技術報告

焼麩（白玉麩）の比容積におよぼすグルテンと
合わせ粉の配合の影響†

村瀬 誠*・水谷哲也**・杉本勝之*

Effect of Gluten to Flour Ratio on the Specific Volume of "Yakifu"

(Basic Studies on the Production of "Yakifu" Part IV)

Makoto MURASE*, Tetsuya MIZUTANI** and Masayuki SUGIMOTO*

* Food Research Institute, Aichi Prefectural Government, 2-1-1, Shimpukuji-cho,
Nishi-ku, Nagoya-shi, Aichi 451** Minokiyuh Co, Ltd., 24-1, aza-Hongoumae, Togari, Hagiwara-cho,
Ichinomiya-shi, Aichi 491-03

Effects of gluten (G) to flour (F) ratios of gluten-dough on the specific volumes and honey-comb structure of "Yakifu" were studied. Among the G/F ratios studied, 500/300 gave the biggest specific volume. When wheat starch (S) was submitted for flour, the biggest specific volume was attained at G/S ratio of 450/350, although the value was much smaller. At G/F ratio of 600/200 or 550/250, only insufficient gluten-dough could be formed, suggesting the ratio of flour was too small to form uniform structure. When defrosted gluten was baked, it gave vacant structure with glassnized membrane. This implied the important role of starch in forming honey-comb structure of expanded products. Therefore, gluten-dough needs ① to be formed well, ② to contain optimum amount of protein, ③ to contain optimum amount of starch and ④ to involve optimum amount of water.

(Received Feb. 15, 1996, Accepted Sep. 19, 1996)

焼麩の品質は比容積や組織構造の均一性などで評価される。特に比容積は、同一条件で焼成した場合には配合、原材料の品質、グルテンドウの調製方法あるいは前処理などの影響を受けることが経験的に知られている。これらのうち原材料についてみると、小麦粉から分離したグルテンと合わせ粉（小麦粉、強力二等粉あるいは三等粉）と微量の膨張剤が主体である¹⁾。一方、市販の焼麩の比容積と成分の関係について分析した結果²⁾、比容積が大きい焼麩ほどタンパク質含量が高い傾向が認められた。市販品の配合や製造方法などは明らかではないが焼麩の膨化に関してはタンパク質の寄与が大きいことを示して

いる。タンパク質含量はグルテンと合わせ粉の比率に依存しているので、現場では製品の種類や比容積の大小を考慮しながら、合わせ粉を選定し、配合を決めているものと推測される。しかし、合わせ粉の品質や配合と焼麩の比容積との関係について科学的な説明はほとんどされていない。従って、製造現場においては経験と勘に基づいた対応をしているのが実情である。そこで、本報ではグルテンドウの配合と比容積との関係について、自由に膨化させた白玉麩をモデルとして、東海地方で行われている製造方法に準じて検討した。

† 焼麩の製造に関する基礎的研究（第4報）

* 愛知県食品工業技術センター（〒451 愛知県名古屋市区西新福寺町2-1-1）

** 現在、(株)美ノ久（〒491-03 愛知県一宮市萩原町戸荻字本郷前24の1）

実験材料と方法

1. 実験材料

冷凍グルテン ((株)横尾商店製, 水分 68.4%, タンパク質 24.6%, 灰分 0.23%), 強力小麦粉 (セントラル製粉 (株)製, 無漂白, 水分 13.6%, タンパク質 13.7%, 灰分 0.56%, これを本報では合わせ粉と称する) を使用した。粉末グルテンおよび小麦でん粉は (株)グリコ栄養食品製の活性グルテン (A グル G, 水分 11.3%, タンパク質 70.9%, 灰分 0.36%) および食品用でん粉 (マルカマ印, 水分 12.2%, タンパク質 0.1%, 灰分 0.03%) を使用した。

