 95%)に調製し、「滋賀羽二重糯」および「コシヒカリ」は搗精歩合92%に調製した。

(2) 加工方法

糯系の「滋賀紫糯70号」は、「滋賀羽二重糯」に添加して「おこわ」を、一方、粳系の「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」は、「コシヒカリ」に添加して「炊飯米」を加工した。添加割合は、紫黒米系統が5%(w/w)、赤米系統が10%(w/w)とした。「有色素米」は、玄米に処理を加えず添加した「玄米(無処理)区」、一晚(25℃、18時間)水に浸漬した玄米とその水と一緒に添加した「玄米(浸漬)区」、搗精歩合を97%または95%に調製し添加した「97%搗精区」および「95%搗精区」の4区を設定した。

(3) 調査項目

①官能評価

外観は、色の濃さを3段階で評価し、食味は、「香り」、「味」、「粘り」、「硬さ」および「総合」の5項目について、「おこわ」は「滋賀羽二重糯」を、「炊飯米」は「コシヒカリ」を基準(0点)とし、5段階で評価した。

「滋賀紫71号」で98.3%と高く、「朝紫」で34.3%、「おくのむらさき」で17.9%と低かった。玄米の表面色を表すL\*a\*b\*値は、紫黒米品種・系統では、「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」が「朝紫」および「おくのむらさき」よりも低く、その標準偏差は小さかった。赤米品種・系統では、「滋賀赤72号」が「ベニロマン」よりも、玄米表面の赤みを表すa\*が高かった(表2)。

紫黒米品種・系統における3年間の平均総ポリフェノール含有量は、「滋賀紫糯70号」で玄米1gあたり8.1mg, 「滋賀紫71号」で9.7mgと多く、「朝紫」で4.2mg, 「おくのむらさき」で2.7mgと少なかった。また、3年間の平均登熟温度は、「滋賀紫糯70号」で24.3℃, 「滋賀紫71号」で25.0℃と低く、「朝紫」で26.4℃, 「おくのむらさき」で26.2℃と高かった。一方、赤米品種・系統の総ポリフェノール含有量は、玄米1gあたり6.3mgと同等であったが、登熟温度は、「滋賀赤72号」で25.9℃と「ベニロマン」の21.5℃よりも高かった(表2)。紫黒米品種・系統の登熟温度と総ポリフェノール含有量の関係式を年次ごとに比較すると、両者の間には負の相関性があり、登熟温度が高いほど、総ポリフェノール含有量は少なくなる傾向を示したが、年次によってその傾きは異なった(図2)。

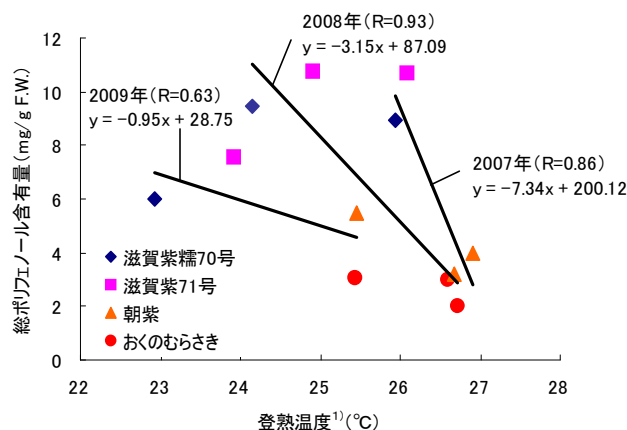


図2 登熟温度および総ポリフェノール含有量の関係

注1) 登熟期間の平均気温

3. 結果

3. 1 有色素米の特性評価

色素活着率の「良」の割合は、「滋賀紫糯70号」で94.3%,

表2 有色素米の色素活着率、表面色、総ポリフェノール含有量および登熟温度(2007~2009年)

品種・系統名	色素活着率(%) <sup>1)</sup>			表面色 <sup>2)</sup>			総ポリフェノール含有量 (mg/g F.W.)	登熟温度 <sup>3)</sup> (℃)	登熟日数 <sup>4)</sup> (日)
	良	中	不良	L*	a*	b*			
紫黒米									
滋賀紫糯70号	94.3	5.4	0.2	19.0±0.6	3.9±0.4	1.6±0.0	8.1	24.3	36
滋賀紫71号	98.3	1.7	0.0	18.8±0.4	1.7±0.2	0.8±0.1	9.7	25.0	36
(比)朝紫	34.3	39.2	26.5	24.9±5.6	7.4±2.1	7.4±4.5	4.2	26.4	32
(比)おくのむらさき	17.9	55.9	26.2	24.3±2.3	7.3±1.0	6.7±2.8	2.7	26.2	36
赤米									
滋賀赤72号	—	—	—	37.5±0.7	17.8±1.2	22.6±0.7	6.3	25.9	33
(比)ベニロマン	—	—	—	41.8±1.2	11.7±1.1	21.9±0.4	6.3	21.5	41

