

米粉生地の物理的・化学的特性に及ぼす放置処理の影響

長沼 誠子, 畑江 敬子*, 島田 淳子*

(秋田大学教育学部, *お茶の水女子大学生活科学部)

平成5年11月6日受理

Effects of Aging of Rice Flour Batter
on Physical and Chemical Properties of Batter and Baked Product

Seiko NAGANUMA, Keiko HATAE* and Atsuko SHIMADA*

*School of Education, Akita University, Tegata-gakuen-cho, Akita 010*** School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112*

Based on the assumption that sufficient water absorption and hydration of rice flour improve eating quality of baked products, effects of aging of a mixture of rice flour and water on the physical and chemical properties were studied.

Aging of the mixture of rice flour and water, that is, the batter, at 20°C for 0, 8, 16, 24 or 32 hours, accelerated the degradation of starch and the formation of sugar such as maltose and glucose with time. The values of the hardness, the adhesiveness, the storage modulus and the loss modulus of the batter decreased during aging. Differential scanning calorimetry revealed that two endothermic peaks by starch geratinization became only one peak after aging more than 8 hours.

Sensory panel members judged that the baked product after aging was darker in color, less rough in texture, more luster on the surface, and sweeter than that without aging.

As a conclusion, the simple treatment of aging could change the physical and chemical properties of the rice flour batter, and consequently improve the eating quality of the baked product.

(Received November 6, 1993)

Keywords: rice flour batter 米粉生地, aging 放置, physical property 物理的特性, chemical property 化学的特性, baked product ケーキ, eating quality 食味特性.

1. 緒 言

食生活の変容, 食嗜好の多様化に伴い, 新形質米の開発とその利用技術に関する研究^{1)~4)}など, 様々な米の調理・加工特性の解明が進められている。一方, 米の利用拡大をはかるために, 米を粉にして用いる米粉の膨化調理についても研究が行われている。これまで, 米粉を主材料としたパンやケーキ類に関する研究において, 米粉の品質特性すなわちアミロース量とデンプンの糊化特性⁵⁾, 粒度と損傷デンプン量⁶⁾, および品種⁷⁾などが製品の性状に影響を与えること, また, 材料配合や生地の混合方法⁸⁾⁹⁾, 各種調理条件¹⁰⁾¹¹⁾によって製品の品質が異なること, が明らかにされている。しかし, いずれの方法によっても, 製品の膨化状態が

悪く, 口ざわりにざらつき感がある¹²⁾¹³⁾など, 嗜好上の問題点が指摘され, 外観やテクスチャー特性に対する改善の課題が残されている。

著者らは, これまでに, 米粉に十分量の水分を加えて攪拌あるいは放置することが製品の品質を向上させることを見出している^{14)~16)}。本研究では, このような吸水・水和による食味改善効果, 特に, 米粉と水の混合物(以後, 米粉生地と記す)の放置処理効果の要因を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

(1) 試料の調製

1) 米粉

1991年(平成3年)秋田県産あきたこまちを収穫直後に歩止まり90%に搗精し、製粉所で一括して製粉後、密封容器に入れて4℃で貯蔵した。実験時に20℃に2時間放置して品温を20℃としたものを実験用米粉とした。

2) 米粉生地調製

米粉生地の調製は20℃の恒温室で行った。米粉50gをビーカーに入れ蒸留水40ml(80%w/w)を加え、電動ミキサー(東芝HM-310, 950rpm)を用いて10分間攪拌後、0, 8, 16, 24および32時間放置し、試料とした。40時間の放置で米粉生地の膨張が観察され微生物の関与がみられたので、本研究では放置時間を32時間までとした。放置過程における酵素反応を阻害する実験では、10mM塩化第2水銀溶液を蒸留水のかわりに用いた。

3) モデルケーキの調製

放置時間の異なる米粉生地各180gにベーキングパウダー(愛国産業、以後B.P.と記す)5gをフルイを通して加えゴムべらで1分間混合後、アルミ製プレイング型に40gずつ入れ、電気オーブン(松下電気産業NB-6302)で180℃20分間焼成し、モデルケーキとした。

