

小麦粉焼成品の材料配合と糊化状態が 吸湿後のテクスチャー変化に及ぼす影響

和田 淑子, 霜田 有花*, 肥後 温子

(関東学院女子短期大学, * 関学サービス)

原稿受付平成 10 年 3 月 14 日; 原稿受理平成 10 年 9 月 21 日

Effect of Material Content and Starch Gelatinization in Baked Wheat Flour Products on Textural Properties after Moisture Absorption

Yoshiko WADA, Yuka SHIMODA* and Atsuko HIGO

Kanto Gakuin Women's Junior College, Kanazawa-ku, Yokohama 236-8503

** Kangaku Service, Kanazawa-ku, Yokohama 236-8503*

The effect of moisture absorption on the textural properties of baked wheat flour products was studied for eighteen kinds of baked products incorporating different quantities of ingredient: *i.e.* 100 g of wheat flour, 0-100 g of butter and 0-60 g of water.

The baked products became either harder or softer after moisture absorption: the samples with low butter and high water contents became harder, while the samples with high butter and low water contents became softer. Changes in texture began at around R.H. 56.5 %, and the textural characteristics of the test samples could be classified into two groups within R.H. 68-88%; one group became softer and the other became harder.

A positive correlation was obtained between the textural properties (*i.e.*, maximum force and cutting energy) after moisture absorption and the starch gelatinization characteristics of swelling capacity and amylose solubility. It is suggested that starch-gel formation was one of the most important factors to strengthen the tissue.

(Received March 14, 1998; Accepted in revised form September 21, 1998)

Keywords: wheat flour product 小麦粉製品, moisture absorption 吸湿, textural property テクスチャー特性, starch gelatinization 糊化, moisture sorption isotherm 等温収着曲線.

1. 緒 言

吸湿によって菓子・乾物類のテクスチャーが変化する現象はよく知られているが、この現象を詳細に取り上げた研究報告は少ない。乾燥肉、りんご、穀粒¹⁾、シュガースナッククッキー²⁾、ポテトチップ、クラッカー³⁾など一部の食品では測定がなされているものの、成分組成の異なる系を用いて吸湿によるテクスチャー変化を系統的に測定し、その変化要因まで検討した報告は見当たらない。著者らは、市販の焼菓子 20 種類について種々の湿度環境下に保存したところ、相対湿度 68% 付近において大半の試料のテクスチャーが大きく変化し、軟化傾向を示すものと硬化傾向を示すものとに分かれることを前報⁴⁾で報告した。

本研究では小麦粉焼成品の吸湿時のテクスチャー変

化が何に起因するかを知る目的で、バターおよび水分の配合割合が異なるモデル小麦粉生地を焼成し、材料配合と糊化状態の違いが吸湿後のテクスチャーにどのように影響するかを検討した。その結果、材料配合によりテクスチャー挙動に違いがみられ、特に、糊化状態が吸湿後のテクスチャー変化に関与することが示唆されたので報告する。

2. 試料および実験方法

(1) 小麦粉焼成品の調製

生地材料には小麦粉 (ニューハート・日本製粉)、無塩バター (雪印乳業製)、白砂糖 (三井製糖製) を用いた。生地の配合割合は小麦粉 (F と略記) 100 g に対して、バター (B) 0~100 g、水 (W) 0~60 g、

砂糖 (S) 30 g とし (以下, F 100 g に対する B および W の配合量 (g) を示す), 小麦粉焼成品は B 50, 30 および 10 の各々につき W を 5 段階に変化させたもの, W 30 とし B を変えたものの合計 18 種類とした. 試料調製はバターと砂糖をケーキ生地攪拌機 (ケーキマスター, ナショナル MK-710) で白くなるまで攪拌し, 小麦粉を加えて 1 分, 更に水を入れて 1 分間混合後, $0.5 \times 3 \times 4$ cm に成形して 180°C で 15 分間焼成し, さらに $130 \sim 140^{\circ}\text{C}$ の恒温器中で乾燥した.

(2) 試料の吸湿保存

前報⁴⁾と同様に, 30°C の大型恒温器内に設置した調湿用デシケータ (内径 18 cm) に焼成試料を入れ, 各湿度下で 2 週間吸湿させた. 調湿に用いたデシケータの相対湿度 (塩類) は, 7.6 (NaOH), 11.3 (LiCl), 22.0 (CH_3COOK), 32.5 (MgCl_2), 43.0 (K_2CO_3), 56.5 (NaBr), 68.0 (KI), 80.0 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$], 88.0 ($\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa}$), 97.0% (K_2SO_4) の 10 段階である⁵⁾.

(3) テクスチャー測定

前報⁴⁾と同様にレオロメーターマックス RX-1600 (アイテクノ製) を用い, 先端部 12×1 mm の金属製くさび型プランジャー, 切断速度 20 cm/min, クリアランス 3 mm とした. 各試料について 10 個以上の測定を 2 回繰り返す, 常法によりテクスチャー曲線の立ち上がりから初期弾性率, ピークの最高値から最大応力, 総面積から切断エネルギーを算出した.

(4) 等温収着曲線

吸湿後の試料を粉碎して精秤し, 前報と同様⁴⁾に 135°C 3 時間乾燥によって試料の吸着水分量および等温収着曲線を求めた.