注1) 良: 玄米全体が着色。中: 玄米の一部が着色不良。不良: 玄米の腹側が茶色く、玄米の半分が着色不良。

注2) L\*値は高いほど明るく、a\*値は+で赤みが強く、b\*は+で黄みが強いことを示す。

注3) 登熟期間の平均気温。

注4) 出穂期~成熟期までの日数。

注5) 「ベニロマン」は2009年の値。「ベニロマン」以外は2007~2009年の平均値。

西田阿斗：有色素米新系統「滋賀紫糯70号」,「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」の  
機能性評価とその加工適性

表3 玄米の総ポリフェノール含有量およびDPPHラジカル捕捉活性(2007年)

品種・系統名	総ポリフェノール含有量 (mg/g F.W.)	DPPHラジカル捕捉活性 <sup>1)</sup> ( $\mu$ mol Trolox eq./g F.W.)
滋賀紫糯70号	8.91±0.16	45.9±0.5
滋賀紫71号	10.72±0.49	60.7±3.6
紫黒米 (比)朝紫	3.96±0.06	21.4±0.8
(比)おくのむらさき	2.97±0.04	15.1±1.7
赤米 滋賀赤72号	8.09±0.21	65.9±3.1

注1) 値が高いほど、抗酸化活性が高いことを示す。

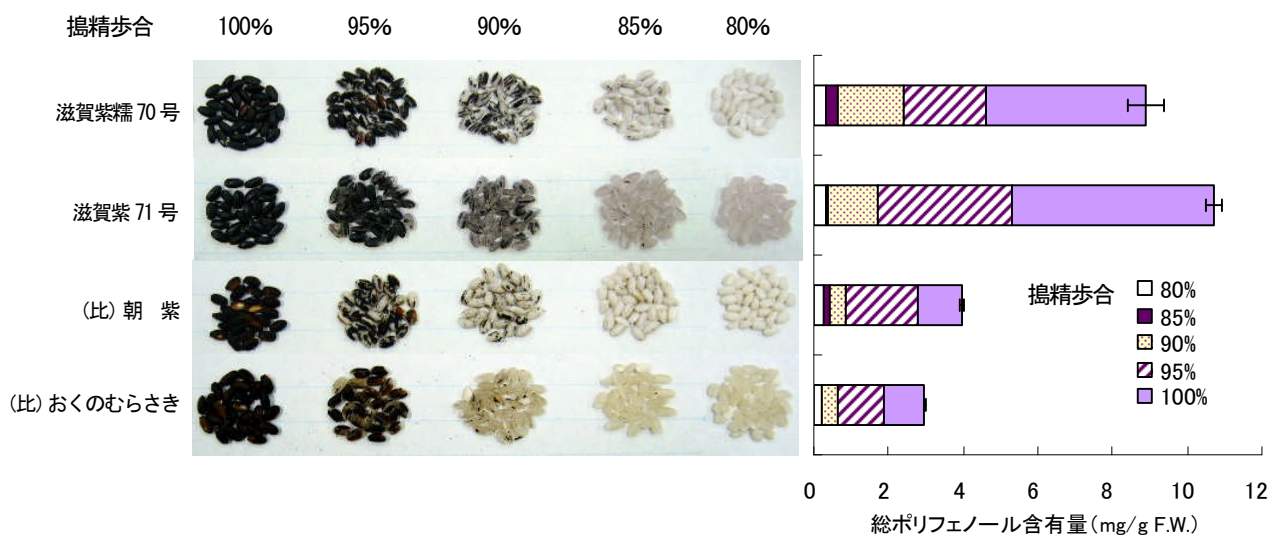


図3 各搗精歩合における有色素米の外観および総ポリフェノール含有量(2007年)

表4 有色素米を添加した「おこわ」および「炊飯米」の官能評価<sup>1)</sup>(2008年)