(2) 測定項目および方法

1) 米粉の分析

米粉の成分として、水分を105℃常圧乾燥法、粗蛋白質をマイクロケルダール法、粗脂肪をソックスレー抽出法、デンプンおよび粗灰分をAOAC法、アミロースをJulianoの方法¹⁷⁾によりそれぞれ測定した。また、米粉を80, 100, 150, 200および250メッシュの標準篩をセットした篩別器(小林理化)で750rpm, 3時間篩別し、その重量百分率から粒径分布を求めた。

2) 米粉生地の物理的特性

i) テクスチャー

硬さおよび付着性はテクスチュロメータ(全研GTX-2)を用い常法により測定した。一定時間放置した米粉生地17gをアルミ製カップ(内径38mm, 深さ13mm)に入れ、ステンレス製ビスコ型プランジャーを用いて、クリアランス2mm, 電圧5V, チャート速度750mm/分, バイト速度6回/分で1回圧縮した。

ii) 動的粘弾性

レオログラフゾル(東洋精機)により一定時間放置した米粉生地の貯蔵弾性率および損失弾性率を測定した。周波数2Hz, 変位量 $\pm 125\mu\text{m}$ の振とうを与え、値が安定する2分後の数値を記録した。

3) 米粉生地の糖量および糖組成

各米粉生地20.00gにエタノール濃度が80%になるようにエタノールを加えて100℃, 20分間還流した。濾過後、残渣に80%エタノールを50ml加えて同様の還流を2回繰り返した後、抽出液をロータリーエバポレーターで濃縮した。抽出液中の全糖量をフェノール硫酸法¹⁸⁾で、還元糖量をソモギネルソン法¹⁸⁾で測定した。さらに、糖の組成および量を高速液体クロマトグラフィー(島津製作所、以後、HPLCと記す)により測定した。測定条件は、カラム: YMCPak-polyamine 4.6mm \times 25cm, 展開溶媒: アセトニトリル水(55:45), 検出: RIとした。

4) 米粉生地の熱的特性

生地調製時の水分減少分(0~1.98%)を補充後、各米粉生地50.0mgを精秤して70 μl 銀製容器に密封し、示差走査熱量計(セイコー電子SSC5200, 以後DSCと記す)により昇温速度2℃/分, 温度範囲20~110℃で得られたDSC曲線から、米粉生地の吸熱開始温度(T_0), 吸熱ピーク温度(T_p), 吸熱終了温度(T_c), 吸熱量(ΔH)を解析した。

5) モデルケーキの特性

i) 膨化率, 焼き色

焼成後60分間室温に放置したケーキの体積を菜種置換法で求め、膨化率をケーキの体積/生地の重量 $\times 100$ により算出した。また、ケーキの上面部分から切片(20 \times 20 \times 5mm)を取り、測色色差計(日本電色工業ND-101D)を用いてL値(明度), b値(黄色味)を反射光により測定し、焼き色の濃淡の指標とした。

なお、以上の測定は3~9回繰り返して行い、結果はその平均値と標準偏差で表わし、分散分析により有意差検定を行った。

ii) 官能検査

ケーキの食味評価における米粉生地の放置効果を知るために、Schéffeの一对比較法¹⁹⁾による官能検査を実施した。放置時間の異なる5種類のケーキを二つずつ組み合わせ、10とおりの組み合わせについて供与順序を変えて比較し、試料間の違いを-3から+3まで評価させた。評価項目は、食味特性の中で改善を必要とする項目¹²⁾¹³⁾すなわち外観(焼き色の濃淡, つ

米粉生地の物理的・化学的特性に及ぼす放置処理の影響

やの強弱), 味 (甘味の強弱), テクスチャー (ざらつき感の有無) とし, パネルは秋田大学家政学研究室学生 20 名とした。

3. 実験結果および考察

(1) 米粉の特性

実験に用いた米粉の成分 (Table 1) は水分 14.9%, デンプン 71.9%, 蛋白質 6.9%, 脂肪 0.6%, 灰分 0.4% であり, デンプン中のアミロース含量は 18.1% であった。また, 米粉の粒径分布を Fig. 1 に示したが, 市販の上新粉¹³⁾ に比べ粗粉が多いといえる。