(5) 糊化度の測定

クロロホルム・メタノール (2:1) で脱脂粉体とした後, 糊化度を測定する肥後らの変法⁶⁾を用いた. 83 メッシュ以下の脱脂粉体 2 g に温湯を加えて $40 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 恒温槽中で 2 時間振とう膨潤させ, 1,900 g で 20 分間遠心分離した後, 上清液の 660 nm ヨード呈色値よりアミロース溶出率, 沈殿重量より以下の式に従って膨潤度を求めた.

$$\text{膨潤度} = \frac{\text{沈殿重量 (g)}}{[\text{脱脂粉体重量 (g)} - \text{脱脂粉体中の可溶成分量 (g)}]}$$

* 生地に添加した砂糖量, 小麦粉の無機塩類量および上清液の吸光度より求めた溶出でんぷん量 (g) の合計値.

(6) 電子顕微鏡観察

試料中心部を縦にカミソリで切断して薄片とし, ジ

エチルエーテルとアセトンで脱脂した後, 一昼夜デシケータに放置し, Au-pb で蒸着したものについて断面を走査型電子顕微鏡 (日立 S-510 型) で観察した.

(7) 冷蔵によるテクスチャー変化

30°C の恒温器中において各湿度で吸湿保存した試料の一部 (B 30, W 12.5~50) を, さらに $5 \sim 7^{\circ}\text{C}$ (冷蔵庫内) で 1 週間冷蔵保存した後, (3) と同様にテクスチャー測定を行い, 特性値 (最大応力, 切断エネルギー) を求めた.

(8) X 線回折

フィリップス製 X 線回折装置 PW 1729/00 型を用い, ターゲット Cu, X 線強度 40 kV, 20 mA, 発散スリット 1° , 受光スリット 0.2 mm, 走査速度 $0.5^{\circ}/\text{min}$, チャート速度 5 mm/min, 時定数 5 秒で測定した.

3. 結果および考察

(1) 吸湿による焼成品のテクスチャー変化

配合割合の異なる小麦粉焼成品の吸湿後のテクスチャー変化を Fig. 1 に示した. 調湿保存条件は 10 段階としたが, 湿度 (以下, R.H. と示す) 7.6~43.0% のテクスチャー変化が小さいことから, R.H. 7.6, 11.3% のテクスチャー曲線は省略し, 22.0~97.0% を図示した. 吸湿によるテクスチャー変化について, 以下の①~③が明らかとなった.

① 材料配合の影響: バター添加量が多いものほど軟らかくてもろく, バター添加量が同一の場合には, 加水量が多いものほど硬くて強靱なテクスチャーを呈した.

② 湿度の影響: R.H. 43% 以下ではテクスチャー変化が全体的に小さく, R.H. 56.5% 付近から変化し始め, R.H. 68~88% で吸湿前と全く異なる各試料特有のテクスチャー曲線へと変わる. 高湿度になると, 試料のもろく破断しやすい性質や, 硬いが割れやすい先端の尖ったテクスチャー曲線は消失し, 丸みを帯びた曲線が多くなった.

③ テクスチャー特性の強化: 材料配合によるテクスチャーの違いは吸湿によって助長され, 吸湿前に軟らかい試料は吸湿によってより一層軟化し, 硬い試料は吸湿により硬化した. 小麦粉生地中におけるバター含量の減少と水分添加量の増加は, いずれの場合も吸湿後のテクスチャーを強固にし, 高湿度領域において軟化傾向が強い試料と硬化傾向が強い試料とに分かれた.