系統名	搗精歩合	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合	備考
滋賀紫糯70号	玄米(無処理)	中	0.5	0.3	0.0	0.5	0.0	おこわ
	玄米(浸漬)	濃	0.8	0.3	0.5	0.5	0.3	基準:滋賀羽二重糯
	97%搗精	中	0.5	0.5	0.3	0.3	1.0	
	95%搗精	淡	0.5	0.3	0.3	0.3	0.8	
滋賀紫71号	玄米(無処理)	中	0.0	-0.8 *	-0.2	0.8	-1.2 *	炊飯米
	玄米(浸漬)	濃	-0.4	-0.8 *	0.0	0.2	-0.8 *	基準:コシヒカリ
	97%搗精	中	-0.2	0.2	0.4	-0.2	0.2	
	95%搗精	淡	0.0	0.2	0.4	0.0	0.4	
滋賀赤72号	玄米(無処理)	中	0.0	-1.0 *	0.0	1.3 *	-1.3 *	炊飯米
	玄米(浸漬)	濃	0.3	-0.8	0.3	1.3 *	-1.0 *	基準:コシヒカリ
	97%搗精	中	0.0	0.0	-0.3	0.5	0.5	
	95%搗精	淡	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.3	

注1) 外観は、濃、中、淡の3段階で評価した。

食味は、基準を0点とし、2:非常に良い~0:同等~-2:非常に悪いの5段階で評価した。

\*は、基準と比較して、有意差があることを示す(p<0.05)。

玄米のDPPHラジカル捕捉活性値は、紫黒米品種・系統では、総ポリフェノール含有量が多いものほど、DPPHラジカル捕捉活性値も高くなった。しかし、赤米系統の「滋賀赤72号」では、「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」よりも、総ポリフェノール含有量は低かったが、DPPHラジカル捕捉活性値は高かった(表3)。

一方、ポリフェノール色素の局在性を調査したところ、紫黒米品種・系統では、搗精歩合が低くなるにつれて、着色が薄くなり、搗精歩合85%以下では、外観がほぼ白米と同等になった。玄米の総ポリフェノール含有量の多い「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」は、搗精歩合が低くなっても、ポリフェノール含有量が比較的多かった(図3)。

### 3. 2 有色素米の加工適性

有色素米を添加した「おこわ」および「炊飯米」の食味官能試験では、全体が紫色または赤色を帯びた。玄米(無処理)区は、色むらが見られたが、玄米(浸漬)区は、色むらが見られず全体的に濃くなった。97%搗精区および95%搗精区では、95%の方が色調は淡くなった。「滋賀紫糯70号」を添加した「おこわ」では、97%搗精区、「滋賀紫71号」を添加した「炊飯米」では、95%搗精区、「滋賀赤72号」を添加した「炊飯米」では、97%搗精区が最も総合評価が高かった。「炊飯米」の玄米(無処理)区および玄米(浸漬)区では、「味」および「総合」の評価が「コシヒカリ」よりも劣った(表4)。

#### 4. 考察

「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」は、比較品種よりも、色素活着率は高く、玄米の表面色を表す $L^*a^*b^*$ 値は低く、総ポリフェノール含有量は多かった。「滋賀赤72号」は、比較品種よりも、玄米表面の赤みを表す $a^*$ 値が高く、総ポリフェノール含有量は同等であった。これらのことから、本県育成新3系統は、比較品種よりも、着色が濃く、均一であるうえに、総ポリフェノール含有量も多い系統であることが確認できた。紫黒米品種・系統の総ポリフェノール含有量および DPPH ラジカル捕捉活性値との間には、正の相関性 ( $R=0.996$ ) が確認できたことから、紫黒米品種・系統が持つ抗酸化活性は、総ポリフェノール含有量に起因すると考えられた。しかし、赤米系統の「滋賀赤72号」は、「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」よりも、総ポリフェノール含有量は少ないにもかかわらず、DPPH ラジカル捕捉活性値は高かった。これは、赤米品種・系統は「タンニン」系の色素を、紫黒米品種・系統は「アントシアニン」系の色素を含む<sup>1)</sup>ことから、ポリフェノールの種類によって抗酸化活性が異なることが示唆された。また、紫黒米品種・系統の総ポリフェノール含有量と $L^*a^*b^*$ 値の間には、それぞれ正の相関性 ( $R=0.78, 0.90, 0.83$ ) が確認できたことから、紫黒米品種・系統の玄米の表面色の $L^*a^*b^*$ 値を測定することで、総ポリフェノール含有量を簡易に推量することが可能であると考えられた。

紫黒米品種・系統では、搗精が高くなるほど、外観の色調は白米に近づき、総ポリフェノール含有量は減少した。よって、玄米のまま、もしくは、搗精を行う場合は90%を限度にすることで、色素成分が残存し、鮮やかな色とポリフェノール成分を活かすことができると考えられた。

