

4. もち生地の物性と色の評価

中 森 朋 子*

はじめに

もち米の品質については「外観」「食味」「物性」の3つが重要である。このうち、「外観」と「食味」についてはどのような用途においても、「白さ」と「味の良さ」に対する要望が高い。一方、「物性」は加工適性と深く関係し、用途によって求められる品質が異なる。すなわち、硬化性の遅いもの、速いもの、それぞれに適した用途があり、利用形態により異なる評価を受ける。現在、北海道もち米の主要品種である「はくちょうもち」は硬化性が「遅い」という特徴をもち、硬化・成形を行わない主食用途(おこわ、大福、おはぎ等)に適している。主食用途としての地位を確保し販路を拡大するためには、もち生地がよりやわらかく、白くきめ細やかな良食味のもち米を安定供給する必要がある。一方、硬化性の速いもち米は切り餅・米菓等に適しており、国内におけるもち米需要の中で占める割合は大きい。このことから、販売戦略上、硬化性の高いもち米品種の育成についても期待されている。

もち生地の物性評価を行うには、安定したもち生地の調製が必要となる。近年、ミキサース式の家庭用餅つき機が進歩し再現性の高いもち生地が得られることから、試験研究に広く利用されている。しかし、家庭用餅つき機では精米数百gが必要であり、育種における試料量の少ない初期・中期世代の選抜には適用できない。そこで、ラピッド・ビスコ・アナライザー(以下、RVAと省略)を用いたデンプンの熱糊化特性による物性評価が導入された。これは、最高粘度を示す温度(ピーク温度)ともち生地の硬化性に高い正の相関があり、1回の測定にもち米粉3~4gで十分であること^{4,7,8)}から非常に有効である。しかし、もち米の加工適性を評価するにあたって、粒から調製したもち生地の評価や、工場と同様の調製方法である杵搗き式のもち生地についての評価要望が実需者から強くあり、少量かつ杵搗きによるもち生地調製が必要となった。

そこで、必要試料量を精米10g以下を目標として杵搗きによるもち生地の調製法を考案し、もち生地品質のうち「外観(色)」と「物性」の数値化を検討した。

1)試験方法

①もち生地少量調製法の検討

供試材料:「はくちょうもち」(2000年上川農試, 2002年中央農試産)

もち搗き:試験用小型もち搗き機(杵搗き)

検討項目:浸漬時間, 蒸煮時間, 注水量, 搗き時間

水分測定:135℃乾燥法

蒸煮方法:100mL 用円筒缶(採土管)に10×10cmのナイロンネット(日本理化学機器 38-GG)を装着した小型蒸籠を作成し、もち精米8.0gを小型蒸籠に計り取り水温20℃で浸漬した。浸漬後30分間水切りを行い、電気式深型グリル鍋(象印 EP-JY45)を用いて蒸煮した。すなわち、鍋に直径26.5×高さ4cmステンレスリングおよび直径27cmステンレス金網を設置し、蒸留水1.5Lを目盛り210で充分沸騰させた後、目盛り140で弱い沸騰状態を保持し、金網上に小型蒸籠を置き蒸煮を行った。

②テクスチャーアナライザーによるもち生地の物性評価
供試材料:「はくちょうもち」(2001年上川農試および風連・名寄現地圃場産)、「こがねもち」(2000年新潟県産)
測定機器:Stable Micro Systems 社製テクスチャーアナライザー(TA-XT 2i)。

測定条件:直径2mmの円筒型プローブを用いた貫入・引上げ試験, 測定スピード2mm/秒, 貫入距離3mm, トリガー(試料検知荷重)10g, データの取込み100pps。

③もち米品質がもち生地品質(色・物性)に及ぼす影響

供試材料:「はくちょうもち」(上川農試および風連・名寄現地圃場産, 2001年:39点, 2002年:29点), 府県産米(2000年:3点, 2001年:4点)