小麦粉焼成品の吸湿後のテクスチャーを材料配合に

小麦粉焼成品の材料配合と糊化状態が吸湿後のテクスチャー変化に及ぼす影響

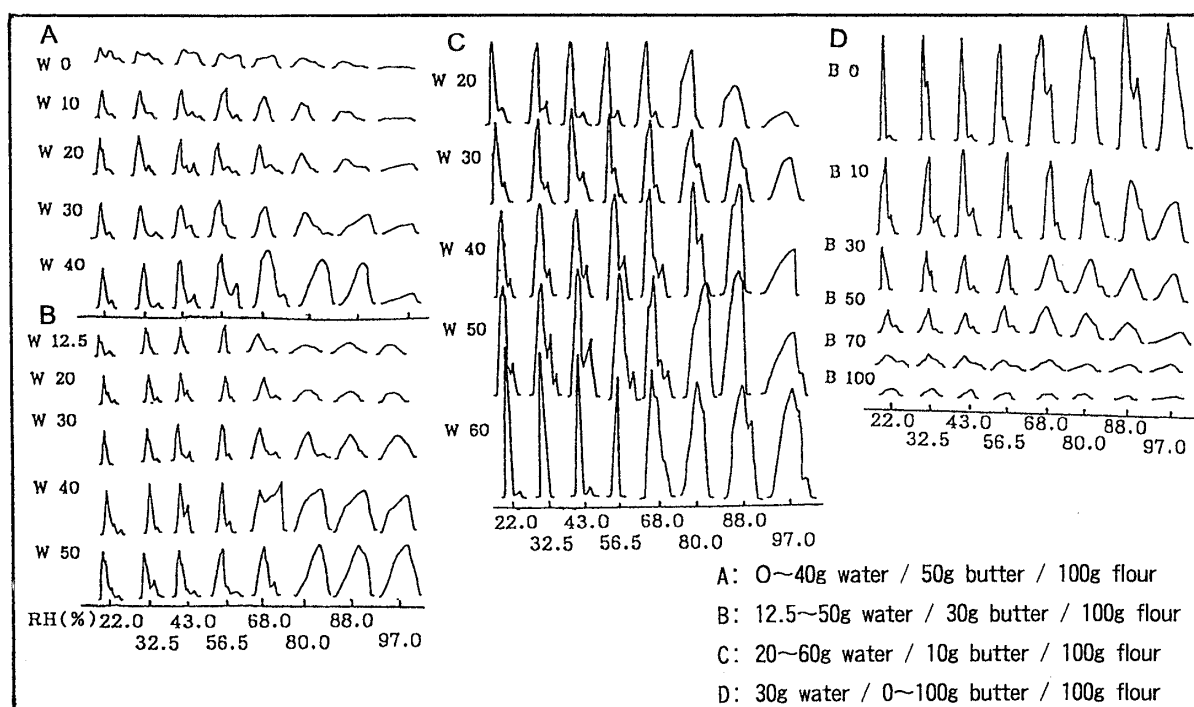


Fig. 1. Typical load-time curves for the baked products of wheat flour with various butter and water contents after storage at various R.H. values

よって分類すると、以下の①~③となる。

① 明らかに軟化傾向を示すもの (B 50・W 0, B 50・W 10, B 50・W 20, B 30・W 12.5, B 30・W 20, B 100・W 30, B 70・W 30) は、生地中のバター含量が19~43%と多く、水分含量が12.3~25.7%と少ない。これは、市販菓子を用いた前報⁴⁾の吸湿実験で市販のビスケット、クッキーが明らかに軟化した結果と類似している。

② 明らかに硬化傾向を示すもの (B 0・W 30, B 10・W 60, B 10・W 50, B 10・W 40, B 30・W 50, B 30・W 40, B 50・W 40) は、バター含量が0~28%と少なく、水分含量が7.5~37.8%と多い⁷⁾。これは、市販の小麦煎餅、乾パンが硬化した結果と類似している⁴⁾。

③ R.H. の増大により一時期硬化するが、吸湿度が増すと軟化に転じるもの (B 50・W 30, B 30・W 30, B 10・W 20, B 10・W 30) は、バター含量が7.1~28%, 水分含量が22.2~26.8%であり、①と②の中間的性質を持つ。

市販の小麦粉菓子を用いた吸湿試験においても、吸湿後のテクスチャーと焼成時の成分組成との間に今回の実験と共通する点がみられて興味深い。

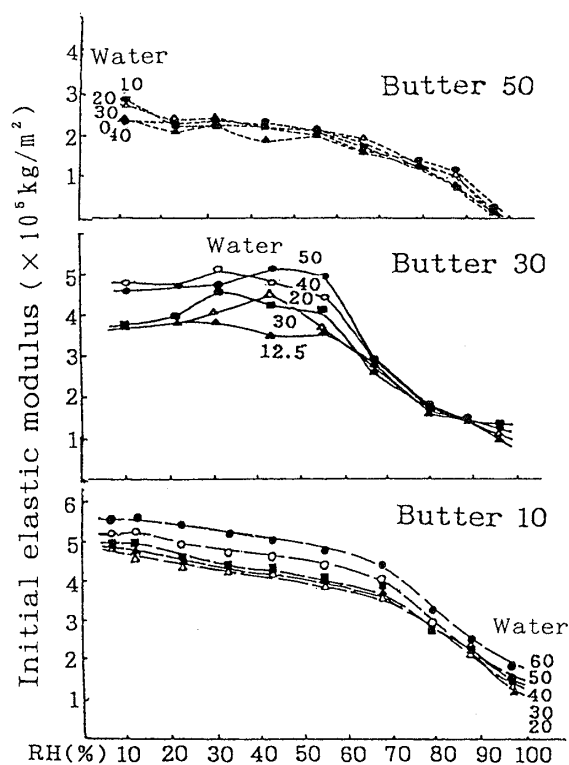


Fig. 2-1. Initial elastic modulus characteristics for the baked products of wheat flour with various ingredients after storage

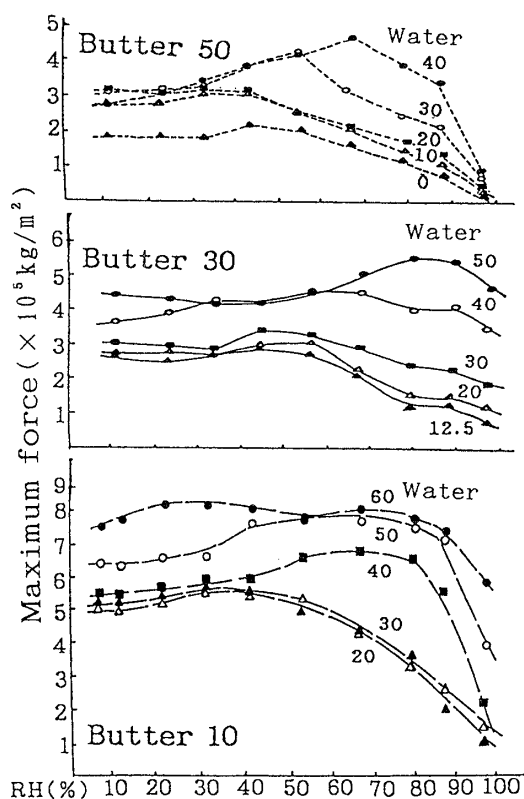


Fig. 2-2. Maximum force characteristics for the baked products of wheat flour with various ingredients after storage