登熟温度と総ポリフェノール含有量の間には、調査年次ごとに、負の相関性が確認でき、登熟温度が高いほど、総ポリフェノール含有量は少なくなった。これは、一般的に「有色素米」は、登熟期間の高温によって色素量が減少し、着色が不均一になるため、ポリフェノール含有量が減少することと一致している。また、「朝紫」の玄米の着色および機能性成分については、登熟温度が26℃以上で着色が不安定になるため、日平均気温が25℃程度であれば、玄米の着色が安定し、品質およびポリフェノール含有量が向上することが報告されている<sup>3)</sup>。本試験では、「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」の着色が安定する登熟温度は、24~26℃程度と考えられたが、26℃以上の高温条件の総ポリフェノール含有量については検討できなかった。また、登熟温度が同じであれば、「滋賀紫糯70号」および「滋賀紫71号」の総ポリフェノール含有量は、比較品種よりも多いことから、本県育成系統は比較品種よりも、高温でも着色が安定すると考えられた。栽培方法で登熟期の高温を避ける手段としては、移植期を遅くすることや中山間地域等で栽培することが考えられる。本試

験は、平坦地で5月10日頃に移植したものであるため、今後は、移植時期や産地が異なる「有色素米」の着色程度についても検討する必要があると考えられた。

「有色素米」には、紫黒米および赤米、または、粳系および糯系があり、その特性に合わせた加工方法を検討することが必要である。そこで、本県育成3系統の加工利用方法について検討を行った。結果、本県育成3系統を加工利用するには、玄米のまま利用するよりも、軽く搗精したものを利用する方が、食味の官能評価が良かった。これは、玄米では糠臭さが強く感じられたため、「味」および「総合」の評価が劣ったと考えられ、軽く搗精した米を白米に少量混ぜて利用する方法が適していると考えられた。しかし、色素成分やポリフェノール成分を活かすために、玄米のまま利用するときは、玄米を一晩(25℃、18時間)水に浸漬し、十分吸水させてから利用することで、色むらのない「おこわ」および「炊飯米」が得られると考えられた。

以上から、有色素米系統「滋賀紫糯70号」、「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」は、ポリフェノール色素を多く含み、着色が均一で濃いこと、軽く搗精して利用することで食味が向上すること、玄米のまま利用する場合には、一晩(25℃、18時間)水に浸漬すると良いことが明らかとなった。

一般に、「有色素米」の栽培に関しては、交雑や混種を避けるために、一般品種と隔離できるほ場で栽培する必要があることから、中山間地域等での普及が望ましいと考えられている。本県の中山間地域においても、地域の特徴を活かした差別化、高付加価値化できる水稻品種への要望が強いことから、「有色素米」の導入は適していると考えられる。また、「滋賀紫糯70号」および「滋賀赤72号」は、それぞれ紫黒色、赤色の長い芒を多く生じるため、獣害対策や景観作物としても活用できると考えられる<sup>6)</sup>。有色素米系統「滋賀紫糯70号」、「滋賀紫71号」および「滋賀赤72号」が、中山間地域での地域おこしの材料として活用され、中山間地域振興に貢献できることを期待する。

#### 5. 謝辞

本試験の遂行にあたり、滋賀県農業技術振興センター栽培研究部、東美智子嘱託員には試験の調査等に協力いただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

#### 6. 引用文献

- 1) 猪谷富雄, 2000. 赤米・紫黒米・香り米—「古代米」の品種・栽培・加工・利用—, 31-44pp. 農文協. 東京.
- 2) 鈴木誠・渡辺敏郎・三浦麻子・原島恵美子・中川靖枝・辻啓介, 2002. Folin-Denis 法による総ポリフェノール量測定のための抽出溶媒の検討. 日本食品科学工学会誌,

西田阿斗：有色素米新系統「滋賀紫糯 70 号」, 「滋賀紫 71 号」および「滋賀赤 72 号」の  
機能性評価とその加工適性

49(7) : 507-511.

- 3) 高田聖・横淵正晃・坂田雅正・岩崎昭雄・島本文子, 2004. 有色米の特性評価と安定栽培技術. 高知農技セ研報, **13** : 89-102.
- 4) Tomoko Yamaguchi, Hitoshi Takamura, Teruyoshi Matoba, and Junji Terao : HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem*, **62**(6) : 1201-1204.
- 5) 農林水産省農林水産技術会議, 2006. 新たな用途を目指した稲の研究開発, 農林水産研究開発レポート, **18** : 1-18.
- 6) 吉田貴宏・中川淳也, 2008. 有色素米系統「滋賀紫糯 70 号」・「滋賀紫 71 号」・「滋賀赤 72 号」の育成, 滋賀農技セ平成 20 年度主要研究成果.

