〔東京家政大学研究紀要　第46集 (2), 2006, pp. 13～18〕

副材料を添加したジャポニカ種米粉麺の調製と力学的性質

喜多　記子*，水　　珠子*，Tran thi HA**，長尾　慶子*

（平成17年10月6日受理）

The Making of Rice Noodles with Sub-materials Added and its Mechanical Properties

KITA, Noriko　MIZU, Tamako
TRAN, Thi Ha and NAGAO, Keiko

(Received on October 6, 2005)

キーワード：米粉麺，赤米，緑豆でん粉，力学特性，官能評価

Key words : rice noodle, red rice, green gram starch, mechanical property, sensory evaluation

緒　言

日本の食料自給率が諸外国に比べ40%と低く[1]，特に若年層における米の摂取量の減少化が問題となっている．我々研究室では若い世代において米よりも麺の嗜好性が高いことに着目し，ジャポニカ種米の用途及び消費拡大を目的に米粉麺の調製を試みている[2]．

米粉の麺は中国やタイ，ベトナムではビーフンやフォーとして常食されている．しかし，これらの麺は長粒種のインディカ米で作られており[3]，ジャポニカ種とは異なりアミロース含量も多く付着性や粘りが少ないのが特徴である．我々はベトナム麺の調製法を参考に，予備実験を重ね，ジャポニカ種麺の最適の調製条件を検討し，水浸漬した米をミキサーで微粉砕し，65℃まで半糊化させることでこれまで製麺時の付着性から困難とされてきたジャポニカ米での製麺が可能であることを明らかにした[2]．しかし，麺の力学特性や官能評価からジャポニカ米の麺は総合的に劣り，嗜好性も低かった．そこで米粉に副材料を添加することでそれらの欠点を改善する試みを行っている[2]．本報は日本の米の原種とも言われそのアミロース含量がインディカ米に近い「赤米」[4)5)] をジャポニカ米に添加した米粉麺を基準試料として，それに食感・食味向上を目的として春雨の原材料である緑豆でん粉および抗酸化性等の機能性面の評価が高いすりゴマを添加し，米粉ゾル及び麺の力学測定と官能検査を行い，米粉麺の品質を総合的に評価したので得られた結果について報告する．

* 調理科学研究室
**ベトナム料理店「青いパパイア」

実験方法

1．実験材料

（1）米の種類

白米：秋田県産めんこいな（秋田食糧卸販売㈱製）

赤米：千葉県産ベニロマン（清和製）

（2）副材料

緑豆でん粉：緑豆，（松谷化学工業㈱製）

すりゴマ：白ごま（㈱オニザキコーポレーションY製）をミルミキサー（東芝ミキサーMX-C20G）を用いて粉砕後，0.59m/mの篩にかけた．

2．測定試料の調製方法

（1）米粉液の調製：各試料の配合割合を表1に示す．米粒を蒸留水に24h浸漬後，ミキサー（東芝ミキサーMX-C20G）を用いて［フラッシュ3分→3分放置］を6回，計18分粉砕し，50wt%懸濁米粉液（①，

表1　米粉麺の材料配合（%）

試料	白米	赤米	すりゴマ	緑豆でん粉
①(基準)	80	20		
②	75	20	5	
③	40	20		40
④	35	20	5	40

②，③および④）を調製した．なお②，③，④の副材料は米粉をミキサーで15分粉砕後に加えた．

（2）顕微鏡観察用試料の調製：本実験に用いる基準試料の白米および赤米を上記の様に粉砕した試料と緑豆でん粉を各々蒸留水にて希釈して用いた．

（3）流動特性測定用試料の調製：電熱器（東芝製HP634），600Wで上記5wt%米粉懸濁液を75～95℃まで攪拌加熱して調製した．

（4）米粉試料麺の調製：麺を調製する上での最大の要点は，パスタマシーンにかけられる硬さの糊化状態にすることである[2]．①，②の試料は65℃まで加熱し，③，④の場合は後述の顕微鏡観察からも明らかにしているが，緑豆でん粉の糊化温度範囲が狭いことから60℃まで加熱とした．調製法を以下に記す．