(2) 吸湿によるテクスチャー特性値の変化

1) 材料配合と保存湿度がテクスチャー特性値に及ぼす影響

切断時の測定曲線から初期弾性率、最大応力および切断エネルギーを算出し、材料配合と吸湿後のテクスチャー特性値との関係を検討した。

① 初期弾性率：Fig. 2-1 に示したように、R.H. 43% 以下における初期弾性率 ($\times 10^5 \text{ kg/m}^2$) は、B 50・W 0~40 で $1.9 \sim 2.9 \pm (0.2 \sim 0.3)$ 、B 30・W 12.5~50 で $3.4 \sim 5.2 \pm (0.3 \sim 0.4)$ 、B 10・W 20~60 で $4.1 \sim 5.8 \pm (0.3 \sim 0.8)$ となり、バターが少なくなると値が大となる。高湿度でもバター添加量の影響があり、例えば、湿度 80% における初期弾性率 ($\times 10^5 \text{ kg/m}^2$) が B 50・W 0~40 で $1.3 \sim 1.4 \pm (0.1 \sim 0.2)$ 、B 30・W 12.5~50 で $1.4 \sim 1.7 \pm (0.1 \sim 0.2)$ 、B 10・W 20~60 で $2.8 \sim 3.3 \pm (0.1 \sim 0.4)$ と全体に値が低下するものの、バターが少なくなると軟化しにくくなり、加水量が増した場合にもわずかに値が大となる傾向がみられた。

② 最大応力：Fig. 2-2 に示したように、R.H. 43% 以

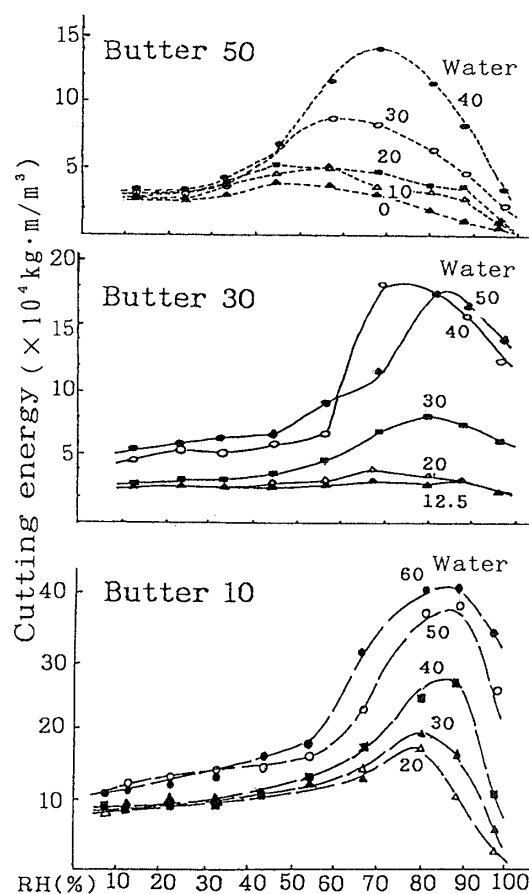


Fig. 2-3. Cutting energy characteristics for the baked products of wheat flour with various ingredients after storage

下の低湿度における最大応力 ($\times 10^5 \text{ kg/m}^2$) は、B 50・W 0~40 で $2.0 \sim 3.7 \pm (0.1 \sim 0.4)$ 、B 30・W 12.5~50 で $2.6 \sim 4.6 \pm (0.1 \sim 0.4)$ 、B 10・W 0~60 で $4.9 \sim 8.6 \pm (1 \sim 2)$ となり、バター含量が多いほど、また加水量が少ないほど小さくなる傾向が認められた。なお、R.H. 50% 以下の広い湿度範囲で比較的安定であった最大応力は R.H. 56.5% 付近から大きく変化し、R.H. 80% 付近において材料配合、特に加水量による影響が最大となり、硬い試料はより硬化し、軟らかい試料はより軟化した。

③ 切断エネルギー：Fig. 2-3 に示したように、R.H. 7.6~32.5% における切断エネルギー ($\times 10^4 \text{ kg·m/m}^3$) は B 50・W 0~40 で $2.4 \sim 4.5 \pm (0.1 \sim 0.2)$ 、B 30・W 12.5~50 では $2.3 \sim 6.1 \pm (0.1 \sim 0.3)$ 、B 10・W 20~60 では $8.6 \sim 13 \pm (0.5 \sim 1.2)$ となり、バター添加量によって大きく異なった。

Fig. 2-2, 2-3 で明らかなように、最大応力、切断エネルギー値が最大となる湿度領域は、B 50 では R.H.

