

小麦粉成分がシュー生地均質化と膨化に及ぼす影響

Effects of Components of Wheat Flour on the Homogenization and Expansion of Cream Puff Paste

大喜多祥子* 山田光江* 遠藤金次**
(Sachiko Ohkita) (Mitsue Yamada) (Kinji Endo)

Effects of the components of wheat flour for cream puff paste, such as prime-starch, tailing-starch and gluten were examined on the dispersibility and viscoelasticity of the paste and on the expanded volume of baked cream puff.

1) The paste became homogeneous easily or hardly depending on the flour ingredients. The dispersion of paste was accelerated with tailing-starch and gluten, but inhibited with prime-starch.

2) The more homogeneously the paste dispersed, the smaller the viscosity of paste became. And the smaller the viscosity of paste was, the larger the volume of baked cream puff became.

3) The stress relaxation curves, observed on gels prepared by cooked cream puff paste at 90°C for 30 min., could be explained well by three Maxwell models. The more homogeneously the paste dispersed, the smaller the relaxation time τ_1 of the first Maxwell models was. And the elastic modulus E_1 had the optimum level for the large volume of baked cream puff.

キーワード：シュー cream puff；膨化 expansion；均質化 homogenization；小麦粉 wheat flour；流動特性 rheological properties

緒 言

筆者らは、シュー生地の調製における卵液混入時の攪拌操作の重要性を取り上げ、攪拌による気泡の取り込みがシューの膨化要因であること¹⁻⁵⁾を報告した。さらに、生地の均質化の程度も膨化体積と関係があり³⁾、気泡が多量に存在しても、不均質な生地では膨化体積は小さい⁵⁾ことを示した。また、シュー生地においては、材料および配合割合の相違⁶⁻¹⁵⁾、第一加熱の程度^{16,17)}や卵液混入方法¹⁸⁾が生地の均質化の程度や粘性に影響することが指摘されている。しかし、均質化は攪拌操作に伴って進行するにもかかわらず、生地の均質化の程度を攪拌程度と関係づけて検討した報告は

乏しく、生地の物性と膨化との関係も明らかではない。

ところで、浜田ら¹⁴⁾は、小麦粉の分画成分中にシュー生地の分散を助け膨化を促進する成分があることを明らかにしている。そこで、本研究では、小麦粉の分画成分を用いてシュー生地を調製し、卵液混入の際の攪拌強度と生地の均質化との関係、ならびに、生地の均質化と膨化との関係をとらえ、小麦粉の分画成分がシュー生地の膨化に果たす役割を推論するとともに、均質化による生地の流動特性の変動とシュー生地の膨化との関係を検討した。

実験方法

1. 材料とその配合

1) 使用材料

材料のバターは雪印乳業北海道バター、卵は市販の新鮮卵、小麦粉は日清製粉薄力粉バイオレットを用いた。

* 大谷女子短期大学

(Ohtani Women's Junior College)

** 聖母学院短期大学

(Seibo Jogakuin Women's Junior College)

小麦粉成分がシュー生地の均質化と膨化に及ぼす影響

2) 小麦粉の分画方法

遠藤ら¹⁹⁾の方法に準じて、小麦粉 500g に水 285g を加え、パン用ミキサー (KENMIX, 717 型) で低速 10 分間のミキシングを行い、得られたドウを布袋 (晒し木綿地) に入れ、1,300ml の水に 30 分間浸漬後、水中で揉み洗いしてグルテンを取り分けた。洗浄水 (澱粉乳) を、88 メッシュのふるいで再度濾別し残渣グルテンを除去した後、遠心分離 (4,000 rpm, 20 分間) した。この沈殿画分の下層部 (白色) をプライムスターチとし上層部 (薄い黄褐色) に水 750ml を加え再度残渣グルテンを濾別した後、上記と同一条件で遠心分離して得られた沈殿をテーリングスターチとした。グルテンは水を取り替えて澱粉を洗い流した後凍結乾燥し、プライムスターチ、テーリングスターチは 35°C で 24 時間風乾し、3 者とも粉碎して 100 メッシュのふるいを通した。小麦粉、プライムスターチ、テーリングスターチ、グルテンの、赤外線水分計で測定した水分含量は、各々 14.2%, 13.7%, 12.9%, 8.4% であった。なお、本方法で採取したプライムスターチとテーリングスターチの重量比は 85:15 であった。

また、このようにして得られたグルテン²⁰⁾ には、脂質 5~10%, 糖質 5~15% および少量の無機質が含まれ、スターチの性状¹⁹⁾ は、プライムスターチに比べてテーリングスターチの方が粗蛋白質、灰分共に多いとされている。

3) 材料粉およびその配合

材料粉として小麦粉 (以後 F)、プライムスターチ (P)、テーリングスターチ (T)、プライムスターチとグルテンの混合 (PG) の 4 種類を用いた。生地調製にあたっての使用重量は、F の場合を 5g、その他の粉の場合は無水固形物換算重量が F と同重量 (5g × 0.858 = 4.3g) となる量とした。なお、PG の澱粉とグルテンの混合比は、用いた小麦粉の成分表示の糖質対蛋白質の比率 (77:7) に揃えた。