先ず50wt%米粉懸濁液を木製スパチュラに1㎜のK熱電対温度計を貼付した状態で攪拌加熱し，各々の試料が所定の温度に達した所を終点とした．直ちに熱源からはずし，さらに20回混捏し半糊化状の米粉ドウを得た．この米粉ドウをパスタマシーン（インペリア製SP-150）にかけ，厚さ2㎜，幅6㎜，長さ20㎝に成型し，7min蒸し加熱して米粉麺試料を得た．

3．測定方法

（1）光学顕微鏡による糊化特性の観察

加熱中の米でん粉の動態観察は既報[6]に準じて行なった．すなわち，光学顕微鏡の試料台に温度制御装置（コレット工業㈱製MC-1000Y）を付設したガラス製の密閉試料セル（㈱三啓製）を固定し，得られた検鏡像を顕微鏡接眼部に設けたCCDカメラ（ソニー社製XC-711）を通してパソコン画面上で観察・記録した．上記試料セル本体は，直径15㎜，厚さ2㎜の円盤状（セル容量0.35㎖）のものであり，中に試料の希釈液を充填後ガラス製の蓋を金属製リングで締め付けて密閉する．これを顕微鏡試料台上に固定した後，温度制御装置の昇温プログラムを30℃～50℃まで10℃/min，50℃～95℃まで1.5℃/minに設定し，加熱に伴う米でん粉粒の形態変化を追跡した．

（2）流動特性の測定

E型粘度計TV-20H，TV-L（株式会社トキメック製）を用い，75～95℃まで攪拌加熱した米粉ゾル試料の流動特性を測定し，得られた数値より，チキソトロピー特性値およびCasson降伏値を算出[7]した．測定条件はローター1°34×R24，回転数0.5～100rpm，測定温度20℃とした．

（3）米粉麺の力学的特性

レオメーターII（㈱山電製RE2-33005S）によりテクスチャー特性を測定した．測定条件は，ロードセル：20N，測定歪率：80%，測定速度：5㎜/sec，プランジャー：直径3㎜の円柱型とした．蒸し加熱後の放置時間0分，3，6，9，12，15，30，60分の各麺を測定試料とした．

（4）米粉麺の官能評価

各々の配合割合（表1）で調製した米粉麺について，本学調理科学研究室員15名をパネルとし，加熱後15分以内に実施した．つや，かたさ，弾力，なめらかさ，におい，味の各項目についてカテゴリー尺度法による7段階評価を行い，結果をt検定で解析した[8]．ここで基準Aは赤米添加麺として，緑豆添加麺（B）およびすりゴマ＋緑豆添加麺（C）との違いを比較させた．また同様に，A，B，Cについて食感，食味，総合評価について順位法による評価を行った．