小麦粉焼成品の材料配合と糊化状態が吸湿後のテクスチャー変化に及ぼす影響

Table 1. Textural properties and starch gelatinization characteristics for the backed products of wheat flour with various butter and water contents after 2 weeks of storage at R.H. 80%

Ingredient (g)			Hardness		Gelatinization	
Flour (F)	Butter (B)	Water (W)	Maximum force ($\times 10^5 \text{ kg/m}^2$)	Cutting energy ($\times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m/m}^3$)	Amylose solubility 660 nm	Swelling capacity
100	50	0	1.3 $\pm$ 0.1	1.8 $\pm$ 0.2	0.19	2.0
		10	1.5 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.4	0.23	2.2
		20	1.8 $\pm$ 0.4	3.9 $\pm$ 0.7	0.28	2.4
		30	2.7 $\pm$ 0.7	7.1 $\pm$ 1.9	0.58	2.7
		40	4.0 $\pm$ 1.3	11.2 $\pm$ 3.9	0.87	3.2
	30	12.5	1.2 $\pm$ 0.1	2.4 $\pm$ 0.2	0.36	2.8
		20	1.5 $\pm$ 0.2	3.0 $\pm$ 0.4	0.41	2.8
		30	2.6 $\pm$ 0.5	8.0 $\pm$ 1.5	0.65	2.9
		40	4.1 $\pm$ 1.1	18.2 $\pm$ 5.0	0.91	3.3
		50	5.6 $\pm$ 1.8	18.4 $\pm$ 6.0	1.12	3.7
	10	20	7.9 $\pm$ 0.7	18.4 $\pm$ 1.6	0.48	2.9
		30	6.1 $\pm$ 0.9	18.7 $\pm$ 2.3	0.78	3.0
		40	11.2 $\pm$ 2.1	28.6 $\pm$ 5.5	1.20	4.2
		50	15.3 $\pm$ 4.1	40.8 $\pm$ 9.4	1.56	4.9
		60	16.3 $\pm$ 3.9	37.7 $\pm$ 8.8	1.80	5.2

43～68%, W 30 では R.H. 68～80%, B 10 では R.H. 80～88%と高湿度域側に移行し, R.H. 56%付近より軟化が開始するものと, 97%になって軟化するものがあり, バターが多く加水量が少ないものが前者に, バターが少なく加水量が多いものが後者になる傾向がみられた。

Table 1 にバターと水の添加量が異なる試料の R.H. 80%における最大応力と切断エネルギー値を示した。表のとおり, バターが減少すると両特性値とも増大して硬くなり, また, B 50, 30, 10 のいずれの場合も加水量の影響が大きく, 特に加水量の多いものでは切断エネルギーが数倍に増加するなど, W の違いにより軟化傾向を示すものと硬化傾向を示すものに分かれた。

④ バター添加量の影響: 加水量を一定 (W 30) とし, バター添加量を変えた試料 (B 0～100) の吸湿後のテクスチャー特性値を比較したところ (Fig. 2-4 参照), 各特性値ともにバター添加量の少ないものは多いものに比べて数倍から十数倍となった。今回は, 吸湿による軟化や硬化の傾向が比較的小さい W 30 の場合についてのみ実験を行ったが, W を変化させ, その上で B を変化させれば吸湿後の変化がさらに広範囲に及ぶものと考えられる。

(3) 等温収着曲線と吸着水分量

R.H. 7.6～97%における各試料の吸湿後の水分量を測定し, 代表的な収着曲線を Fig. 3 に示した。図の左側は B 30・W 12.5～50, 右側は W 30・B 0～100 の収着曲線である。W が多い試料ほど吸湿後の水分量が多くなり (左図), B が少ない試料ほど吸湿後の水分量は多くなった (右図)。また, B が多く W が少ない試料ほど, 低湿度における収着水分量が少なく, R.H. 70%前後から急増する典型的な S 字状カーブを示すなど, 吸着水分量の増加と吸湿後のテクスチャー変化との間には密接な関係があると考えられたが, この点については今後検討したい。

(4) 糊化状態がテクスチャーに与える影響

テクスチャー変化に及ぼすでんぷんの糊化状態および糊状溶出物量の影響を検討した。

1) 電子顕微鏡による組織観察

焼成品の内部組織の電子顕微鏡写真を Fig. 4 に示した。B が多く W が少ない軟化傾向のある試料 (B 50・W 0 および B 100・W 30) は, でんぷん粒が粒形を留めて残存しており, 一方, B が少なく W が多い硬化傾向のある試料 (B 0・W 30 および B 30・W 50) は, でんぷん粒がほとんど消失して糊状溶出物で覆われ, 組織間をつなぐ糊状溶出物の充填補強効果によって,

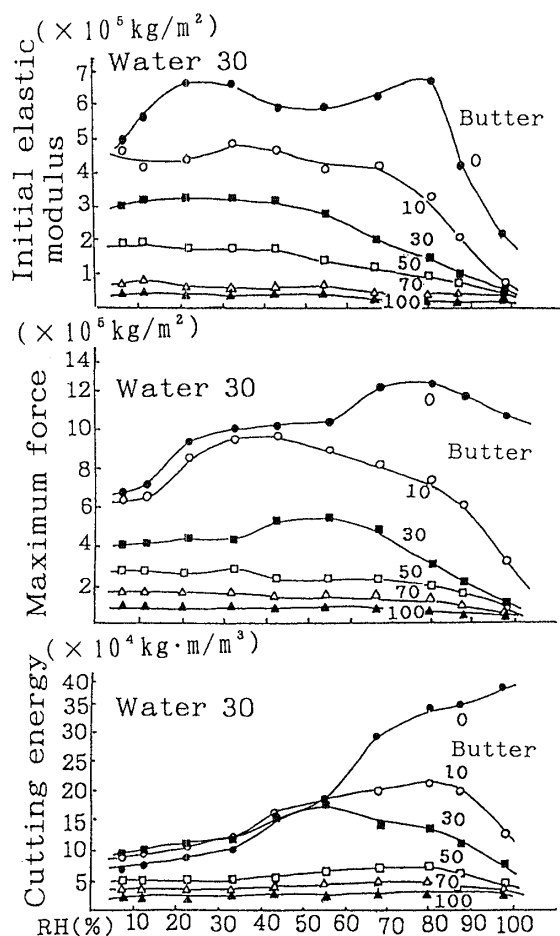


Fig. 2-4. Textural property characteristics for the baked products of wheat flour with various butter contents after storage