(2) 米粉生地の物理的特性に及ぼす放置の影響

米粉に蒸留水を加えて攪拌した米粉生地を 20°C で放置し, 放置の影響を検討した。

米粉生地の硬さおよび付着性はいずれも 8 時間の放置により有意に ($p < 0.01$) 減少し, その後徐々に減少した。また, 0 時間放置の硬さの標準偏差が ± 0.05 であるのに対し, 24 時間および 32 時間ではそれぞれ 0.02 および 0.01 と小さくなる傾向にあり, 生地が均質になることが示唆された (Fig. 2)。また, 動的粘弾性 (Fig. 3) についても, 弾性的成分である貯蔵弾性率, 粘性的成分である損失弾性率いずれも 8 時間放置により有意に ($p < 0.01$) 減少した。0 時間放置の損失弾性率は加水量の多い米飯粒の値²⁰⁾と, また, 8

Table 1. Component of the rice flour.

Water	Starch	Protein	Fat	Ash	Amylose
(g/rice flour 100 g)					(%)
14.9	71.9	6.9	0.6	0.4	18.1

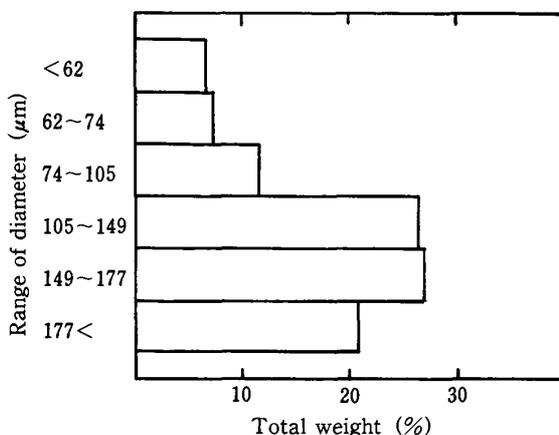


Fig. 1. Distribution of the rice flour

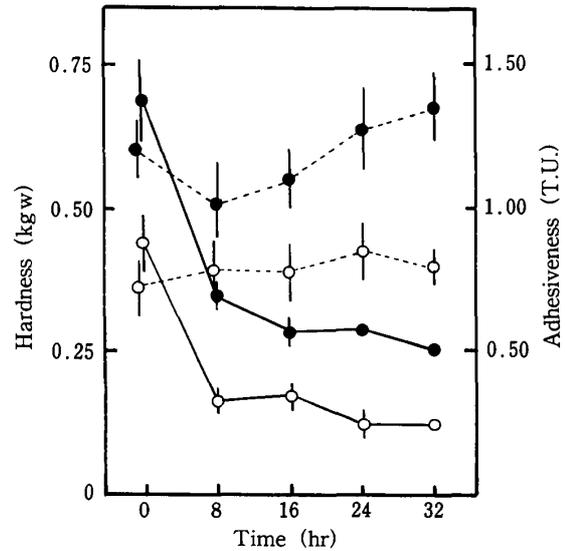


Fig. 2. Changes in the texture of the rice flour batter after aging

Forty milliliter water was added to 50 g of the rice flour and was mixed using an electric mixer with 950 rpm at 20°C for 10 min, then aged at 20°C. ○: hardness, ●: adhesiveness. —: water only;: with an enzyme inhibitor of 10 mM HgCl₂. Condition of the measurement by a texturometer: sample, 17.0 g; platform, aluminium cup with 38 mm in diameter; clearance, 2.0 mm; plunger, nickel visco type; voltage, 5 V.