2. 生地の調製および焙焼

1) 第一加熱

生地調製の際の第一加熱は、バター 5g、水 10g を直

径 92mm のほうろろ製鍋に入れ 600W の電熱器で 2.5 分間加熱し、沸騰したところへ所定量の材料粉を投入し、木杓子で毎秒 3 回攪拌しながら 30 秒間加熱した。でき上がった糊状ペーストを放冷して 65°C に達した時点で、加水して重量を 17.0g に揃えた。

2) 卵液の混入攪拌

糊状ペーストに 5°C の卵液 10g を添加し、35°C において、木杓子およびホモジナイザー (日本精機, AM-1, 1,500rpm) を用いて、表 1 に示すように強度の異なる 13 段階の条件で攪拌しシュー生地进行を調製した。なお、攪拌中の生地温度は 35°C に統一するために、必要に応じて鍋およびガラスコップを加温あるいは冷却した。

3) 生地の比重の測定、保管および焙焼方法

攪拌を終了した生地の比重の測定、保管、焙焼方法は既報³⁾ に準じた。ただし、1 個当たり 7.5g に絞り出した生地 2 個を、15 分間焙焼した。

3. 生地の均質化の程度の測定

卵液混入時の攪拌に伴う生地の均質化の程度の比較には、大倉ら¹⁵⁾ の方法に準じて材料のバターに予めスタン III を 0.1% 溶解させて赤橙色に着色したのを用いた。均質化の程度を観察する生地 0.05g を 2 枚のスライドガラスに挟んで直径 25mm の円形に押しひろげ (厚さ約 0.1mm)、デンストメーター (島津 2 波長クロマトスキャナ, CS-930) を用い、使用波長は着色したバターの色に最大吸収を示した 500nm、光束は 0.5 × 5mm とし、走査巾は 0.05mm で試料の中央部分の 5 × 16mm の範囲をリニヤ走査し、透過による吸光度の走査図形を均質化の程度の判定資料とした。

なお、上記の走査図形は、各材料粉の生地の 13 段階の攪拌段階について、各々 4 個ずつ求めた。

4. 生地の流動特性の測定

生地の流動特性はコーンプレート型回転粘度計²¹⁾ (東京計器 EHD 型) で測定した。ローターはコーン角 3 度、直径 28mm のものを用いた。生地は攪拌終了直後に、先端部を切り落とした注射器で 0.5ml ずつ採取し、粘度計の試料容器に注入するまで 20°C の恒温器に

表 1. 卵液混入時の攪拌段階の呼称と攪拌方法

攪拌段階		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
攪拌方法	木杓子攪拌時間 (分) (3 回/秒)	0.5	1	1.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	ホモジナイザー 攪拌時間 (分) (1,500rpm.)	0	0	0	0.25	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8

保管した。測定温度は生地を攪拌終了時の温度である35°Cに設定し、試料容器に注入後2分間放置した。ずり速度を1, 2, 5, 10, 20, 40 sec⁻¹の6段階まで上昇させ続けて下降させた際の、ずり応力の変化から流動履歴曲線を求めた。各ずり速度でのローター回転時間は1分間とした。

5. 生地を熱凝固ゲルの粘弾性の測定

シュー生地は、オープン内で焙焼により膨れる時点では卵蛋白質の熱凝固によりゲル化していると考えられる。そこで、このゲルの物性を推察するために、森ら¹³⁾の方法に準じて、生地を加熱凝固して得られたゲルの応力緩和測定を行った。ゲルは、生地約25gを内径20mmの塩化ビニリデンチューブに充填し、両端を縛って90°Cの恒温水槽中に30分間浸漬することで調製し、25°Cで30分間冷却後、高さ14.5mmの円柱形に切断して測定試料とした。測定はクリープメーター(山電製レオナー RE-3305)で行い、測定中の温度を保持するために付属の恒温チャンバー(25°Cの水を循環)を設置した。試料は高さ14.25mm~14.75mmの範囲のものを、同一条件につき5個ずつ用いた。歪は線形範囲内の0.17とし、480秒間の応力緩和曲線を求め、得られた応力緩和曲線よりマックスウェル型の粘弾性定数²²⁾を算出した。

6. 焙焼シューの観察

各条件の生地を焙焼して得られた4~6個ずつのシューについて、既報⁹⁾の方法で、底径、高さ、体積を測定し内部の空洞状態を記録した。また、シューの組織状態は既報⁹⁾の方法に準じて実体顕微鏡(オリンパス SZ 6045-TRPT)で観察した。

結果および考察

1. 生地を均質化の程度と膨化

1) 各材料粉の攪拌段階と均質化の程度との関係

F生地、P生地、T生地およびPG生地を調製する過程の各種攪拌段階で、生地を均質化の程度を調べた。

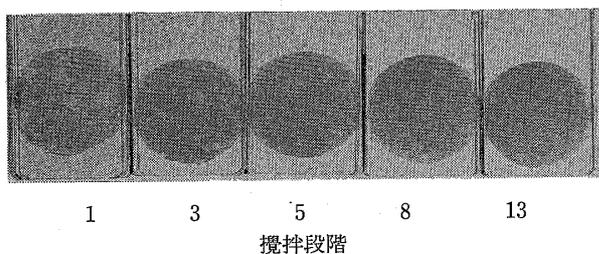


図1. 卵液混入時の攪拌段階と、吸光度走査プレパラート(小麦粉使用生地の場合)
攪拌段階: 表1参照

図1は、攪拌段階1, 3, 5, 8および13(表1参照)のF生地を吸光度走査用プレパラートの写真であり、ここに例示したプレパラートの吸光度走査図形は攪拌段階別に図2上段に示した通りであった。攪拌段階が進むにつれて、着色したバターのかたまりや着色していない澱粉糊のかたまりが細かく分布するようになるが、これら両図から明らかのように、この均質化の進行に対応して吸光度走査図形は、全体的に吸光度が小さく変動が大きい(F生地攪拌段階1に相当、均質化の程度A)、全体的に吸光度がやや大きく変動が大きい(F生地攪拌段階3に相当、均質化の程度B)、全体的に吸光度が大きい中に比較的幅の広い吸光度のギャップがいくつか存在する(F生地攪拌段階5に相当、均質化の程度C)、全体的に吸光度が大きく変動が少ない(F生地攪拌段階8に相当、均質化の程度D)と変化した。