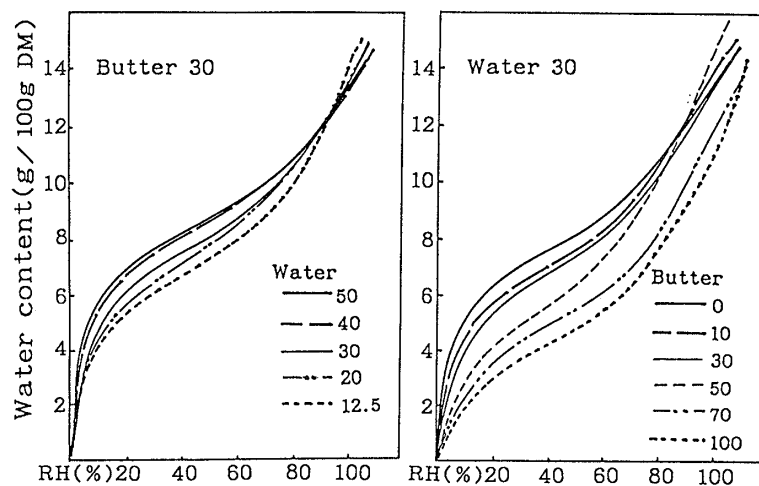


Fig. 3. Typical moisture sorption isotherms for the baked products of wheat flour with different contents of water (left) and butter (right) and after storage

The samples contained 100 g of wheat flour, 30 g of butter and 12.5–50 g of water (left), and 100 g of wheat flour, 30 g of water and 0–100 g of butter (right).

強靱で硬い組織へと変化していると推察された。なお、後者の場合にはグルテン網も形成されやすいと考えられるが、この点については確認できなかった。

2) 糊状溶出物の測定と補強効果

脱脂粉体試料のアミロース溶出率と膨潤度の測定値を脱脂前の試料当りに換算した値を Table 1 に示した。R.H. 68, 80, 88% における試料のテクスチャー特性値と前述の糊化度との関連性を求めたところ (Fig. 5 参照), 相関係数は 0.785~0.849 と高く, 両測定値間に相関性が認められた。クッキーにおけるショートネス性の食感発現にでんぷんの糊化が関与しているという報告⁸⁾⁹⁾があるが, 糊状物質の接着充填効果が吸湿後により顕著に発揮されることが明らかとなった。

(5) 老化でんぷんの影響

糊化度が高い試料ほど吸湿による硬化傾向が高いことから, 吸湿保存中にでんぷんの老化が進行することで硬化するのではないかと考え, その点を以下の 2 つの方法で検討した。

1) 冷蔵によるテクスチャー変化

吸湿後の試料を 5~7℃ で 1 週間延長保存したときの硬さの変化を Fig. 6 に示した。加水量の多い試料 (W 40, 50) は, R.H. 80% 以上で最大応力, 切断エネルギーが冷蔵前の 1.2 倍以上に増加したが, 低湿度では冷蔵保存による硬化は認められなかった。吸湿後の試料の含水率が 4~15% と低値で, かつ保存温度 30℃

小麦粉焼成品の材料配合と糊化状態が吸湿後のテクスチャー変化に及ぼす影響

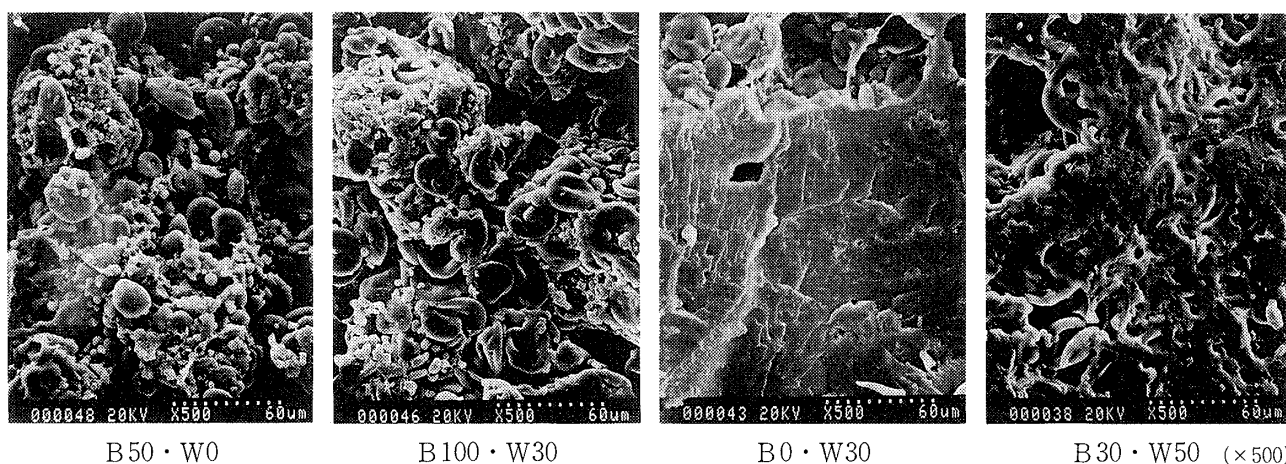


Fig. 4. Scanning electron micrographs of the tissue structure for the baked products of wheat flour with different butter and water contents after storage

Numerical values indicate the contents of butter (B) and water (W), respectively.