2. グルテンドウの調製

前報^{3,4)}に準じ、地引機と呼ばれる練り機 (1 枚羽, 回転数 200 rpm) で、均質な粘質物となるまで混練を行った。なお、1 試験で調製するグルテンドウの量は、820 g とした。調製したグルテンドウは乾燥を防ぐためにポリエチレン製の袋に封入し、また熟成の進行を抑制するために焼成するまで冷蔵庫に保管した。

(1) グルテン (G) と合わせ粉 (F) の割合が異なるグルテンドウの調製

G/F=800/0, 700/100, 600/200, 550/250, 500/300, 450/350, 400/400, 350/450 及び 300/500 とし、水 20 ml を加えてグルテンドウを調製した。

(2) 小麦粉の代わりに小麦でん粉 (S) を使用したグルテンドウの調製

G/S=550/250, 500/300, 450/350, 400/400 及び 350/450 とし、水 20 ml を加えてグルテンドウを調製した。

(3) 小麦粉の代わりに粉末グルテン (PG) を使用したグルテンドウの調製

G/PG=550/250, 500/300, 450/350 及び 400/400 とし、水 20 ml を加えてグルテンドウを調製した。

3. 焼成方法

焼成条件は床板温度を 200℃, 天板温度を 230℃ とし、10 ml あるいは 20 ml の散水量で焼成時間は 11 分とした³⁾。

一度に焼成する種の個数としては 25~30 とした。製品としての焼麩と区別し、本報では焼成したものを膨化物と呼ぶこととした。

4. 比容積の測定

それぞれの焼成時における 25~30 個の焼成物のうち、平均的な形状の膨化物 10 個を任意に選択し、前報³⁾に準じて植物種子置換法により測定し、その平均値を比容積 (ml/g) とした。

5. 膨化物の物理特性の測定

レオメータ・マックス ((株)アイテックノ製, RX-1600 型) により、円柱状プランジャー (直径 8 mm) を使用し、圧縮速度 300 mm/min, クリアランス 10 mm で測定し、プランジャーが膨化物の表皮を破壊して侵入するときの荷重を破断強度 (kg/cm²), またその時の試料の変形量を破断歪み (cm/cm) として計測した。

6. 成分分析⁵⁾

タンパク質の分析はセミマクロエルダール法により行い、タンパク質換算係数は、5.70 を適用した。水分の測定は 105℃ 乾燥法により行った。

7. 膨化物の微細構造の観察

前報⁶⁾に準じて膨化物の微細構造を観察した。

実験結果および考察

1. グルテンと合わせ粉の混合割合

グルテンと合わせ粉の混合割合 (G/F) が膨化物の比容積に与える影響について検討した (Fig. 1)。G/F=500/300 のとき比容積が最大の膨化物が得られた。それより G が多い 550/250 では比容積が小さかったが、F が多い 450/350, 400/400 ではかなり大きい比容積を示し

Fig. 1 Effect of G/F ratio on the specific volume of expanded product

Defrosted gluten and flour were mixed in different ratio with "Jibikiki" for optimum periods for each mixture.

■ poured water ; 10 ml ; □ poured water ; 20 ml

た。350/450のときの比容積は550/250の膨化物に類似していた。このことからグルテンが膨化するためには一定の割合の合わせ粉の存在が必要であることが明らかになった。なお、散水量を10 mlから20 mlに増加する効果は $G/F=400/400$ のとき最大で、散水量10 mlで大きい比容積を示した500/300あるいは450/350のときは、散水量を20 mlにしてもその効果は顕著でなかった³⁾。散水量10 mlで膨化の限界近辺に到達しているものと推測された。なお、グルテンドウの性状はGが800~550のときドウとしての繋がりが不十分であり、外観、切り口は斑で均一にならなかった。特にGが800~600の範囲では手揉み法で採取する過程のグルテンの性状に近く、網目状の塊であったのに対して、Gが500~300では均一で滑らかになった。すなわち、グルテンドウを調製する場合にはつなぎとしての合わせ粉が重要な役割を果たしていることを示す。但し、Gが350~300では粘弾性に欠け、さくさくしたグルテンドウであった。また、適性混練時間⁴⁾はグルテンの割合が高いほど長くなり、 $G/F=500/300$ では10分まで、混練時間が長くなるほど比容積が大きくなる傾向を示した。