色測定:色彩色差計(カラーアナライザー東京電色TC-1800MK II) 物性測定:試験②と同じ

もち生地の調製:試験①により確立した方法に準じて、試験用小型もち搗き機によりもち生地进行調製した。

2)結果と考察

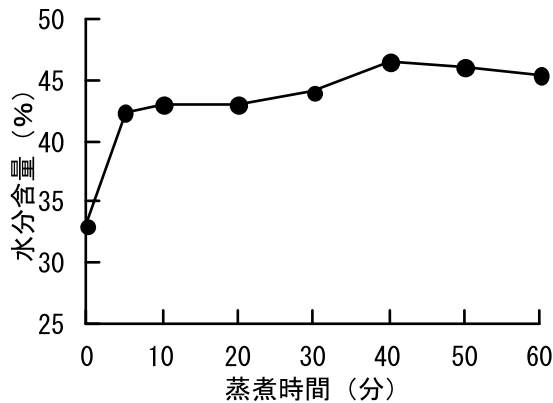
①もち生地少量調製法の検討

もち米では、浸漬米の水分含量と糊化程度に密接な関係があること¹⁾から、再現性の高い安定したもち生地調製を行うためには、もち米を均一に充分吸水させることが重要と考えられる。浸漬時間と浸漬米の水分含量との関係を調べたところ、浸漬16~24時間では水分含量は36

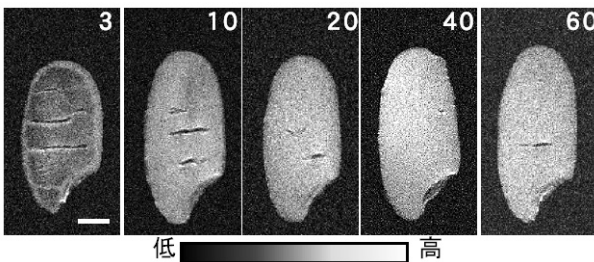
*中央農業試験場 069-1395 夕張郡長沼町

～38%とほぼ平衡に達していた。従って、前処理手順の作業性を考慮して、浸漬時間は16～24時間の範囲で行うこととした。

図Ⅲ-4-1に蒸煮時間と蒸米の水分含量の関係を示した。蒸米の水分含量は蒸煮10分で43%と急速に上昇した。その後、水分含量の上昇は緩やかであり、最高水分含量は蒸煮時間40分の47%であった。蒸米の糊化程度を把握するため、Magnetic Resonance Imaging(磁気共鳴イメージング、以下MRIと省略)により、蒸米内部の水分分布を観察した。MRIによる蒸米中央部の縦断画像を図Ⅲ-4-2に示した。蒸煮開始後3分では米粒表面および内部の空洞に沿ってプロトン信号が高い領域、すなわち、水分の高い領域が観察された。蒸煮時間10分では、空洞は存在するが水分の高い領域が米粒内部に広がり、水分の低い領域はわずかとなった。蒸煮時間20分以降では米粒内部のプロトン信号はより高くなり、水分が米粒内部全体に行き渡っている様子が観察された。また、空洞は米粒が膨潤することにより縮小した。これらのことから、もち米が蒸煮によって米粒内部まで糊化するには、20～40分必要と考えられた。有坂ら¹⁾によると、蒸煮時間と糊化程度の関係について、蒸煮時間10分の間に糊化が急速に進み、その後は緩慢に進むことが報告されている。また、あえて適切な蒸煮時間を設定するなら