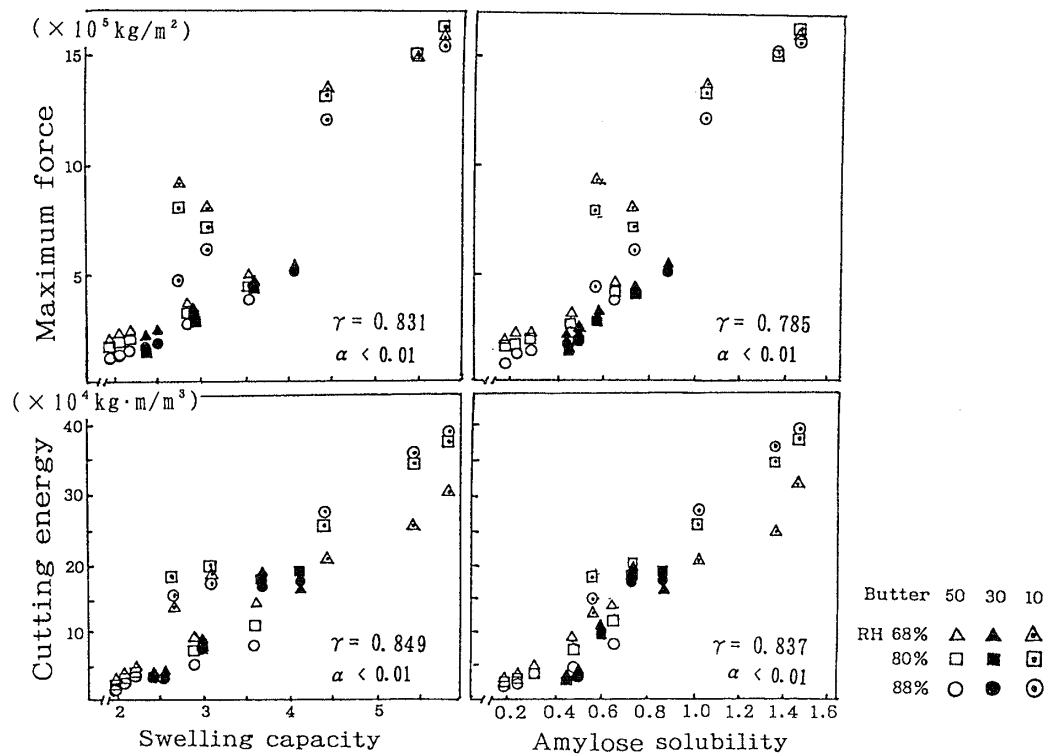


Fig. 5. Correlation between the textural properties and degree of starch gelatinization for the baked products of wheat flour after storage at R.H. 68, 80 and 88%

の老化しにくい条件であること、前述したとおり R.H. 80% 以下でも吸湿によりすでに硬くなる傾向が認められること、クッキー貯蔵中にでんぷんの老化はみられないとの報告¹⁰⁾¹¹⁾もあることから、吸湿した糊化でんぷんが硬化を助長しているものの、老化の影響は小さいと考えられる。

2) X線回折

R.H. 80%の吸湿試料についてX線回折を調べた。Fig. 7に示したように、軟化傾向のあるB50・W0とB30・W10の両試料には未糊化でんぷんにみられる多結晶構造が残り、一方、硬化傾向のあるB10・W50とB30・W50にはd4.53 ÅをピークとするV図形

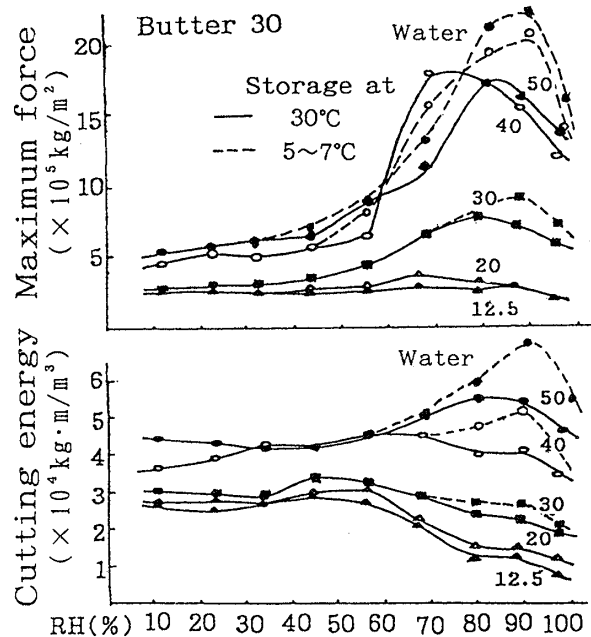


Fig. 6. Textural property characteristics for the baked products of wheat flour after storage at various R.H. values at 30°C during 2 weeks, and at 5-7°C during one more week