図2の下段には、F生地と同一攪拌段階におけるP生地、T生地およびPG生地の走査図形を示した。この図から、4種の生地を均質化のし易さには差異があることがわかる。生地の種類による均質化のし易さの違いを明らかにするために、各生地について均質化の程度がA, B, C, Dの4段階に達するのに必要な攪拌回数を求めたところ表2を得た。この表から、T生地は攪拌回数が少なくても容易にD段階に到達するのに、P生地は攪拌回数が極めて多い場合によくD段階に到達すること、グルテンは均質化を促進すること、T生地はグルテンが存在しなくても、小麦粉そのものより均質化し易いことなどが明らかである。テーリングスターチに均質化を促進する作用のあることは浜田ら¹⁴⁾がすでに指摘している通りであり、その理由は、テーリング画分に含まれる脂質の界面活性¹⁴⁾に加え、澱粉粒子直径が、プライムスターチは3~40 μmであるのに対しテーリングスターチは1~10 μmと小さい²³⁾ことによるものと考えられる。また、今回の第一加熱終了時の糊状ペーストの温度は、90~95°Cであり、このような高温ではシュー生地中のグルテンは活性を失い切れ切れの状態になっている¹⁷⁾と報告されている。従って、グルテンが均質化を促進したのは、その網目構造を作る能力に基づくものでないことは確かであるが、本グルテン画分の成分分析を行っていないので、本実験からはグルテンの均質化促進の機構は不明であり、今後の検討に待ちたい。