図Ⅲ-4-1 蒸煮時間と蒸米水分含量の関係

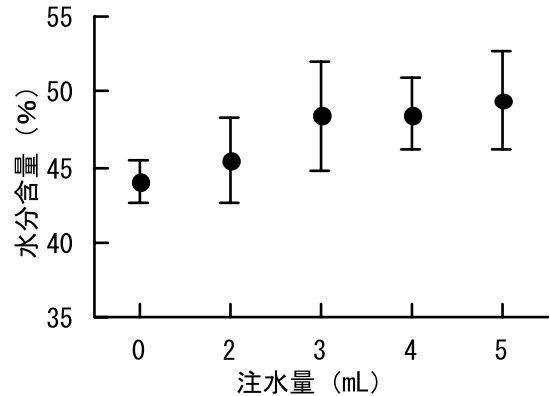


図Ⅲ-4-2 MRIによる蒸煮過程における米粒内の水分分布観察

画像中の白抜き数字は蒸煮時間(分)を、バーは1mmを、グレースケールは水分含量の高低を示す。

ば30分程度が妥当としており、本試験においても糊化に必要な時間を確保し安定的に蒸煮を行うため、蒸煮時間は30分間とした。

試験用小型もち搗き機では、調製試料が少量であることからもち搗き過程での放熱が速く、生地水分の過剰な蒸発が認められた。そこで、蒸米の適性水分とされる45～47%²⁾よりやや高い範囲の水分含量となる蒸煮方法を検討した。すなわち、蒸煮時間30分のうち20分経過後、試料に対して5℃の冷水を注入し、再度10分間蒸煮を行った。図Ⅲ-4-3に注水量と蒸米の水分含量の関係を示した。注水量3～5 mLでの蒸米の水分含量は48～49%と注水量0 mLの44%より約4ポイントの上昇が認められ、試験用小型もち搗き機に適應すると考えられた。従って、蒸煮過程における注水量は、上記のうち中間的な量であり、かつ精米重量の0.5倍量である4 mLを使用することとした。



図Ⅲ-4-3 注水量による蒸水水分含量の変化
5反復の平均値、バーは標準偏差を示す。

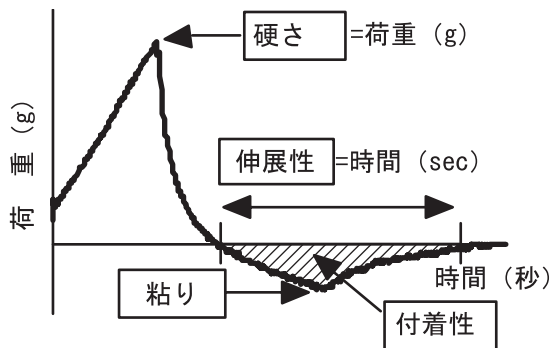
前述で定めた蒸煮方法に従って調製した蒸米に対して、試験用小型もち搗き機におけるもち搗き時間の検討を行ったところ、搗き時間4分では粒の残存が明瞭であり不適當であった。搗き時間6分では粒々感は減少したが、8分ではより粒の残存は少なく、生地として適正であると考えられたことから、搗き時間は8分とすることとした。

②もち生地物性の評価法

もち生地の硬化性は、新潟食研法³⁾による生地つり下げ時の曲がり度合い、あるいはレオメーターによる針侵入抵抗^{4,8)}により評価してきた。新潟食研法では、測定試料ごとに均一な棒状の生地を加工するため、試料量は400 g程度必要となることから、本試験における少量もち生地の評価には用いることができない。そこで、レオメーターによる針侵入抵抗を応用し、新たに導入したテクスチャーアナライザー(以下、TAと省略)を用いて物

性評価を検討した。TAはプローブと呼ばれる試料接地部位について様々な形状に変更可能であること、また、測定条件について測定スピードあるいは圧縮率、貫入距離を任意に設定可能であり、圧縮あるいは貫入・引上げ試験により、テクスチャーを主体とした多くの物性評価を行うことが可能な物性測定機器である。

図Ⅲ-4-4に測定スピード2mm/秒で直径2mmの円筒型プローブをもち生地に3mm貫入させた貫入・引上げ試験で得られる測定曲線を示した。正の最大荷重(g)を「硬さ」、負の最大荷重(g)を「粘り」、負領域にかかる時間(s)を「伸展性」、負領域の仕事量(g・s)を「付着性」と定義し、硬さを含むもち生地の物性測定値を得た。



図Ⅲ-4-4 もち生地の植物性測定曲線と測定項目

TAによる物性評価の適用性を検証するため、官能で物性が異なると評価された「はくちょうもち」2点、および「はくちょうもち」と明らかに物性が異なる府県産もち米の「こがねもち」について、試験用小型もち搗き

