

## 新形質米の機能性成分保持及び高度利用技術の研究（第 2 報）

### 新形質米の機能性成分増収技術，製麺技術，煎餅製造技術の検討

中川 力夫\* 吉浦 貴紀\* 田畑 恵\*\* 久保 雄司\* 長谷川 裕正\*\*

#### 1. はじめに

本県は、全国有数の米生産県であるが、消費量の減少により生産者は生産調整を余儀なくされ、米価の低迷もあって米作経営は厳しさを増している。

一方、米を原料とする食品製造企業の業界も縮小傾向にあり、新たな米消費拡大戦略とそれを可能にする研究開発が必要とされている。

そこで、機能性成分を多く含むなどの既存の米にない特徴をもつ「新形質米」を活用して、付加価値の高い食品を製造するための研究を進める。

#### 2. 目的

本年度は巨大胚芽米の機能性成分増収技術の検討と、米粉うどんを加工する際の問題点とその解決法の検討、色素米から煎餅を製造する方法について検討したので報告する。

#### 3. 研究内容

##### 3.1 巨大胚芽米の機能性を高めるための研究

米は発芽処理を行うことで、GABA 含有量が増すことが知られている。

そこで、巨大胚芽米玄米について、発芽処理の違いが、GABA 含有量に及ぼす影響を解明するために次の試験を実施した。

巨大胚芽米「恋あずさ」、「めばえもち」、「あゆのひかり」について、30℃の水中で吸水させることにより発芽処理を行い、どの時点が最も GABA 含量増加に効果があるのか検討した。巨大胚芽米に対する比較標品として「コシヒカリ」と「タカナリ」を用いた。

また、給水時間と発芽時間は、米の品種によって異なる為、どの程度発芽した状態が、最も多く GABA を含むのか、発芽フェーズと GABA 含量の相関についても言及した。

吸水温度は、30℃とし、0, 16, 24, 36, 48, 72, 96 時間時点でサンプリングを行った。

米の処理は、GABA 抽出の前処理として、発芽処理を施した乾燥済み玄米米粉 10g に 99.5%エタノール 20ml を加え、振盪抽出を 2 度行った後、全量を 50ml にメスアップする操作を行った。

これを 1ml 分取し、減圧乾固した後、PH2.2 クエン酸ナトリウムバッファ 1ml で溶解し、GABA 測定サンプルとした。

調製したサンプルについて、島津製 HPLC のアミノ酸分析システムを用いて、GABA 含量を測定した。

尚、0 時間のサンプルについて、99.5%エタノールおよび 70%エタノールの両方で抽出を行い、その結果か

ら全てのデータに 0 時間のデータから算出される補正係数を乗じることで結果とした。

##### 3.2 原料米のアミロース含有量と澱粉糊化特性の関係についての解明

県農業総合センター農業研究所の試験圃場において栽培され、収穫された原料米（平成 21 年産米）を玄米の状態提供を受けた。品種は表 1 のとおり。

表 1 米粉うどん製造試験に使用した原料米

原料米区分	品種名	栽培地
高アミロース米	越のかおり	龍ヶ崎
	夢十色	龍ヶ崎
	ホシニシキ	龍ヶ崎
中アミロース米	コシヒカリ	水戸
	コシヒカリ	龍ヶ崎
	ゆめひたち	龍ヶ崎
	タカナリ	水戸
	タカナリ	龍ヶ崎
低アミロース米	シルククイン	龍ヶ崎
	シルクパール	龍ヶ崎

これらの品種でアミロース含有量と澱粉糊化特性について測定し、両者の関係を解明した。

高アミロース米、中アミロース米、低アミロース米について精米のアミロース含量を簡易ヨード法<sup>1)</sup>で 1 品種について 3 点測定して平均値をもとめ、次に澱粉糊化特性を 1 品種について 3 点測定し平均値を求め、両者の関係について検討した。

アミロース含量は製粉した米粉をふるい分けして、100 メッシュ以下の米粉を回収して測定試料とした。

澱粉糊化特性は、水分含量 14%の粉体試料 3.5g を 400ppm の硫酸銅 5 水和物水溶液 25ml に溶解させた試料を基準とし、粉体試料の水分含量に応じて試料採取量を

$$\text{採取量} = 3.5 (\text{g}) \times (100 - 14) / (100 - (\text{試料水分} (\%)))$$

の式から決定した。粉体試料の水分含量は試料約 3g を採取し、135℃で 1 時間乾燥した際の重量変化から求めた。

ニューポートサイエンティフィック社製ラピッド・ビスコ・アナライザー RVA-4 を使用して豊島らの方法<sup>2)</sup>で澱粉糊化特性を測定した。

##### 3.3 米粉うどんの麺線の切れやすさの改善法の検討

小麦粉を使用して製造したうどんに比べ米粉入りうどんは麺線が切れやすいという欠点がある。

アルギン酸プロピレングリコールエステル ((株) キミカ製, 商品名「昆布酸」, 以下「昆布酸」という。) を添加することで米粉入りうどんの欠点が改善できるか否かを検討した。