2) 攪拌段階および均質化の程度と焼き上がり体積との関係

前項の各種攪拌段階の生地を測定すると共に、これらの生地7.5gを焙焼したときの膨化体積を

小麦粉成分がシュー生地均質化と膨化に及ぼす影響

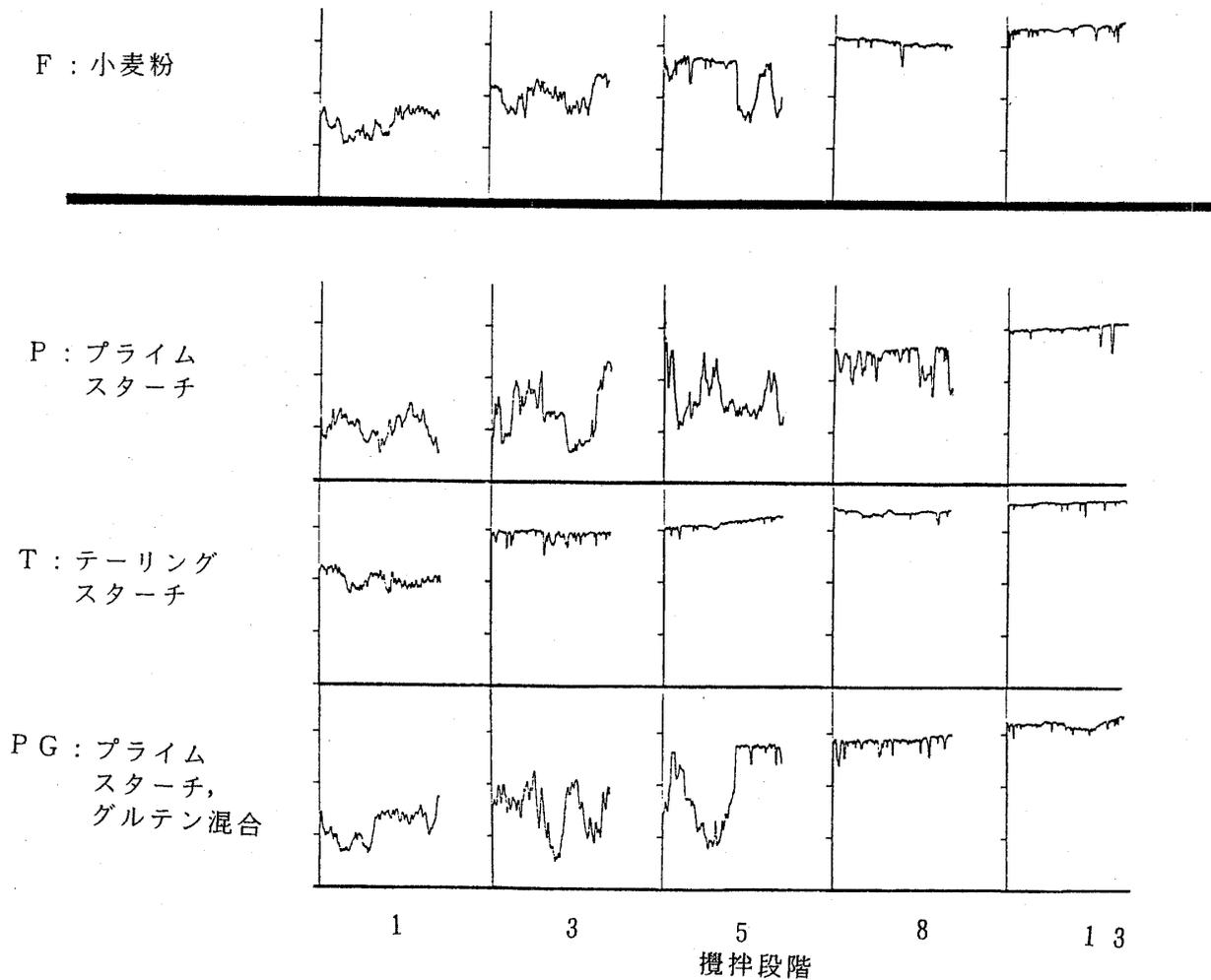


図2. 材料粉別、卵液混入時の攪拌段階と生地吸光度走査図形
攪拌段階：表1参照，縦軸：吸光度，横軸：走査距離

表2. 生地均質化の程度と攪拌回数 (回*)

粉	均質化の程度			
	A	B	C	D
F	90	270	930	4,680
P	180	930	6,180	12,180
T	72	180	555	1,680
PG	112	555	1,680	6,180

F：小麦粉，P：プライムスターチ，T：テーリングスターチ，PG：プライムスターチとグルテンの混合，均質化の程度A：不均質，B：やや均質，C：均質，D：非常に均質，*：木杓子およびホモジナイザーによる攪拌回数の合計数

調べ、図3に、攪拌回数との関係を図示した。図3上段に示したように、ある段階までは、攪拌回数が増すにつれて生地比重は減少する、すなわち生地にお

ける気泡の取り込みは進むが、攪拌回数が増えすぎると反って比重が増大する（気泡が散逸する）ことが明らかになった。一方、生地焙焼後の膨化体積は、図3の下段に示すように、生地均質化の程度がB～Cに達するまでは、攪拌回数が増すにつれて急増するが、さらに攪拌を継続しても膨化体積はそれ以上あまり増大しない傾向が認められた。

この傾向をさらに確認するため、生地均質化の程度と膨化体積との関係を図示すると図4の通りとなり、極めて不均質な場合（均質化の程度A）は材料粉の種類によって膨化体積がやや異なったが、均質化の程度B以上になると、材料粉の種類にかかわらず、膨化体積は生地均質化の程度に大きく依存することが明らかである。なお、分散分析により均質化の程度および材料粉の種類が膨化体積に及ぼす影響を検定したところ、均質化の程度による差は認められた（危険率

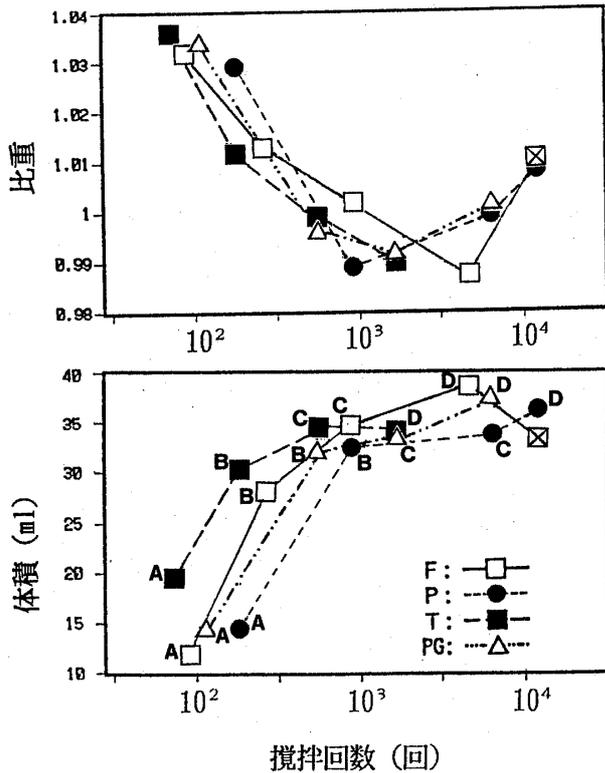


図3. 材料粉別, 卵液混入時の攪拌回数と生地比重および焼き上がり製品の体積
F, P, T, PG, A, B, C, D, 攪拌回数: 表2参照
⊠: 小麦粉生地の均質化の程度 E (D以上に均質)

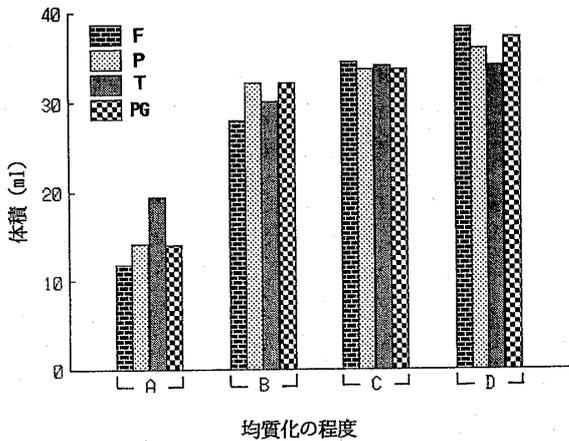


図4. 材料粉別, 生地の均質化の程度と焼き上がり製品の体積
F, P, T, PGおよび均質化の程度 A, B, C, D: 表2参照

1%で有意)が, 材料粉の種類の間では膨化体積に有意差は認められなかった。また, 実物写真は省略したが, いずれの材料粉の場合にも生地の均質化の程度が同等であれば, 焼き上がったシューの外観に大差はなく空