機によりもち生地を調製し物性測定値を得た。表Ⅲ-4-1に測定平均値と標準偏差を示した。冷蔵24時間後の「硬さ」について、「こがねもち」は492gであり「はくちょうもち」の82g、102gと比較して明らかに硬かった。「こがねもち」は実需者から硬化性が速いと評価されており、硬化性の品種間差が明確に示された。また、産地の異なる「はくちょうもち」では、冷蔵2時間後の「付着性」および「伸展性」について差が認められ、同一品種における産地間差について評価可能であった。測定値のばらつきは、「はくちょうもち」ではいずれの測定値においても標準偏差の値は小さかったが、24時間冷蔵後の「こがねもち」ではやや測定値がばらつく傾向にあった。これは「こがねもち」では生地の硬化が進んでおりプローブの貫入途中で亀裂や破断が生じ、最圧縮時点で最大荷重を示さないことがあったためと考えられた。これらのことから、TAを用いることにより高い精度で物性を評価でき、品種間差、処理間差について検討できるものと考えられた。

杵搗き型である試験用小型もち搗き機と、ミキサー型である家庭用餅つき機で調製したもち生地の物性について比較した。試験用小型もち搗き機では、家庭用餅つき機と比較していずれの測定項目においても値は小さく、絶対値としては異なるがその傾向は変わらなかった(表Ⅲ-4-2)。調製法の違いによりもち生地の物性は大きく異なり、ミキサー型で調製した場合、杵搗き型と比較して硬化の進行が早く、湯溶け、焼きダレの著しい生地となることが報告されている^{2,6)}。本試験においてももち生地の物性の絶対値が異なる理由として、従来の報告同様、調製法の違いが生地物性に反映されたものと考えられる。

表Ⅲ-4-1 もち生地の物性の反復測定におけるばらつき

冷蔵時間	品種	産地	(g) 硬さ	標準偏差	変動系数 (%)	(g) 粘り	標準偏差	(s) 伸展性	標準偏差	(g・s) 付着性	標準偏差
2時間	はくちょうもち	A	37	2.0	5.0	12	0.2	4.42	0.40	31	3.2
	はくちょうもち	B	39	1.8	3.8	12	0.6	3.74	0.26	26	1.2
	こがねもち	-	53	3.5	5.7	15	1.0	3.30	0.27	27	2.3
24時間	はくちょうもち	A	82	2.7	2.5	17	1.2	1.99	0.10	19	1.6
	はくちょうもち	B	102	1.1	1.0	21	1.2	1.96	0.15	22	2.0
	こがねもち	-	492	49.3	9.1	96	5.1	1.44	0.12	84	10.0

5反復の平均値

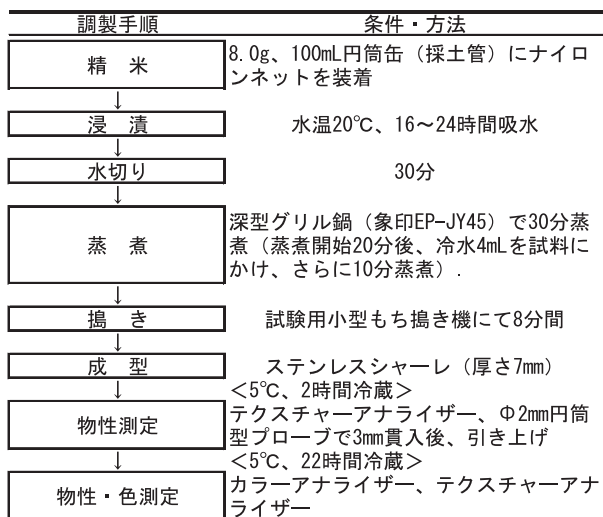
表Ⅲ-4-2 調製法の異なるもち生地の物性測定値の比較

試料	試験用小型もち搗き機					家庭用餅つき機				
	硬さ ²	粘り ²	伸展性 ²	付着性 ²	硬さ ²⁴	硬さ	粘り	伸展性	付着性	硬さ ²⁴
A	38	11	4.46	30	91	40	22	6.85	83	199
B	39	12	3.74	26	102	47	23	4.60	64	237
C	37	12	4.42	31	82	36	22	6.65	81	169