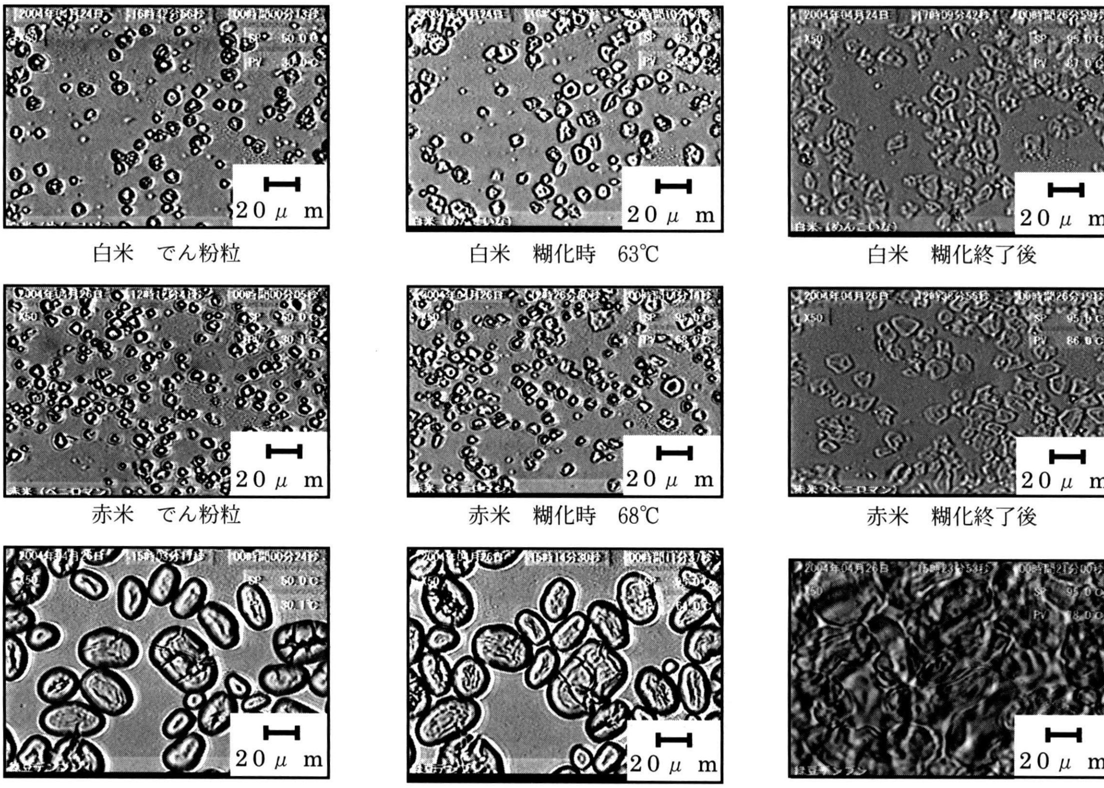
結果及び考察

1．光学顕微鏡による糊化特性の観察

温度制御装置を付設した光学顕微鏡を用いて観察し得られた各試料の写真を図1に示した．各々，写真左が生のでん粉，中央が糊化進行中，右が糊化完了時のそれである．白米のでん粉は，粒子が小さくて多角形であり，また，でん粉の膨潤・糊化が63℃から79℃まで緩慢に進行するのが観察された．赤米でん粉は白米でん粉より糊化開始温度が高く，でん粉の膨潤・融解が白米よりも遅れて進行していた．いずれも糊化終了後にでん粉粒の形が残っていた．緑豆でん粉は楕円形で表面に亀裂が入っているのが特徴的で，米でん粉よりも粒子が大であった．64℃～68℃の短時間で膨潤・糊化が急速に進み，80℃付近では完全に形状が崩壊していた．つまり，米でん粉よりも低温で糊化が進行するため，緑豆でん粉添加麺の調製時にはこれまでの65℃迄加熱では調製が困難となるため，加熱終了温度を60℃と低く設定することにした．また，米粉でん粉の糊化は75℃以降で最も進行すると判断し，流動特性測定温度を75℃～95℃と決定した．

2．米粉ゾルの流動特性

E型粘度計を用いて75，80，85，90，95℃まで攪拌加熱した各種米粉ゾルの流動履歴曲線からチキソトロピー特性値とCasson降伏値を求め，糊化が進行中の75℃と糊化が完了する95℃の結果を表2に示した．