洞の状態も似通っていた。以上の結果は, シュー生地では材料粉にかかわらず澱粉や油脂が均質に分散すれば空洞状膨化は起こることを示すものと考えられた。

3) 生地の均質化と製品の組織状態

小麦粉生地の場合について, 焼き上がったシューの上部の組織の実体顕微鏡写真を図5に示した。不均質な生地(A)と非常に均質な生地(D)を比較すると, ①の縦断面は, 不均質な生地の場合(A①)では膜が伸びていないが, 均質な生地の場合(D①)では組織が薄い層状に伸びて空洞(写真下部)を包んでいる状態が見られた。②の表面は, A②では小穴が多く大きな亀裂が見られたが, D②では滑らかであった。③の表面内側(表面の下0.7mmの横断面)は, A③では組織が粗く不揃いであるが, D③では緻密で輪郭の明瞭な蜂の巣状になっていた。図は省略したが, 他の材料粉の場合も均質生地と不均質生地の間で, 図5と同様の差異が観察された。これらの観察結果は, 均質生地においては糸が連続して水蒸気を包み込み易い組織ができることを示すものと考えられる。

なお, 攪拌回数の多少により生じた, 均質生地と不均質生地の製品に見られるこのような組織状態の差異は, 既報⁹⁾(固体脂を使用した生地の, 卵液混入攪拌時の温度の相違によって生じた均質生地と不均質生地の比較)の結果と一致し, 生地の均質化と膨化性との関係を裏付けるものであった。

2. 生地の流動特性と膨化

好ましいシュー生地は木杓子で攪拌するとき特有の抵抗と曳糸性を示すため, 生地の流動特性について検討した研究もいくつかある^{11,12,14,16,24)}。しかし, それらは相対的比較にとどまり, 生地の流動特性と焙焼時の膨化体積との関係についての有効な知見は乏しい。そこで, コンプレート型回転粘度計を用い, 前項で取り上げた成分組成や均質化の程度異なるシュー生地について, 流動履歴曲線および降伏応力を求め, それらの特性と膨化体積との関係を検討した。

1) シュー生地の流動特性

F生地の均質化の程度A, CおよびDの場合の流動履歴曲線を図6に例示した(均質化の程度BはCと似通っていたので省略)。いずれの場合も, ずり速度上昇曲線の方が下降曲線よりもずり応力が高く, ヒステリシスループが認められた。本粘度測定にあたっては各ずり速度で定常値が得られることを確認しており, ずり速度の上昇とともに生地の構造が破壊され, 測定時間内ではその構造が回復しないというチキソトロピー的挙動を示すことが確認された。また, 不均質な生地

小麦粉成分がシュー生地均質化と膨化に及ぼす影響

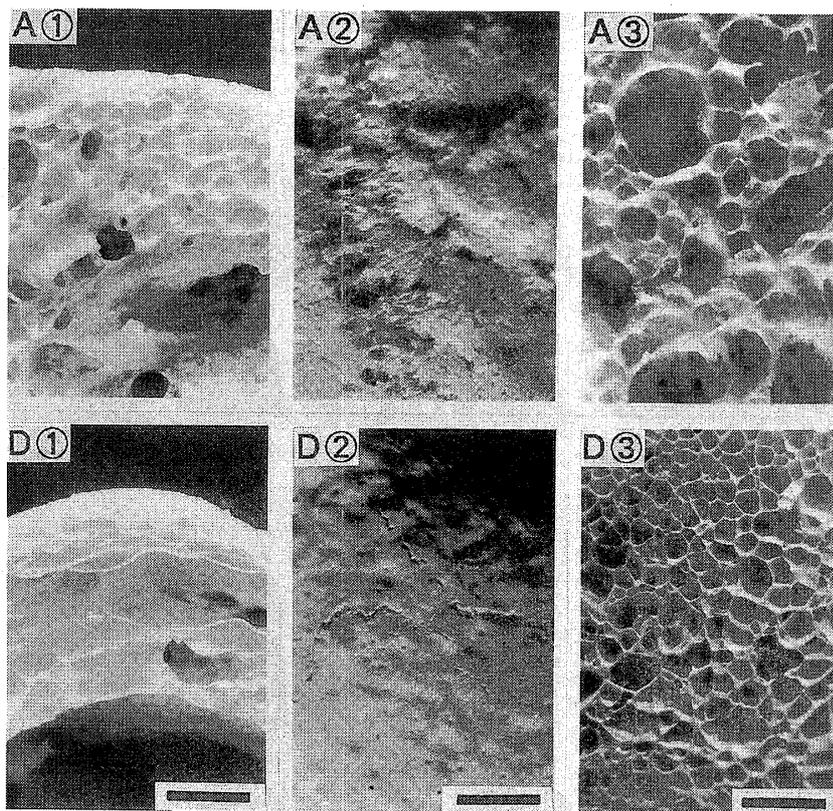


図5. 生地均質化の程度と焼き上がり製品の組織状態 (小麦粉生地の場合)
 A: 均質化の程度 A (不均質) 生地
 D: 均質化の程度 D (非常に均質) 生地
 ①: 上部の縦断面
 ②: 上部の表面
 ③: ②の0.7mm下の横断面
 図中 \blacksquare : 1 mm