Fig. 2にこのときの膨化物の一部の形状を示した。G/F=550/250 (Fig. 2-A)のとき形が歪であり、硬く重い

感じがした。表面は斑状を呈し、断面の気泡は粗く、空洞が多く焼麩の膨化構造としては不適であった。500/300 (Fig. 2-B)ではふっくらとした球形を呈し、軽くソフトな焼き上がりであった。断面は大きく粗い蜂の巣構造が形成された。450/350 (Fig. 2-C)では軽くソフトで球形に焼き上がり、断面の蜂の巣構造は微細であり、400/400 (Fig. 2-D)の場合には表面につやがなく、ソフトな感じがなくなった。断面の蜂の巣構造は微細で、硬かった。なお、 $G/F=800/0$ あるいは700/100の場合に得られた膨化物の内部には水が残り、この配合と焼成条件では水の蒸散が不十分であり、膨化組織の形成も不完全であることを示した。一方、前述したグルテンドウの性状と併せて考えると、膨化するためには連続した、均一なグルテンドウの形成が必須条件であることが確認された。

2. 小麦でん粉の影響

前記の結果から、グルテンが膨化するためには適当な割合で合わせ粉(小麦粉)を混合する必要があることが確認された。合わせ粉の役割として、①グルテンの水分の調整、②グルテンドウの形成補助、③タンパク質の補強等が考えられる。一方、焼成食品におけるでん粉の役割については幾つかの報告^{7)~9)}があり、組織構造の形成などにおける

Fig. 2 Photographs of expanded products obtained by baking gluten-doughs of different G/F ratio

G/F ratios are as follows ; A, 550/250 ; B, 500/300 ; C, 450/350 ; D, 400/400.

Lower, Whole appearance ; Upper, Vertical section.

重要な役割が示されている。そこで、合わせ粉として小麦粉の代わりにタンパク質をほとんど含まない小麦でん

Fig. 3 Effect of G/S ratio on the specific volume of expanded product

Defrosted gluten and wheat flour were mixed in different ratio with "Jibikiki" for optimum periods for each mixture.

■ poured water ; 10 ml ; □ poured water ; 20 ml

粉を使用し、水分調整とタンパク質含量が比容積におよぼす影響について検討した (Fig. 3). 小麦でん粉を使用した場合の膨化物は合わせ粉を使用した場合に比べて小さく、最大の比容積が得られる配合は G/S=450/350 となり、G/F (S) の比率は F (S) の割合が高い方へシフトした。でん粉を使用した場合にはグルテンドウの水分含量が膨化に影響を与え、合わせ粉の効果の一つとして水分調整が含まれることを示す。グルテンドウの性状は合わせ粉を使用したときのそれに類似していたが、全体に粘弾性に欠けたものであった。このときの膨化物の形状の一部を Fig. 4 に示した。G/S=500/300 では膨化せず、断面に膨化組織は認められなかった (Fig. 4-A). G/S=450/350 (Fig. 4-B) あるいは 400/400 (Fig. 4-C) になると丸みを帯びた膨化物が得られ、断面には蜂の巣構造が見られるようになった。一般に、でん粉が少ない配合 (Fig. 4-B) では気泡が大きく、粗いのにでん粉の割合が多くなるほど微細な気泡が形成されるようになった (Fig. 4-D). 良好な蜂の巣構造を有する膨化物を得るためにはでん粉の共存も必要であるが、でん粉含量が高すぎると蜂の巣構造の形成が悪影響を受けるものと推測された。なお、膨化物の形状や性状、断面の構造に関して

Fig. 4 Photographs of expanded products obtained by baking gluten-doughs of different G/S ratio

G/S ratios are as follows ; A, 500/300 ; B, 450/350 ; C, 400/400 ; D, 350/450.

Lower, Whole appearance ; Upper, Vertical section.