**(1) 米粉うどん製造法**

マイコン電子餅つき器 (エムケー精工製もちつきクッカーRM-18TN) のうどんコース (15 分コース) で米粉入りうどん生地を製造し, のし棒で生地を伸ばした後に手動式パスタマシン (アトラスパスタマシーン ATL-150) を使用して生地を麺線化し, 次に, 予め鍋に入れ沸騰させておいた 4L の水道水に麺線約 300 g を入れてさらに加熱して再沸騰してから 5 分間茹でた後に麺線を流水中で冷却して水切りした。

マイコン電子餅つき器に投入した原料とその配合割合は, 表 2 のとおり。

**表 2 米粉うどん配合表**

	標準うどん	米粉うどん	昆布酸入り米粉うどん
小麦粉 (中力粉)	400g	280g	280g
米粉	0g	120g	120g
昆布酸	0g	0g	4g
水	200ml	200ml	200ml
食塩	10g	10g	10g

小麦粉は日清製粉製金すずらんを使用した。使用する粉体試料をすべて小麦粉としたものを標準品とし, 米粉うどんは, 粉体試料において米粉:小麦粉=3:7 (重量比) として製造した。なお, 食塩は 200ml に溶かしてから粉体試料と混合した。米粉は中アミロース米 (コシヒカリ) と低アミロース米 (ミルキークイーン) の米粉を使用した。

**(2) 麺の物性測定**

茹でた当日に麺線を約 4cm に切り, 麺線の中央付近の硬度を硬度計 (タケトモ電機製テンシプレッサー TTP-50BX II) を使用して測定した。プローブは断面が直径 25mm の円のものを使用し, クリアランス 1mm, プローブ侵入速度 1mm 毎秒としたときの「硬さ H1」と「ねばり S1」を求めた。1 製品につき 10 点測定して結果を (平均) ± (標準標準偏差) で表記した。また, S1/H1 を計算してバランス度として表記した。

**3.4 煎餅製造における有色素米の変色を軽減する方法の検討**

県内の米菓製造企業では, ガス窯による米菓の焼成が一般的に行われている。当センターで有色素米を使用した米菓生地の製造試験を行ったところ, 有色素米本来の色が焼成前の米菓生地では十分に残っているものの, ガス窯による焼成後の生地では, 大きく変色してしまい, 有色素米を原料として使用しても, 有色素米本来の色が活かせないという問題があることがわかった。

そこで, 過熱蒸気による焼成法により焼成時の変色を軽減できるか否かを検討するため, 米菓生地の焼成をガス窯 (当センター内米菓焼成用ガス窯 (アライ機械製作所製運行釜)) で行った場合と過熱蒸気処理で行った場合とで焼成前と焼成後で米菓生地の色調の変化を調べた。

**(1) 煎餅製造法**

有色素米 (「おくのむらさき」の玄米) を洗米し, 水に一昼夜浸漬したものから次の方法で煎餅を製造した。有色素米をセイロで蒸す (2時間) → 小型自動餅つき機で搗く → 圧延 → 型抜き → 一次乾燥 (80℃で約2時間) → 1 昼夜ねかせ (生地をビニール袋に入れ, 次に袋ごと段ボールに入れて室温放置) → 二次乾燥 (80℃で約1時間) → 焼成 (ガス窯または過熱蒸気処理装置)

**(2) 煎餅生地の焼成法**

ガス窯 → 煎餅生地付近の温度 140~150℃ で 7 分 30 秒焼成  
過熱蒸気処理装置 → 230℃ で 8 分焼成

**(3) 煎餅生地の色調測定**

米菓生地について色差計 (日本電色工業製分光式色差計 Spectro Color Meter SE2000) を使用し, 色差計本体にオプテカルファイバー (直径 3.5mm) を接続して反射光の色調を測定した。

色調 (L\*値, a\*値, b\*値<sup>3)</sup>) を生地 1 枚につき片面 5 か所ずつ両面を測定し, 焼成前 (二次乾燥後), ガス窯による焼成後, 過熱蒸気処理による焼成後の 3 種類の生地を 1 種類につき 5 枚ずつ測定し, 平均値を求めた。