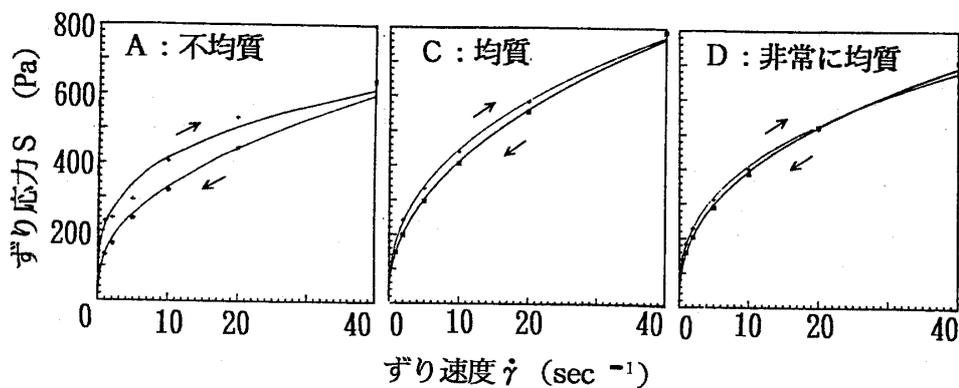


図6. 生地均質化の程度と流動履歴曲線 (小麦粉生地の場合)
 \nearrow : ずり速度増加の場合
 \swarrow : ずり速度減少の場合
 測定温度: 35°C

表 3. 材料粉別, 生地均質化の程度と見掛けの粘性率および降伏応力

粉	均質化の程度	見掛けの粘性率 ^(#1) (Pa·s)	降伏応力 ^(#2) (Pa)
F	A	192±47	172
	B	189±34	163
	C	172±19	136
	D	182±24	153
P	A	218±61	214
	B	226±65	198
	C	177±7	159
	D	177±11	165
T	A	275±23	267
	B	199±8	167
	C	185±3	161
	D	181±2	157
PG	A	214±32	193
	B	161±30	128
	C	135±9	106
	D	162±15	135

測定温度: 35°C

(#1): 流動方程式 $S=K\dot{\gamma}^n$ から求めた K (粘稠性係数)

(#2): Casson の式により算出

F, P, T, PG および均質化の程度 A, B, C, D: 表 2 参照

ほど, ずり速度上昇曲線と下降曲線とのずり応力の差, すなわち流動履歴曲線の面積が大きくなり, ずり変形による構造破壊が著しくなるので, 見掛けのチキソトロピー特性は均質化の程度の指標となり得ると考えられる。

ずり応力 (S) とずり速度 ($\dot{\gamma}$) とは, 両対数グラフ上で直線関係を示した。従って, 本実験におけるシュー生地には流動方程式 $S=K\dot{\gamma}^n$ の適用が可能²¹⁾であった。そこで, 各種生地の上昇曲線について算出した粘稠性係数 K を以後見掛けの粘性率と表示し, 表 3 に粉の種類別に均質化の程度の順に示した。見掛けの粘性率は, いずれの生地においても不均質な場合には大きい傾向が認められ, これは, 分散せずに生地中に混在する澱粉糊の塊が充填剤²⁵⁾として働き, 生地全体の流動を抑える作用をしたためと考えられる。均質なシュー生地の見掛けの粘性率はおよそ 150~200 Pa·s (パスカル秒) の範囲であった。なお, 流動方程式の n は流動性指数である。n には均質化の程度との間に一定の傾向は認められなかったが, 0.25~0.40 であり, いずれもニュートン流動の n=1 よりも小さく, ずり速度が増加すると見掛けの粘性率が減少する「ずり速

度流動化流動」であることを示していた。

次に, ずり速度別のずり応力測定結果から, Casson の式²⁶⁾を用いて各生地均質化の降伏応力を算出し, その値を表 3 右列に併記した。均質化の程度と降伏応力の関係をみると, いずれの生地においても均質化の程度が A, B, C と高まるほど降伏応力は小さくなり, より小さい外力で流動する傾向が認められた。なお, 十分に均質化した D 段階では降伏応力が急減することではなく, 特にグルテンを含む生地である F 生地および PG 生地では降伏応力はかなり大きくなった。このことは, 蛋白質を含む生地の物性については特に攪拌過剰という観点から検討する必要があることを示唆するものと考えられた。

また, 表 3 と焼き上がったシューの体積 (図 4) を照合すると, いずれの粉の場合も, 生地の見掛けの粘性率および降伏応力が小さくなると, 焼き上がったシューの体積が大きくなる傾向があった。このことは, 均質な生地ほど体積が大きかったこと (図 4) の一因は, 均質化に伴って生地の流動性が増し変形し易くなったためであることを示すと考えられる。

3. 生地均質化の程度と熱凝固ゲルの物性

シュー生地の流動特性と焼き上がり体積との関係は上述の通りであるが, 焙焼時には卵蛋白質が熱凝固するので, 上述の流動特性は膨化時の生地のもと同じではない。しかし, 膨化時の生地の物性を直接測定することは技術的に困難である。そこで, 膨化時の生地の物性を推論する 1 つの試みとして, 生地を加熱してゲル化させたものについて, 室温でその応力緩和測定を行った。なお, 生地均質化との関係を検討するために, 小麦粉生地の場合の均質化の程度 A, B, C, D および D をさらに分散させた場合 (表 1 の攪拌強度 13 の場合, 均質化の程度 E とする) を取り上げた。