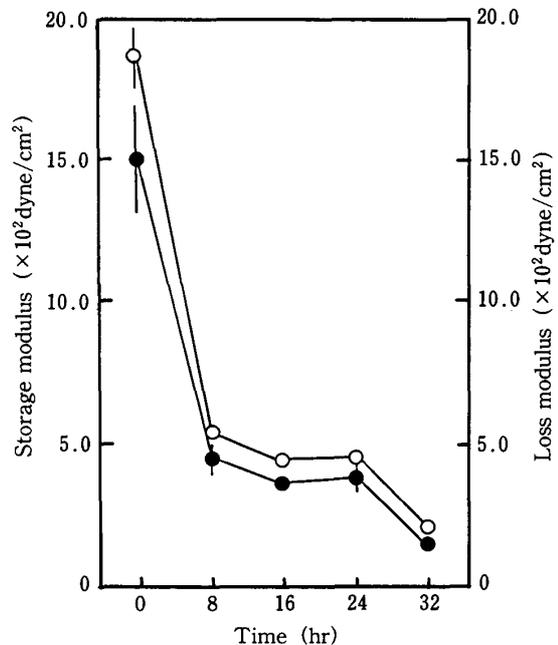


Fig. 3. Changes in the dynamic viscoelasticity of the rice flour batter during aging

Samples were the same as in Fig. 2. ●: storage modulus, ○: loss modulus.

～32時間放置の貯蔵弾性率および損失弾性率の値は卵白泡のそれ²¹⁾とほぼ同じ値であった。8時間以降の放置については、貯蔵弾性率、損失弾性率のいずれも緩慢に減少し、生地が流動性をおびていくのが観察された。また、硬さや付着性の場合と同様、放置によって標準偏差が小さくなる傾向にあった。

以上のような米粉生地の物性変化の原因として、米粉の吸水・膨潤による水和状態の変化およびデンプン等の米粉成分の挙動があげられるが、その一つとして米の中に存在する α -アミラーゼ²²⁾²³⁾の影響が考えられる。そこで、10 mM 塩化第2水銀溶液で米粉生地を調製したところ、32時間まで放置しても硬さ、付着性ともに大きな変化はみられず (Fig. 2), 酵素の影響があることが確認できた。

(3) 米粉生地の化学的特性に及ぼす放置の影響

米粉中には α -アミラーゼ以外に、 β -アミラーゼ、 α -グルコシダーゼも存在することが知られており²⁴⁾、これらが放置中に働けば遊離の糖量が増加することが考えられる。そこで、デンプンの分解生成物である糖の定量を行った。

糖の抽出を水で行うと、抽出過程で酵素反応による糖の生成が顕著である²²⁾ことが報告されている。そこで、80%エタノールで抽出し糖量を測定した。その結果 (Fig. 4, Fig. 5), 全糖、還元糖のいずれも有意に ($p < 0.01$) 経時的に増加した。0時間において0.15%および0.07%であった全糖量および還元糖量は、32時間後にはそれぞれ1.77%および1.01%にまで増大した。しかし、塩化第2水銀添加生地では、32時間放置において全糖量0.15%、還元糖量0.07%であり、放置による糖量の増加はみられなかった。このことから、放置による米粉生地の糖量の変化はデンプンの分解酵素の働きによることが明らかにされた。さらに、その組成をHPLCにより分析した。放置0時間の米粉生地中にはマルトースは検出されず、シュクロースおよびグルコースがそれぞれ0.09%および0.04%含まれていた。これらの値は高野らの報告²⁴⁾とほぼ一致した。放置によりマルトースは顕著に増加し、16時間放置では0.54%となり、以後は若干減少した。一方、グルコースは放置時間の経過に伴って増加し、32時間放置では0.34%となった。シュクロースは若干減少する傾向を示した。

以上、放置により生じた糖は、量的にみれば微量ではあるが、米粉生地より調製する製品の味に影響することが示唆された。

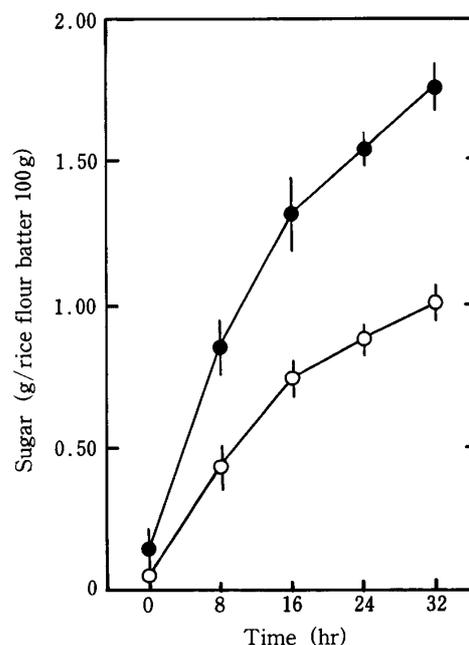


Fig. 4. Changes in the total sugar and the reducing sugar content of the rice flour batter during aging