白米　でん粉粒　　白米　糊化時　63℃　　白米　糊化終了後

赤米　でん粉粒　　赤米　糊化時　68℃　　赤米　糊化終了後

緑豆　でん粉粒　30℃　　緑豆　糊化時　64℃　　緑豆　糊化終了後

図１　加熱装置を付設した光学顕微鏡による各種でん粉粒の観察
測定条件：対物レンズ×50，昇温速度：３℃/min（30～50℃）・1.5℃/min（50～90℃）

表２　米粉ゾルの流動特性解析結果

		チキソトロピー特性値[Area]	Casson 降伏値 [Pa]
白米	75℃	2.70	0.03
	95℃	378.50	5.01
白米＋赤米(基準)	75℃	2.47	0.05
	95℃	266.20	5.94
基準＋すりゴマ	75℃	0.93	0.04
	95℃	261.20	4.18
基準＋緑豆	75℃	6.34	0.004
	95℃	716.00	12.71
基準＋(すりゴマ	75℃	4.40	0.20
＋緑豆)	95℃	491.20	9.21

いずれの試料も温度上昇と共にチキソトロピー特性値およびCasson降伏値は大となった．今回基準とした白米＋赤米のチキソトロピー特性値は低下し，壊れにくいことが推測される．また，すりゴマ添加試料でチキソトロピー特性値およびCasson降伏値ともに低下がみられ，ゴマ中の脂質がでん粉の糊化を阻害したことが考えられた．また，緑豆でん粉を添加することで，チキソトロピー性，Casson降伏値ともに増大した．緑豆でん粉添加試料は形を保持しやすい，しっかりとしたゾルを形成した．すなわちこれら副材料を添加することで製麺時の付着性が改善し，麺のテクスチャーが変化し口ざわりが良くなることが示唆された．

３．副材料添加麺のテクスチャー結果

先ず予備実験から白米に赤米を加えた麺の力学特性を比較したところ，かたさに差は見られないが赤米を加えることでジャポニカ種特有の欠点である付着性の改善が期待できた．そこで白米に赤米を加えた基準の米粉麺と各種副材料添加麺のテクスチャー測定よりかたさ応力と付着性を比較した（図２，３）ところ，すりゴマ添加麺には大きな差は見られなかった．しかし，緑豆でん粉を添加することでかたさ応力は大となり，緑豆のみを添加した麺の付着性は低下した．粘度計測定結果でも緑豆でん粉を添加することで高粘度になったことより，麺の物