**4. 研究結果と考察**

**4.1 巨大胚芽米の機能性を高めるための研究結果**

米の吸水時間と GABA 含量の関係は, 表 3 のようになった。

96 時間時点で, 一気に GABA 含量が増えているように見えるが, これは, 細菌汚染が進んだ為であり, 発芽による効果ではない。

そうすると実際には, 発芽処理は 4 時間程度で十分であることが明らかになった。

また, 巨大胚芽米は, 確かに比較対照として分析を行ったコシヒカリやタカナリよりも高い数値を示しており, GABA の供給源として有用であることが確認された。

**表 3 吸水時間と GABA 含有率との関連 (mg/g)**

品種名	0hr	4hr	8hr	12hr	24hr	36hr	48hr	72hr	96hr
恋あずさ	2.8	7.8	7.5	8.1	6.9	6.9	6.9	7.9	30.1
めばえもち	1.9	8.4	7.6	7.7	7.2	8.8	11.2	10.4	23.8
関東237号	1.8								
あゆのひかり	2.6	7.4	7.8	7.2	6.4	7.7	7.7	7.4	13.4
コシヒカリ	0.3	4.1	4.1	4.2	3.4	4.2	4.7	5.9	11.0
タカナリ	0.4	2.5	2.6	3.0	3.9	3.6	4.7	4.9	17.9

また, 発芽フェーズと GABA 含量の関係については, 以下の図 1 及び表 4 に示したようになった。

この結果から, 発芽フェーズの I でほぼ GABA 含量は

最高点に到達することが確認された。

これは、GABA 増収の為に有効な吸水時間 4 時間であるという上述の「吸水時間と GABA 含量の関係」に一致する。

表4 発芽フェーズ別 GABA 含量測定結果

品種名	0	I	II	III	IV	V
恋あずさ	2.8	5.3	5.4	4.8	5.0	4.9
めばえもち	1.9	5.0	5.1	6.0	6.0	11.8
関東237号	1.8					
あゆのひかり	2.6	8.4	9.3	10.3	10.8	10.3
コシヒカリ	0.3	3.3	3.3	3.3	3.7	2.9
タカナリ	0.4	3.4	5.1	4.6	6.6	39.5

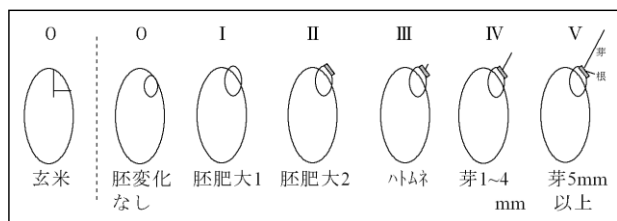


図1 発芽フェーズと巨大胚芽米の状態

#### 4.2 原料米のアミロース含有量と澱粉糊化特性の関係についての解明

高・中・低アミロース米のアミロース含量と澱粉糊化特性との関係については、最高粘度と最低粘度の差(ブレイクダウン)は、高・中アミロース米に比べ低アミロース米は数値が大きくなる傾向があり、中・低アミロース米に比べ、高アミロース米は糊化開始温度が高くなる傾向があることがわかった。「越のかおり」「シルキーQueen」「シルキーパール」は他の5品種よりも最終粘度と最低粘度の差(コンシステンシー)が小さかった(表5, 表6)。

表5 高・中・低アミロース米のアミロース含量(%)

原料米区分	品種名	栽培地	アミロース	米粉の水分
高アミロース米	越のかおり	龍ヶ崎	30.48	13.88
	夢十色	龍ヶ崎	25.45	14.55
	ホシニシキ	龍ヶ崎	28.09	14.53
中アミロース米	コシヒカリ	水戸	19.07	13.61
	コシヒカリ	龍ヶ崎	16.41	13.34
	ゆめひたち	龍ヶ崎	15.80	14.00
	タカナリ	水戸	20.64	14.27
低アミロース米	タカナリ	龍ヶ崎	19.12	13.12
	シルキーQueen	龍ヶ崎	7.40	13.54
	シルキーパール	龍ヶ崎	4.74	12.94

アミロース含量は乾物換算%で表記した。

表6 高・中・低アミロース米の澱粉糊化特性測定結果  
(単位:RVU, 但し糊化開始温度は単位°C)

品種 ( )内は栽培地	最高粘度	最低粘度	ブレイクダウン	最終粘度	コンシステンシー	糊化開始温度
越のかおり (龍ヶ崎)	254	118	136	179	61	76.3
夢十色 (龍ヶ崎)	348	202	146	415	213	76.5
ホシニシキ (龍ヶ崎)	237	115	122	250	135	77.3
コシヒカリ (水戸)	347	140	207	247	107	68.8
コシヒカリ (龍ヶ崎)	343	125	218	222	97	68.6
ゆめひたち (龍ヶ崎)	382	164	218	281	117	70.8
タカナリ (水戸)	314	124	190	231	107	68.1
タカナリ (龍ヶ崎)	337	119	218	216	97	69.8
シルキーQueen (龍ヶ崎)	424	120	304	187	67	69.8
シルキーパール (龍ヶ崎)	372	87	285	146	59	68.7