Samples were the same as in Fig. 2. The sugars were extracted with 80% ethanol. ●: total sugar, ○: reducing sugar.

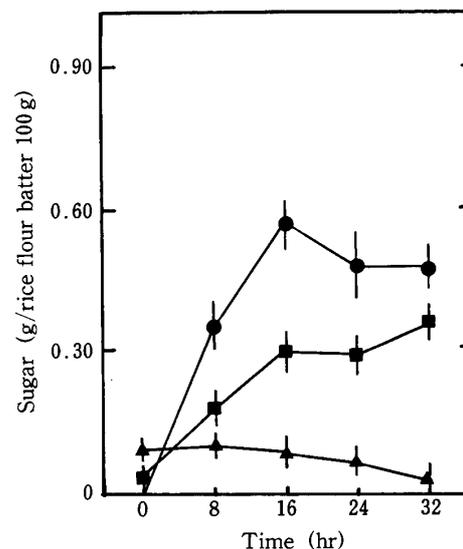


Fig. 5. Composition of mono-saccharide in the rice flour batter after aging

Samples were the same as in Fig. 2. The sugars were extracted with 80% ethanol. ●: maltose, ▲: sucrose, ■: glucose. Condition for HPLC: column, YMC-pak-polyamine; eluting solvent, acetonitrile-water; detector, RI.

米粉生地の物理的・化学的特性に及ぼす放置処理の影響

(4) 米粉生地の熱的特性に及ぼす放置の影響

次に、熱的特性について検討した。Fig. 6 に示すように、放置 0 時間の試料では 65°C および 76°C に二つの吸熱ピークがみられた。ピークが二つ現れる現象はこれまでも 40% 以上の濃度のじゃがいもデンプン²⁵⁾ および 50% 米デンプン²⁶⁾ で観察されている。本実験に用いた米粉の水分量およびデンプン量から本試料のデンプン濃度を求めると約 43% であり、これらの試料と同様水分が少なく、デンプンミセルの熱転移が均一に進行しなかったためと考えられる。そこで、米粉に 100% の水を加え、デンプン濃度を 38% にして実験を行ったところ、65°C 付近のみに吸熱ピークが得られた。この温度は 0 時間放置の低温側のピーク温度と一致していた。また、0 時間放置の二つのピーク温度および吸熱エネルギー量は中沢²⁶⁾ が行った米デンプンのそれとほぼ一致しており、これより、本試料の熱転移にはデンプンが最も大きく関与している。また、放置により高温側のピークは徐々に小さく不明瞭になった。この理由としては、放置により水和が均質になったことが考えられる。また、糖の生成によりデンプン濃度がわずかではあるが減少したことも理由の一つ

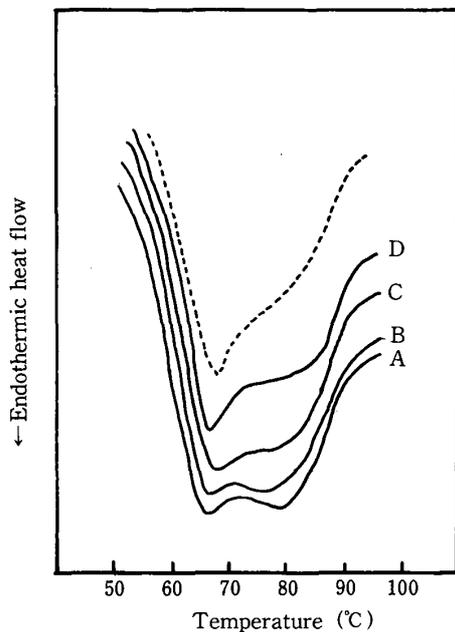


Fig. 6. DSC thermograms of the rice flour batters after aging

Samples were prepared as same as in Fig. 2. The aging times were: A, 0 hr; B, 8 hr; C, 16 hr; D, 32 hr.: 50 ml water was added to 50 g of the rice flour and was mixed. Condition for DSC: heating rate, 2°C/min.