は製品の種類ごとに求められる基準があり、それを満足するように現場では配合が決められているのであろう。

3. 粉末グルテンの効果

以上の結果から、よく膨化するグルテンドウを調製するためには、第一に均一な組織の形成を行うことであり、次いでタンパク質含量が高いことが重要であることが明らかになった。小麦粉と小麦でん粉を合わせ粉として使用したときのグルテンドウの水分とタンパク質含量を比較すると、それぞれの配合のときのグルテンドウの水分はほとんど類似しているのに対してタンパク質含量は著しく異なる。小麦粉の割合が最も高い G/F=350/450 のときグルテンドウのタンパク質含量は約 18% であるのに、同じ配合で小麦でん粉を使用すると約 11% になり、小麦粉を使用したときの 60% 程度と、合わせ粉（小麦でん粉）の割合が高くなるとともにタンパク質含量は低下する。以上から、合わせ粉の代わりに小麦でん

粉を使用したときに比容積が小さくなる理由はタンパク質が不足するためであることは明らかである。そこで、合わせ粉として粉末グルテン (PG) を使用し、グルテンドウのタンパク質含量を高める試みを行った。いずれの配合 (G/PG=550/250~400/400) でも、焼成直後にはよく膨化しているが焼成を終了すると同時に萎縮するものが多かった。焼成時間を長く (15 分) してもその傾向は類似していた。このことは、グルテンドウが膨化するためにはある程度以上のタンパク質が必要であるが、蜂の巣構造を形成し、膨化組織を維持するためにはでん粉の存在が不可欠であることを示す。その時の膨化物の形状を解凍した冷凍グルテンをそのまま焼成した膨化物の形状とともに Fig. 5 に示した。解凍したグルテンを混練することなく、そのまま焼成すると組織全体がガラス質化した中空の膨化物となり、切り口はほとんど空洞で、蜂の巣構造は認められなかった (Fig. 5-A)。一方、G/PG

Fig. 5 Photographs of expanded products obtained by baking gluten and its mixture

A, Defrosted gluten ; B, Gluten-dough in G/PG ratio 500/300.

Left, Whole appearance ; Right, Vertical section.

=500/300 のときの膨化物の切り口は変形したゴム鞠状の空洞で、蜂の巣構造の痕跡すら認められなかった (Fig. 5-B)。これら膨化物の微細構造の観察結果を Fig. 6 に示した。冷凍グルテンを解凍して焼成すると気泡の立ち上がりは直線的で、気泡の層⁶⁾を形成することなく消失し、その先は巨大な空洞であった (Fig. 6-A)。中心部でわずかに得られた薄膜は (Fig. 6-B) 透明感が強く、平板ででん粉粒の残骸⁶⁾は認められなかった。一方、G/PG=500/300 で得た膨化物の立ち上がりは通常の焼麩の立ち上がり構造とは根本的に異なり、むしろ萎縮した焼麩の表皮近辺の断面構造に類似していた。すなわち、表皮近くでは圧縮された気泡が観察され、そのすぐ内側では表皮に向かって直角に気泡が形成されていた (Fig. 6-C)。その気泡の層は2~3層しかなく、その内側は別の膜で気泡の形成が制限されていた (Fig. 6-D)。この結果から、焼麩は床面から気泡の形成が始まり、順次形成される気泡に押し上げられるようにした球形に膨化するが、でん粉が存在しない場合には気泡が固定されないために空洞化する。それに対して、G/PG の場合には膨化

が種の中心から始まる。従って、床面と接触する部分で気泡の立ち上がりが観察されないし、気泡の圧縮が認められる。更に、膨化物の内部にも表皮の形成が観察される。これらの結果からグルテンドウがよく膨化するためには、① グルテンと合わせ粉が十分に混練され、均一な組織を形成すること、② 一定の範囲のタンパク質を含むこと、③ 一定の範囲内ででん粉を含むこと、及び④ 一定の範囲の水分を含むこと、の4点が必要であるといえる。特に、膨化物の組織の形成から見ると、グルテンは膨化、でん粉はグルテンの膨化力とガラス質化を抑制しながら蜂の巣構造の形成に関与しているものと推測された。従って、グルテンドウの調製時に混合する合わせ粉 (小麦粉) は、① グルテンドウの均質化、② タンパク質の補強、及び③ 水分の調整の目的に使用されるものであり、これらの目的を満足するものでなければならない。