シュー生地の熱凝固ゲルの応力緩和曲線は 3 組のマックスウェル模型を並列に組み合わせた 6 要素模型として近似的に表すことができ, 各ゲルの粘弾性定数は表 4 の通りであった。ただし, これらのゲルは緩和時間が非常に長く, 1 番目の模型の緩和が系全体の緩和挙動を支配すると考えられた。そこで, 1 番目の模型を系全体の粘弾性の指標とみなして検討した。表より, 1 番目の模型の弾性率および粘性率は, 均質化の程度が高まるほど小さくなったが, 均質化の程度がさらに高まると再び増大した。しかし, 緩和時間は均質化の程度が高まるほど小さくなった。つまり, 生地均質化に伴いゲルの弾性および粘性が変動することが明らかであり, 結果的に, 生地が均質になるほどゲルは液

小麦粉成分がシュー生地の均質化と膨化に及ぼす影響

表4. シュー生地の熱凝固ゲルの粘弾性定数 (小麦粉生地の場合)

均質化 の程度	E_1 ($\times 10^4$ Pa)	η_1 ($\times 10^7$ Pa·s)	τ_1 (秒)	E_2 ($\times 10^4$ Pa)	η_2 ($\times 10^5$ Pa·s)	τ_2 (秒)	E_3 ($\times 10^4$ Pa)	η_3 ($\times 10^4$ Pa·s)	τ_3 (秒)
A	2.44±0.23	5.36±1.73	2,223±738	0.48±0.10	2.73±0.89	56.3±14.6	1.80±0.16	8.3±1.6	4.6±0.8
B	2.32±0.12	4.27±0.94	1,852±444	0.54±0.07	2.05±0.26	38.2± 4.5	1.63±0.14	7.6±1.3	4.6±0.6
C	1.95±0.16	3.45±0.63	1,774±352	0.40±0.08	1.65±0.34	41.9± 3.4	1.42±0.19	7.3±1.5	5.1±0.7
D	2.09±0.32	3.39±0.52	1,643±268	0.39±0.12	1.55±0.29	41.8± 9.1	1.52±0.16	8.1±1.4	5.4±0.9
E	2.33±0.04	3.61±0.50	1,546±200	0.38±0.08	1.70±0.36	46.8±10.1	1.71±0.17	9.3±3.0	5.3±1.3

E_1, η_1, τ_1 : 1番目のマックスウェル模型の弾性率, 粘性率, 緩和時間

E_2, η_2, τ_2 : 2番目のマックスウェル模型の弾性率, 粘性率, 緩和時間

E_3, η_3, τ_3 : 3番目のマックスウェル模型の弾性率, 粘性率, 緩和時間

均質化の程度 A: 不均質, B: やや均質, C: 均質, D: 非常に均質, E: D以上に均質

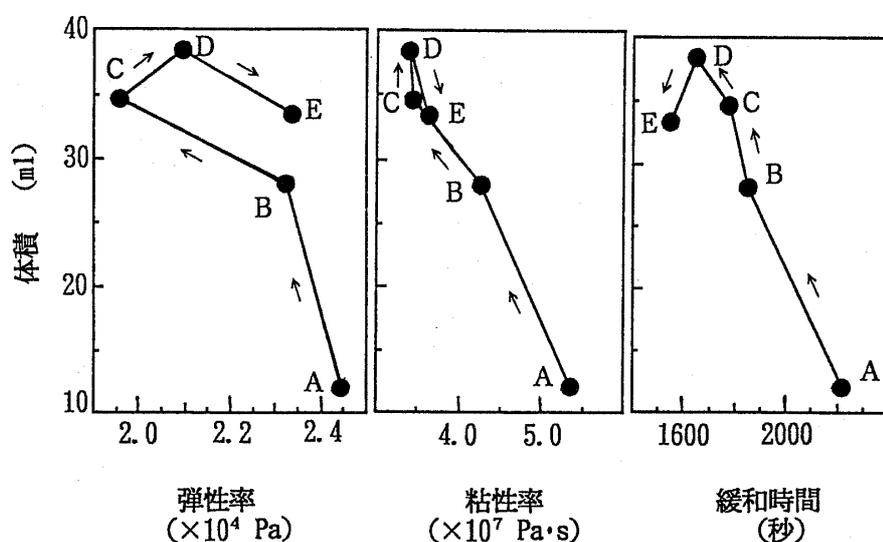


図7. シュー生地の熱凝固ゲルの粘弾性定数と焼き上がり製品の体積 (小麦粉生地の場合)

A, B, C, D, E: 表4参照

体的になり流動変形し易くなる (すなわち緩和し易くなる) と考えられた。

生地の均質化に伴う上記のようなゲルの物性の変動とその生地を焙焼膨化させた際の体積との関係を見るために、ゲルの弾性率, 粘性率および緩和時間の各々と焼き上がったシューの体積との関係を図7に示した。ゲルの粘性率は小さいほど体積は大きい関係が見られた。弾性率および緩和時間もある範囲までは小さい方が膨化体積は大きい傾向であったが、これらは、限度を越えて小さくなりすぎると反って膨化体積が小さくなる現象がみられた。つまり粘性は小さいほうがゲルは流動し易いので膨化は促進され、一方、弾性率および緩和時間には至適の値があると考えられた。今回の結果からは、非常に均質な場合 (D段階) のように、粘性率が小さくなり、弾性率が 2.1×10^4 Pa 程度であると膨化の良いシューが得られると考えられる。