植物性の肩数字は冷蔵後の時間を示す。家庭用餅つき機については20℃、2時間後の測定値。物性の単位は表1に同じ。

どちらの調製法を用いても試料間の比較は充分できるが、絶対値は大きく異なることから、測定値を示す際には調製法を明記する必要があると考えられた。

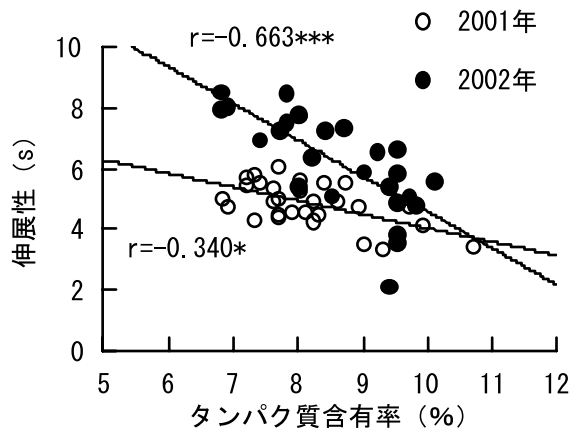
図Ⅲ-4-5にもち生地品質評価のための手順を示した。浸漬から測定・評価まで1点につき3日を要するが、図Ⅲ-4-5に示した手順に従って連続的に作業を行うことにより、5日間で300点程度の試料について、もち生地の分析評価が可能である。



図Ⅲ-4-5 もち生地品質（色・物性）の評価手順

③もち生地の物性に影響を及ぼす要因

もち米の加工適性を評価するにあたって重要となる生地物性のうち、「硬さ」および「伸展性」についてタンパク質含有率との関係を検討した。「伸展性」については2~9秒の変動があり、5秒を下回ると著しく伸びの劣る生地となった。冷蔵2時間後の「伸展性」は、2カ年ともに負の相関(2001年 $r = -0.340^*$ 、2002年 $r = -0.663^{***}$)が認められ、2001年ではタンパク質含有率

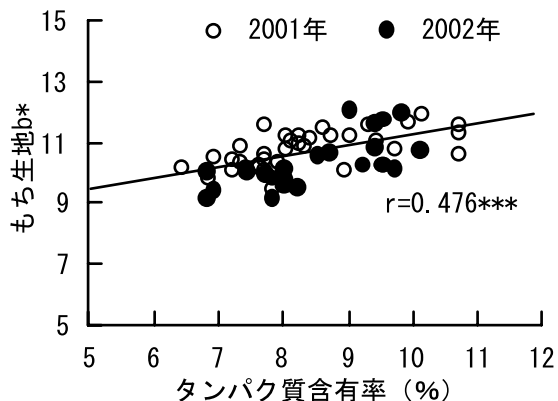


図Ⅲ-4-6 タンパク質含有率ともち生地の「伸展性」の関係（5℃、2時間冷蔵）

8%以上、2002年では9%以上で5秒より低かった(図Ⅲ-4-6)。タンパク質含有率が高まると、もち独特の「生地が伸びる」という物性が低下するものと考えられた。一方、「硬さ」は冷蔵時間に関わらずタンパク質含有率との相関は認められなかった。柳瀬ら⁹⁾によると、タンパク質含有率はもち生地の加熱圧扁時の膨化伸展性と高い負の相関が認められている。つまり、過剰な蛋白は米菓製造時の加工適性を落とすだけでなく、テクスチャーの面からも評価を下げるものと考えられた。

④もち生地の色に影響を及ぼす要因

北海道もち米の問題点として、もち米の白度が低く加工した際、生地の色が悪いということが指摘されている。白度低下要因を探るため、色彩色差計を用いてもち生地の色を評価したところ、L*(明度)、a*(赤味)、b*(黄味)のうちb*についてタンパク質含有率と正の相関($r = 0.476^{***}$)が認められた(図Ⅲ-4-7)。つまり、タンパク質含有率が高いほど生地b*は高くなり、黄味が強くなる傾向にあることが明らかとなった。



図Ⅲ-4-7 タンパク質含有率ともち生地の色(b*)との関係

2001年 n = 39, 2002年 n = 29

比較のため、府県産もち米によるもち生地のL*およびb*を表Ⅲ-4-3に示した。もち生地の白さに定評のある「こがねもち」の生地L*は76.5~78.0であり、「はくちょうもち」の平均値75.3(2001年)および73.5(2002

表Ⅲ-4-3 府県産もち米におけるもち生地のL*, b*

生産年次	産地	品種	生地L*	生地b*
2000	N	こがねもち	76.5	9.1
2000	M	こがねもち	77.0	10.3
2000	M	ヒメノモチ	74.8	9.4
2001	N	こがねもち	78.0	7.9
2001	M	こがねもち	76.5	9.3
2001	M	ヒメノモチ	75.8	8.7
2001	S	ヒヨクモチ	76.2	10.5