がみられた。小麦でんぶんの老化によるX線回折図はV図形の上にB図形が重なった形で現れることが報告されているが¹²⁾、今回の実験では、いずれの試料にも老化のピークは認められなかった。貯蔵中の硬化と結晶化とは無関係との報告もあり¹³⁾、硬化試料の方は未糊化でんぶんが消失して糊化が進んでいるが、老化の影響は少ないことが改めて示唆された。

以上、小麦粉生地焼成後のテクスチャー特性を変化させる要因について検討を行ったところ、吸湿によって軟化するものは糊化不十分な試料、吸湿によって硬化するものはでんぶん溶出物の多い糊化した試料と考えられ、糊状成分が吸湿後に焼成生地をより強靱に補強していることが推察された。しかし、吸湿後の水の存在状態、グルテン網とテクスチャーとの関係など不明な点も多いので、引き続き検討を行いたいと考えている。

4. 要 約

材料配合と糊化状態の異なる18種類の小麦粉焼成品(小麦粉100g, 砂糖30g, バター0~100g, 水0~60g)を湿度7.6~97.0%に保存後、吸湿によるテクスチャー変化を調べ、変化要因を検討した。

(1) バター添加量が少なく、加水量が多い試料は吸湿前から硬く、逆にバター添加量が多く、加水量が少

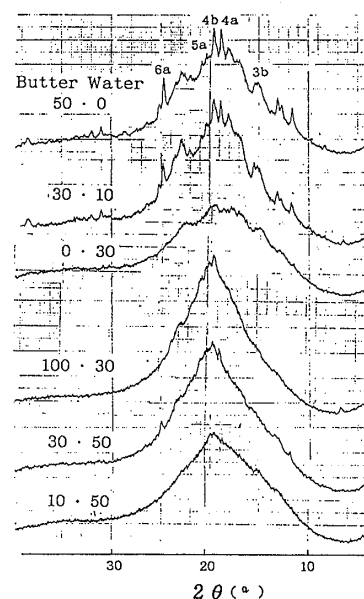


Fig. 7. X-ray diffraction patterns for the baked products of wheat flour with different degree of starch gelatinization after storage at R.H. 80%

ない試料は吸湿前から軟らかい傾向があったが、吸湿後に試料間の硬さの差は拡大し、硬化あるいは軟化傾向が助長された。

(2) テクスチャー変動はRH 56.5%付近から始まり、68~88%では吸湿前と全く異なる破断特性値を呈し、吸湿により軟化するものと硬化するものに分かれた。

(3) 吸湿により硬化する試料ほど、焼成後の膨潤度、アミロース溶出率が大となり、最大応力、切断エネルギーと膨潤度、アミロース溶出率との間にきわめて高い正の相関関係がみられた。糊状溶出物が吸湿試料の組織を強化していると推察される。

(4) 吸湿曲線に試料間の差が認められたので、収着水分量および水の存在状態の違いが物性に影響を与えていることが示唆された。

終わりに、電顕撮影にご協力いただきました甲南女子大学短期大学部教授倉賀野妙子氏にお礼申し上げます。

引 用 文 献

- 1) Rockland, L. B., and Beuchat, L. R.: *Water Activity, Theory and Application to Food*, Marcel Dekker, New York and Basel, U.S.A., 75-99 (1987)
- 2) Zabik, M. E., Fierke, S. G., and Bristol, D. K.: Humidity

小麦粉焼成品の材料配合と糊化状態が吸湿後のテクスチャー変化に及ぼす影響

- Effects on Textural Characteristics of Sugar-Snap Cookies, *Cereal Chem.*, **56**, 29-33 (1979)
- 3) Seymour, S. K., and Hamann, D. D.: Crispness and Crunchiness of Selected Low Moisture Foods, *J. Texture Stud.*, **19**, 79-94 (1988)
 - 4) 和田淑子, 霜田有花, 肥後温子: 低水分食品の吸湿によるテクスチャー変化, 家政誌, **48**, 597-606 (1997)
 - 5) 野口 駿: 『食品と水の科学』, 幸書房, 東京, 179 (1995)
 - 6) 肥後温子, 野口 駿, 中沢文子, 島崎通夫: マイクロ波加熱による食品の硬化現象について (第8報), 家政誌, **34**, 83-88 (1983)
 - 7) 渡辺長男, 鈴木繁男, 岩尾裕之, 小原哲二郎 (編): 『製菓事典』, 朝倉書店, 東京, 329 (1994)
 - 8) Wada, Y., Kuragano, T., and Kimura, H.: Effect of Starch Characteristics on the Physical Properties of Cookies, *Nihon Kasei Gakkaishi (J. Home Econ. Jpn.)*, **42**, 711-717 (1991)
 - 9) Morris, V. J.: Starch Gelation and Retrogradation, *Trends Food Sci. Technol.*, **1** (1), 2-6 (1990)
 - 10) Kulp, K., Olewink, M., and Lorenz, K.: Starch Functionality in Cookie System, *Starch*, **43** (2), 53-57 (1991)
 - 11) 檜作 進: 澱粉の糊化と老化, 食品工業, 83-88 (2下-1969)
 - 12) 鈴木繁男, 中村道徳 (編): 『澱粉科学ハンドブック』, 朝倉書店, 東京, 561 (1979)
 - 13) 三好恵美子, 糸野恵子, 大久保昌子, 高橋雅江, 中浜信子: X線回折およびレオロジー測定による澱粉ゲルの老化過程の比較検討, 澱粉科学, **39**, 253-360 (1992)