といえる。

以上より、米粉に水を加えた後に放置することは、操作としては非常に単純であるにもかかわらず、米粉の水和を均質とし、酵素反応によるデンプンの分解、糖の生成を促し、物性および糊化特性に影響を与えることが明らかになった。

(5) モデルケーキの特性に及ぼす放置の影響

米粉生地の放置による以上の変化は、ケーキの品質にも影響すると考えられる。そこで、モデルケーキを調製して検討した。放置時間の異なるそれぞれの生地に B. P. のみを加え焼成し、その膨化性 (Fig. 7) を検討した結果、ケーキの膨化率は生地の放置によって有意に ($p < 0.01$) 増大した。Hoseney ら¹²⁾ は、米粉がグルテン形成能を持たないことからガス保持力がきわめて低く、多孔質食品の調製が困難であることを指摘しているが、放置処理により米粉と水のみの混合生地でも B. P. から発生した CO₂ を包含することができるようになり、米粉生地の放置が製品の膨化性を向上させることが明らかにされた。今後、米粉生地の放置処理を各種ケーキ類、パン類の調理・加工に利用できると考える。

放置は膨化のみでなく外観特性として重要な色調に

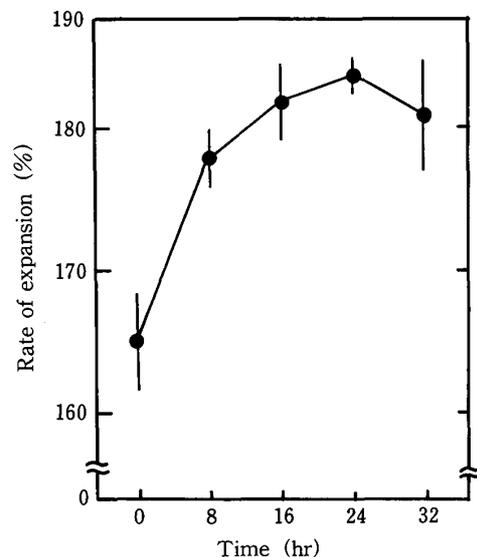


Fig. 7. Loaf volume of the baked products after aging

Baking powder of 5 g was added to 180 g of the rice flour batter and was mixed. The mixture of each 40 g was put into an aluminium pudding cup and baked at 180°C for 20 min. Rate of expansion = (volume of the baked product/weight of the batter) × 100.

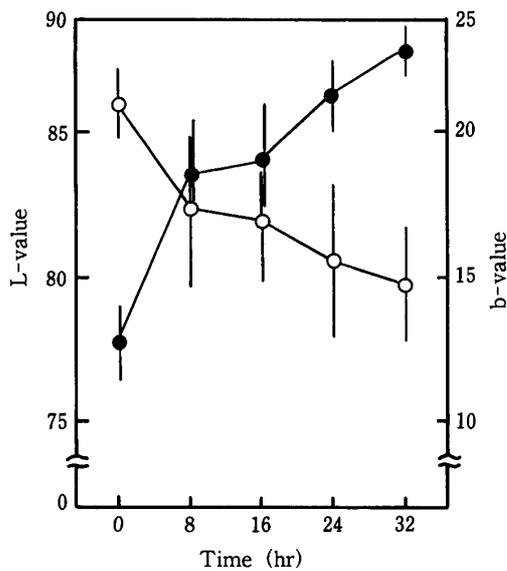


Fig. 8. Relation between the color of the surface of the baked product and the aging time of the rice flour batter

Samples were the same as in Fig. 7. The color of the upper surface. ○: *L*-value; ●: *b*-value.