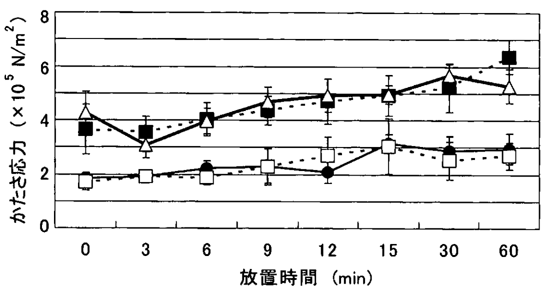


図２　副材料添加米粉麺のテクスチャー測定結果
—かたさ応力の変化—

●基準（白米＋赤米）　□基準＋すりゴマ
■基準＋緑豆でん粉
△基準＋すりゴマ・緑豆でん粉

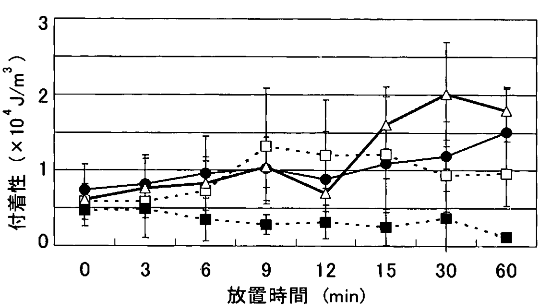


図３　副材料添加米粉麺のテクスチャー測定結果
—付着性の変化—

●基準（白米＋赤米）　□基準＋すりゴマ
■基準＋緑豆でん粉
△基準＋すりゴマ・緑豆でん粉

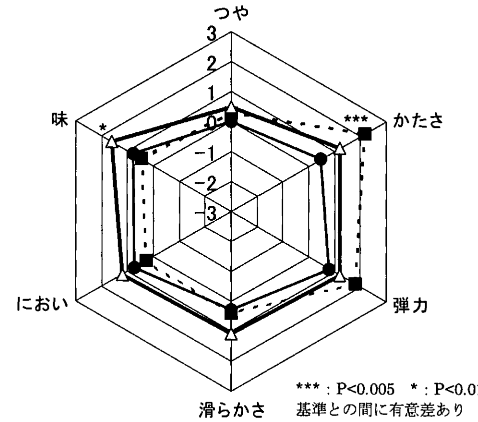


図４　副材料添加米粉麺のカテゴリー尺度法による
官能評価結果　n=15

●基準（白米＋赤米）　■基準＋緑豆でん粉
△基準＋すりゴマ・緑豆でん粉

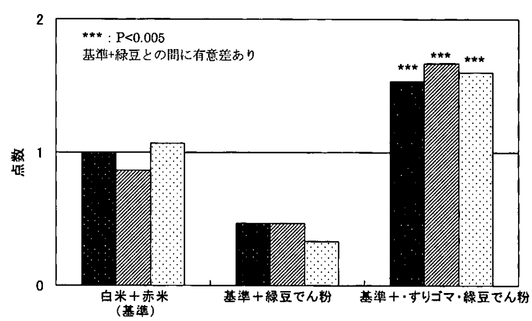


図５　副材料添加米粉麺の順位法による官能評価結果
n=15

１位：２点　　２位：１点　　３位：０点として計算
■食感　▨食味　□麺としての総合評価

性にも影響したと考えられる．また，緑豆でん粉添加生地は製麺時の付着性も軽減され，調製も容易であった．高橋[9]によれば緑豆でん粉のアミロースは優れた膜形成性を示し，それによってハルサメの表面に難溶性の皮膜状ゲルを生じるために，調理で加熱した際にも麺内部からでん粉が溶出しにくく，歯ごたえのある食感を示すものとしていることから，本実験の緑豆添加麺でも同様の機構が生じ，これまでジャポニカ種麺の欠点であった軟らかさと付着性が改善できたのではないかと考えられる．そこで，今回の副材料添加麺が嗜好的に好まれるかどうか，官能検査を行い総合的に検討した．

４．各種副材料添加麺の官能検査結果

副材料を添加した米粉麺の官能評価の結果を図４，５に示した．図４にはA，B，C各米粉麺のつや，かたさ，弾力，なめらかさ，におい，味についてカテゴリー尺度法で，図５には同様に基準の米粉麺，緑豆でん粉添加麺ならびに緑豆でん粉・すりゴマ添加麺の食感，食味，総合評価項目について順位法による評価を行った結果を示す．カテゴリー尺度法の結果では，緑豆でん粉を添加することで硬さが増し，すりゴマ・緑豆添加麺では味の項目で有意差がみられ，硬さや弾力については有意差がみられなかったものの違いがみられた．順位法において，すりゴマ・緑豆でん粉添加麺は食感，食味，総合的評価のすべてにおいて，有意に好ましい結果が得られた．緑豆でん粉のみを添加した麺が嗜好的に好まれなかった理由として，硬すぎるという意見がみられた．しかし，すりゴマを合わせて加えることで，硬さ・弾力共に適度なものとして好まれ，またゴマの風味とコクがプラスされて良い結果を得たものと考えられた．

以上の力学特性および官能評価結果から，従来のジャ

ポニカ米に赤米を添加することで付着性の改善がみられた．すりゴマを単独で添加することに目立った効果は得られなかったが，付加価値として添加食材の抗酸化性[10]や栄養改善効果が期待された．さらに，緑豆でん粉添加は，麺の品質の改良に有効であった．赤米，緑豆でん粉とすりゴマを合わせて添加することは品質の改良のみならず，嗜好性の向上も期待できた．