#### 4.3 米粉うどんの麺線の切れやすさの改善法の検討

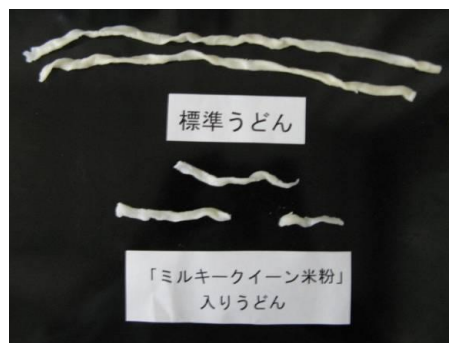


写真1 標準うどん(上)とシルキーQueen米粉入りうどん(下)



写真2 標準うどん(上)とシルキーQueen米粉+昆布酸入りうどん(下)

4.3 米粉うどんの麺線の切れやすさの改善法の検討

表7 米粉うどんの物性測定結果

うどんの種類	硬さ (H1) (gw/cm <sup>2</sup> )	粘り (S1) (gw/cm <sup>2</sup> )	バランス度
標準	622.5±61.9	128.5±26.4	0.21
コシヒカリ入り	653.8±78.4	117.1±19.2	0.18
コシヒカリ+昆布酸入り	856.9±89.8	47.9±8.3	0.06
ミルキークイーン入り	325.2±83.8	91.8±18.1	0.23
ミルキークイーン+昆布酸入り	620.2±61.2	39.7±10.1	0.07

バランス度 = (S1) / (H1) とした。

- 1) 昆布酸を添加することで、「コシヒカリ米粉入りうどん」も「ミルキークイーン米粉入りうどん」も「うどん」の硬さは増加し、粘りは減少することがわかった(表7)。
- 2) 2種類の米粉入りうどんは両方とも昆布酸を添加することで麺線が切れやすいという欠点を改善することができた(写真1, 写真2)。

4.4 米菓製造における有色素米の変色を軽減する方法の検討

表8 焼成法の違いと有色素米煎餅生地の色調

米菓生地の区分	L*	a*	b*
一次乾燥 ねかせ後 (参考データ)	26.26	2.49	-0.71
二次乾燥後 (焼成前生地)	26.85	2.34	0.14
ガス窯による 焼成後	30.80	5.29	4.86
過熱蒸気による 焼成後	32.44	5.14	0.69

- 1) 煎餅生地の色調については、ガス窯による焼成に比べ、過熱蒸気による焼成では、L\*値(明度)がやや高く、b\*値は明らかに低かった。
- 2) 肉眼観察では、室内の蛍光灯下では両者の違いがわかりにくかったが、屋外の太陽光下では、過熱蒸気による焼成生地の方が紫色が強かった。

5. まとめ

- 1) 巨大胚芽米のGABA含量増収の為に、30℃で4時間程度の吸水が最も効果的であることを明らかにした。「発芽」玄米と言っても、実際は見た目には胚芽が膨らんだかどうか程度で十分効果があるということである。

試験を行った「恋あずさ」「めばえもち」「あゆのひかり」のうち、どの巨大胚芽米が特に優れているかについては、GABA含量からだけでは断言するのが難しい所であるが、目的に併せて適した米を選ぶのが最良な方法であると考えられる為、今後、食品加工適性などを評価しながら、その利用性について検討していく。

- 2) 高・中・低アミロース米のアミロース含量と澱粉糊化特性との関係については、ブレイクダウンは、高・中アミロース米に比べ低アミロース米は数値が大きくなる傾向があり、中・低アミロース米に比べ、高アミロース米は糊化開始温度が高くなる傾向があった。
- 3) 「小麦粉を使用して製造したうどんに比べ米粉入りうどんは麺線が切れやすい」という欠点については、アルギン酸プロピレングリコールエステルを添加することで改善できた。
- 4) 紫黒米(おくのむらさき)を原料とする煎餅において、過熱蒸気による焼成法により焼成時の変色を軽減できることがわかった。

6. 今後の課題

- 1) 小麦粉を使用しない有色素米100%原料のうどん製造技術の確立
- 2) 有色素米を使用した米粉うどん製造時の機能性成分(色素)を保持する技術の確立

7. 謝辞

本研究における新形質米の過熱蒸気処理は、茨城県ひたちなか市の過熱蒸気処理装置メーカーの新熱工業(株)の協力を得て実施した。  
千代田 賢二 氏をはじめとする新熱工業(株)の技術者の方々は感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 株光琳発行：新・食品分析法(日本食品科学工学会編, p. 564~566)
- 2) 豊島 英親ら, ラピッド・ビスコ・アナライザーによる米粉粘度特性の微量迅速測定法に関する共同実験, 日本食品科学工学会誌Vol. 44, No. 8, p. 579-584
- 3) 色を読む話(97年8月版) p. 16  
(ミノルタ(株)計測機器国内販売編集冊子)