も影響した。Fig. 8に示すように、*L*値（明度）は放置により有意に（ $p < 0.05$ ）低下し、一方、黄色味の指標である *b*値は放置により有意に（ $p < 0.01$ ）大きくなり、ケーキの着色度が生地中の糖量と高い相関があり、放置による糖の生成がケーキの焼き色に影響することを認めた。

官能検査の結果（Fig. 9）においても、放置時間の長いものほど焼き色が濃く、表面につやがあると評価された。また、食した時のざらつき感は32時間の放置により消失することが認められた。甘味は、8時間までは0時間放置と差はないが、16、24、32時間放置したものと0時間放置との間に有意差（ $p < 0.05$ ）がみられ、16時間以上の放置によって甘味が増すことが認められた。以上より、生地の放置は製品の品質を高めることができると結論づけた。

米は胚乳部の組織が強靱であるため製粉が小麦に比べて困難である。また、細粉の方が吸水量が大きく、製品の口ざわりも良好であり、品質保持がしやすいといわれている²⁷⁾。しかし、微粉化はデンプンの損傷度を著しく増大させるなど、操作上、食味上の課題が残されている。本研究は、放置という簡単な処理が生地の物理的・化学的特性に影響を与え、それが製品の品

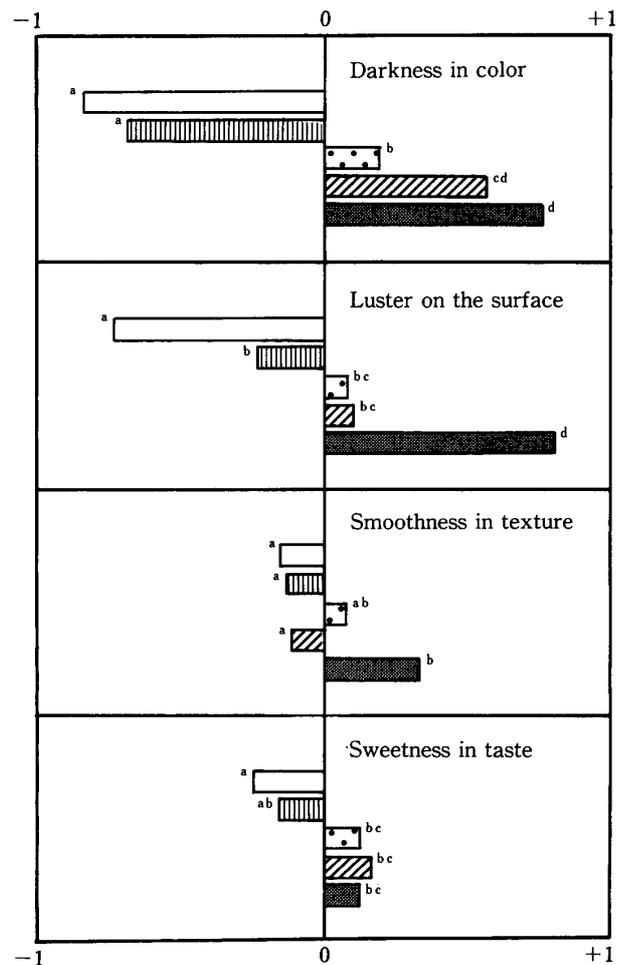


Fig. 9. Qualities of baked products judged by sensory panel members

Aging of the rice flour batter before baking was performed at 20°C for the following time. □: 0 hr, ▨: 8 hr, ▩: 16 hr, ▤: 24 hr, ■: 32 hr. Samples with different superscript were significantly ($p < 0.05$) differed from each other.