年)より明らかに高かった。また、生地 b^* は府県産もち米の方が「はくちょうもち」より低い傾向にあった。

年次によって異なる場合もあるが、もち精米の白度とタンパク質含有率には負の相関が認められる。白度と色彩色差計の測定値について、精米白度は精米 L^* と高い正の相関があるだけでなく、 b^* とも負の相関がある。もち生地の外観品質を落とす要因の一つとして、高蛋白による b^* 値の上昇が示された。従って、低蛋白栽培によってもち米のタンパク質含有率を下げることにより、加工後のもち生地の黄味を抑えることができ、外観品質の安定化がはかられるものと考えられた。

一方、明度を示す生地 L^* とタンパク質含有率に相関は認められなかった。深井ら⁴⁾においても、7品種14試料のもち米について検討したところ、タンパク質含有率ともち米の玄米、精米、餅生地の明度との間に相関関係は認められなかったことを報告している。生地 L^* については年次間差が大きいことから、タンパク質以外の成分や気象的要因の影響が強いものと考えられた。

3)まとめ

北海道におけるもち米の栽培技術、品質向上に関する研究は、うるち米と比較して非常に少ない。本研究ではもち米品質のうち、もち生地の「物性」および「色」を数値化し評価することを目的として検討を行った。

現在の主要品種を用いて検討したところ、タンパク質含有率を低下させることにより、物性についてより伸びる生地になること、また、もち生地の黄味が抑制され外観品質が向上することが明らかとなった。つまり、低蛋白栽培技術の有用性が示され、このような栽培技術は北海道もち米の品質向上・安定化に寄与するものと考えられる。しかし、切り餅や米菓製造の際に重要視される硬化性については、登熟期間中の気温や品種間差による影響が大きいことが示唆され、栽培技術による改善は難しいものと考えられた。従って、北海道において硬化性の高いもち米を生産するためには、新品種の育成が必要で

ある。今回、精米8gでもち生地の調製が可能である品質評価技術を考案・開発し、もち生地の品質分析に用いる試料の少量化を確立した。本法をRVAによる初期世代からの選抜に加えて中期世代に用いることにより、目的とするもち生地品質を有する良品もち系統を効率よく選抜することに有効であると考えられる。

引用文献

- 1) 有坂将美, 吉井洋一, 今井誠一. “糯米菓製造工程における澱粉の糊化, 老化, 崩壊”. 日食工誌. **38**, 86-93(1993).
- 2) 江川和徳, 吉井洋一, 谷地田武男. “餅の品質に関する研究, 第1報 餅の調理性関連要因の検討”. 新潟食品研報. **22**, 29-34(1987).
- 3) 江川和徳, 吉井洋一. “産地・品種を異にした糯米による餅の硬化性”. 新潟食品研報. **25**, 29-33(1990).
- 4) 深井洋一, 松澤恒友. “糯米の理化学的性質と加工適性, 糯米の加工適性に関する研究 第1報”. 調理科学. **31**, 262-268(1998).
- 5) 小林和幸, 松井崇晃, 重山博信, 石崎和彦, 阿部聖一. “切り餅の食味官能試験法について”. 日作紀. **71**(2), 250-255(2002).
- 6) 永島伸浩. “餅に関する食品学的研究”. 澱粉科学. **39**(1), 23-31(1992).
- 7) 岡本和之, 根本 博. “ラピッド・ビスコ・アナライザーによる陸稲糯品種の餅硬化性の評価と高度の餅硬化性を持つ陸稲品種「関東糯172号」”. 日作紀. **67**(4), 492-497(1998).
- 8) 柳原哲司. “北海道米の食味向上と用途別品質の高度化に関する研究”. 道立試験場報告. **101**, (2002).
- 9) 柳瀬 肇, 大坪研一, 橋本勝彦. “もち米の品質と加工適性に関する研究, 第6報 もち生地の湯溶けならびに膨化伸展性の銘柄間差異”. 食総研報. **45**, 1-8(1984).