なお、均質化の程度Eの生地は、Dより比重がやや大きいこと (図3上段参照) から、過剰な均質化によって生地密度が高まったためゲルの弾性率がかなり大きくなったと推察される。また、小麦粉生地は均質化の程度が高い場合には生地の降伏応力 (表3) が著しく増したことから、Eの生地は弾性要素が強くなっていることが推察され、このようなことも膨化が抑制された一因であると考えられた。

以上、今回の検討によりシューの膨化は生地の均質化の程度に大きく依存し、小麦粉成分中のテーリングスターチおよびグルテンは生地の均質化を促進させることが明らかになった。また、生地の均質化の程度が高まるとともに生地は流動し易くなり、そのことがシューの膨化を促進することが明らかになった。ただし、過度の均質化によって膨化は抑制された。なお、生地の材料粉や油脂がさらに異なった場合は、生地が均質

であってもその物性は多様に異なると推察され、生地材料の組成と生地の物性との関係については検討の余地が示唆されたものと考えられる。

要 約

小麦粉成分の再構成粉を用いてシュー生地を調製し、生地の均質化の程度、生地の流動特性、および生地の熱凝固ゲルの物性と膨化との関係を検討した。その結果、

- 1) 卵液を混入攪拌する際の生地の均質化のし易さは、材料粉によって明らかに異なり、小麦粉成分の中ではテーリングスターチおよびグルテンが均質化を促進する役割を果たし、プライムスターチは均質化を抑制した。
- 2) シューの膨化は、生地の攪拌強度より均質化の程度に依存し、十分に均質化した場合に膨化が大であった。
- 3) 十分に均質化した生地は、焼き上がったシューに薄い層状の連続した組織が形成されていた。
- 4) 均質化の程度が高まることにより生地の見掛けの粘性率および降伏応力は小さくなる傾向がみられた。
- 5) 膨化度の良いシュー生地には至適の弾性率が存在することが示唆された。

本研究にあたり、レオロジーの立場からの検討について御教示を賜りました奈良女子大学生生活環境学部助教授勝田啓子先生に厚くお礼申し上げます。

本研究の概要は、日本調理科学会近畿支部第21回研究発表会(平成6年7月9日、於大阪市立大学)にて口演発表したことを付記します。

文 献

- 1) 大喜多祥子, 山田光江: 調理科学, **24**, 209 (1991)
- 2) 大喜多祥子, 山田光江: 調理科学, **24**, 291 (1991)
- 3) 大喜多祥子, 山田光江, 遠藤金次: 日食工誌, **40**, 370 (1993)
- 4) 大喜多祥子, 山田光江, 遠藤金次: 日食工誌, **40**, 641 (1993)
- 5) 大喜多祥子, 山田光江, 遠藤金次: 家政誌, **46**, 549 (1995)
- 6) 竹林やゑ子: 立川短大論集, **13**, 33 (1965)
- 7) 小林道子, 竹林やゑ子: 家政誌, **19**, 269 (1968)
- 8) 黒沢祝子: 同志社女子大学術研究年報, **23**, 474 (1972)
- 9) 黒沢祝子: 同志社女子大学術研究年報, **24**, 344 (1973)
- 10) 森 悦子: 光華女子短大紀要, **24**, 11 (1986)
- 11) 木寺博子, 小貫裕巳子: 十文字学園女子短大紀要, **19**, 41 (1987)
- 12) 米田泰子, 高橋典子: ノートルダム女子大研究紀要, **17**, 31 (1987)
- 13) 森 悦子, 遠藤金次: 家政誌, **39**, 659 (1988)
- 14) 浜田陽子, 橋場浩子, 松元文子: 調理科学, **22**, 68 (1989)
- 15) 大倉聖子, 大羽和子: 中国短大紀要, **24**, 9 (1993)
- 16) 松元文子, 阿部ナホエ: 家政誌, **13**, 240 (1962)
- 17) 高橋美保, 上部光子, 中村美晴, 千葉時子, 下村道子: 大妻女子大家政学部紀要, **23**, 19 (1987)
- 18) 木咲 弘, 黒沢祝子, 中原直子: 同志社家政, **27**, 40 (1994)
- 19) 遠藤 繁, 荻部園子, 岡田憲三, 長尾精一: 日食工誌, **35**, 813 (1988)
- 20) 河野友美, 沢野 勉, 杉田浩一編: 調理科学事典, p. 156 (1975) 医歯薬出版
- 21) 赤羽ひろ, 中濱信子: 調理科学, **22**, 247 (1989)
- 22) 赤羽ひろ, 中濱信子: 調理科学, **21**, 245 (1988)
- 23) 倉賀野妙子, 和田淑子: 家政誌, **44**, 355 (1993)
- 24) 小川美江子, 佐竹京子, 三宅いづみ: 瑞穂短大紀要, **1**, 1 (1984)
- 25) 日本食品工業学会編: 新版・食品工業総合事典, p. 608 (1993) 光琳
- 26) 松本幸雄訳: 食品レオロジー入門, p. 104 (1977) 医歯薬出版

(平成7年6月12日受理)