質改善にもつながることを示唆したものであり、米粉の利用拡大に有用な知見を得たものとする。

4. 要 約

米粉の膨化調理における食味改善方法の一つとして、他の材料を加える前に米粉と水との混合物を放置するという水和処理を取りあげ、米粉生地の放置が、その物理的・化学的特性にどのように影響し、製品の品質向上、食味改善にどのようにかわるのか、について検討した。その結果は以下のとおりであった。

1) 米粉生地の放置は、米粉の水和を均質にし、酵素反応によるデンプンの分解、マルトース、グルコースなどの生成を促した。さらに、硬さ、付着性、貯蔵

米粉生地の物理的・化学的特性に及ぼす放置処理の影響

弾性率, 損失弾性率の減少, 熱的特性における吸熱ピークの単一化など米粉生地の物性および糊化特性に変化を与えた。

2) 米粉-水-B. P. 系のモデルケーキを調製した結果, 米粉生地の放置により, 膨化性が向上し, 焼き色が濃く, 口ざわりにおいてもざらつき感が解消され, つや, 甘味の強弱に変化がみられた。

以上より, 米粉生地を単に放置するという簡単な処理が, 水和のみならず物理的・化学的特性に影響を与え, それが製品の品質改善にもつながることを明らかにした。

引用文献

- 1) 農林水産省農業技術センター：平成4年度総合的開発研究, 需要拡大のための新形質水田作物の開発 (1992)
- 2) 阿久澤さゆり, 澤山 茂, 川端晶子：家政誌, **42**, 441~450 (1991)
- 3) 高橋節子：澱粉科学, **40**, 245~254 (1993)
- 4) 綾部園子, 浜田陽子, 畑江敬子, 島田淳子, 滝口 操, 貝沼やす子：家政誌, **44**, 269~274 (1993)
- 5) Nishita, K. D. and Bean, M. M.: *Cereal Chem.*, **56**, 185~189 (1979)
- 6) 高野博幸, 豊島英親, 小柳 妙, 田中康夫：食総研報, **48**, 52~62 (1986)
- 7) Perez, C. M. and Juliano, B. O.: *Cereal Chem.*, **65**, 40~43 (1988)
- 8) 山崎清子, 中里トシ子, 小瀬川継美：日食工誌, **18**, 512~518 (1971)
- 9) Nishita, K. D., Robert, R. L. and Bean, M. M.: *Cereal Chem.*, **53**, 626~635 (1976)
- 10) Bean, M. M., Elliston-Hoops, E. A. and Nishita, K. D.: *Cereal Chem.*, **60**, 445~449 (1983)
- 11) 金 信珠, 脇田美佳, 畑江敬子, 島田淳子：家政誌, **41**, 29~33 (1990)
- 12) He, H. and Hosney, R. C.: *Cereal Chem.*, **68**, 334~336 (1991)
- 13) 白木まさ子, 貝沼やす子：家政誌, **32**, 192~198 (1981)
- 14) 樋口誠子：秋田大学教育学部研究紀要自然科学, **30**, 71~80 (1980)
- 15) 樋口誠子：秋田大学教育学部研究紀要自然科学, **31**, 95~104 (1981)
- 16) 長沼誠子：秋田大学教育学部研究紀要自然科学, **45**, 39~47 (1993)
- 17) Juliano, B. O.: *Cereal Sci. Today*, **16**, 334 (1971)
- 18) 中村道徳, 貝沼圭二：澱粉・関連糖質実験法, 学会出版センター, 41 (1986)
- 19) 日科技連官能検査委員会：新版官能検査ハンドブック, 日科技連, 356 (1973)
- 20) 吉井洋一, 乙部和紀, 杉山純一, 有坂将美, 菊池佑二：日食工誌, **40**, 236~243 (1993)
- 21) 矢沢悦子, 島田淳子, 桑島みどり, 荒井綜一：日食工誌, **31**, 146~152 (1984)
- 22) 田島 真, 堀野俊郎, 孫 鍾緑：日食工誌, **39**, 857~861 (1992)
- 23) 坂本 薫, 丸山悦子：澱粉科学, **37**, 29~34 (1990)
- 24) 高野博幸, 小柳 妙, 田中康夫：日食工誌, **27**, 522~528 (1980)
- 25) 高橋幸資：熱測定, **14**, 33~36 (1987)
- 26) 中沢文子：*New Food Industry*, **29**, 75~87 (1987)
- 27) 斉藤昭二：澱粉科学, **27**, 295~313 (1980)