要　約

副材料を添加したジャポニカ種米粉麺の力学試験と官能検査を行い，以下の結果を得た．

1．光学顕微鏡観察より白米でん粉は，膨潤・糊化が63℃から79℃まで緩慢に進行し，赤米でん粉は糊化が高温側で進行していた．
2．緑豆でん粉は64℃～68℃の短時間で膨潤・糊化が急速に進んだことより，緑豆でん粉添加麺の調製時には加熱温度を60℃と低めに設定した．
3．白米に赤米を加えた基準の米粉に緑豆でん粉を添加したゾルの粘度測定結果より，チキソトロピー性，Casson降伏値が増大し，流動しにくく形を保持しやすい，しっかりとしたゾルとなった．
4．上記基準米粉に緑豆でん粉を添加した麺のテクスチャー測定より，かたさ応力が増大し，付着性が低下した．すなわち，ジャポニカ米の欠点であった軟らかさと付着性が改善された．
5．緑豆でん粉を添加した麺の官能評価より，かたさが増し，さらにすりゴマを加えることで味において有意差がみられた．すなわち基準米粉にすりゴマ・緑豆でん粉添加麺が総合的に好まれた．
6．以上，ジャポニカ米に赤米を加えた米粉にすりゴマや緑豆でん粉を添加することは麺の食感・食味改良と栄養価改善効果が期待された．

謝　辞

本研究を推進するにあたり，実験に協力頂いた調理科学研究室卒論生 高木淑江さんならびに，緑豆でん粉試料の御提供を頂きました松谷化学工業株式会社 白鳥武秀氏に厚く御礼申し上げます．

文　献

1）農林水産省：我が国の食料自給率—平成15年度食料自給率レポート，p 7（2004）．
2）喜多 記子，中津川かおり，植草 貴英，田代 直子，長尾 慶子：ジャポニカ種米粉麺の力学的特性および官能評価，日本調理科学会平成16年度大会要旨集，p34，日食科工投稿中．
3）斉藤昭三：米粉の特性とその麺状化について，日調科誌，12，74-84（1979）．
4）猪谷富雄，小川正巳：わが国における赤米栽培の歴史と最近の研究情勢，日作紀，73，137-147（2004）．
5）大坂香保里，石井規子，横川幸義，関口正勝：古代米に関する研究（第１報）赤米，黒米および緑米の化学成分，川村短期大学研究紀要，14，7-15（1994）．
6）長尾慶子，藤井彩香：デンプン粒～水系の糊化にともなう状態変化の微視的および巨視的観察，日調科誌，38，45-50（2005）．
7）小谷スミ子，宮本勲，香西みどり，畑江敬子，島田淳子：高圧処理した卵黄の流動特性，家政誌，51，905-912（2000）．
8）喜多記子，長尾慶子，河村フジ子：粉の種類及び副材料添加が手作りパスタの調理特性に及ぼす影響，日調科誌，37，65-70（2004）．
9）高橋節子：ハルサメの理化学的性質と食味特性—主として物性と官能評価の関係について—，New Food Industry，34，73-80（1992）．
10）福田靖子：特集食品中の抗酸化成分とその特性 I ゴマの抗酸化性物質とその利用，食品工業，35，30-37（1992）．

Abstract

In order to expand usage of Japonica rice and to promote its consumption, we established a method of getting constant noodles by cooking them at 65℃, following the preparation style of Vietnamese rice noodles. We prepared Japonica rice noodles to which red rice, ground sesame and green gram starch were added in order to improve texture and nutritive value. We conducted mechanical measurement by Rheoner and tested sensory evaluation. The flow behavior of rice flour suspension was measured by viscometer. Moreover, changing states of starch were followed by microscope observation during heating.

As a result of our measurements, we found that gelatinization of green gram starch progressed more rapidly than rice starch. Japonica rice with added ground sesame showed decreased thixotropy and yield stress by casson analysis , but by adding green gram starch, it increased. Hardness stress of adding green gram starch increased more than by adding red rice, and its adhesiveness decreased. The cooked noodles of Japonica rice with added green gram starch and ground sesame was favorable in sensory evaluations.