前述したとおり、配合を変えることにより膨化物の性状はかなり変化するので、今後は硬めの白玉麩を想定したときは G/F=400/400 (これをモデル配合1と呼ぶ)、

Fig. 6 Scanning electron microscopic observation of expanded products obtained by baking gluten and its mixture

A, Vertical section at floor of expanded product obtained from gluten ; B, Membrane structure of expanded product obtained from gluten ; C, Vertical section at floor of expanded product obtained from G/PG=500/300 ; D, Vertical section and inner surface at floor of expanded product obtained from G/PG=500/300.

Fig. 7 Physical parameters of expanded products from gluten-doughs in different G/F ratio

Expanded products were pressed from top to bottom with a plunger (column shaped, diameter 8 mm).

- Breaking strength (poured water 10 ml);
- Breaking strength (poured water 20 ml);
- ▨ Breaking strain (poured water 10 ml);
- ▧ Breaking strain (poured water 20 ml).

ソフトな膨化物で、最大比容積の膨化目標を想定したときは G/F=500/300 (モデル配合 2 と呼ぶ) の配合で検討を進めることとした。

4. 膨化物の物理特性

合わせ粉として小麦粉を使用したときの膨化物の破断強度と破断歪みの測定結果を Fig. 7 に示した。比容積が大きいほど破断強度は小さく、その時の歪みは大きくなった。ソフトでふっくらとした感触の膨化物ほど破断時の歪みが大きいことを示し、製品の特性との関係で重要である。例えば、圧搾麩を製造するとき、膨化物が圧縮する力で破壊されては商品にならない。また、型焼麩においてはその種類や形状によって硬さ、気泡の形状に対する要求も異なるであろう。

要 約

白玉麩をモデルとして、焼麩の比容積と組織構造の形

成に及ぼすグルテンと合わせ粉の配合について検討した。G/F=500/300, 450/350 で大きい比容積の膨化物が得られ、散水量の効果は 400/400 のときに比べると小さかった。合わせ粉として小麦でん粉を使用すると全体に比容積は小さくなり、合わせ粉に含まれるタンパク質がグルテンドウを形成する上で重要な役割を果たすことが明らかになった。グルテン単独では空洞化し、ガラス質化した膨化物しか得られず、合わせ粉として粉末グルテンを使用すると空洞化した膨化物となったことから、合わせ粉のでん粉が焼麩特有の蜂の巣構造を形成するために重要な役割を果たしていることが推測された。なお、膨化物の微細構造の観察結果から、粉末グルテンを合わせ粉として使用すると膨化は中心から進行するものと考えられた。一方、グルテンの割合が高い膨化物は比容積と気泡は大きく、合わせ粉の割合が高くなると比容積が小さく、気泡が微細化し緻密になること、及び前者では破断強度が小さく、歪みが大きく、後者では破断強度が大きく歪みが小さくなることから、製品の種類毎に配合を変更することの重要性が明らかになった。

文 献

- 1) 遠藤悦雄：小麦蛋白質—その化学と加工技術—(食品研究社、東京)、p 104 (1955)。
 - 2) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：愛知県食品工業技術センター年報, **33**, 102 (1992)。
 - 3) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：食科工, **43**, 423 (1996)。
 - 4) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：食科工, (投稿中)。
 - 5) 日本食品工業学会食品分析法編集委員会編：食品分析法 (光琳、東京)、(1982)。
 - 6) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：食科工, **43**, 400 (1996)。
 - 7) HOSENEY, R.C., LINEBACK, D.R. and SEIP, P.A.: *Bakers Dig.* **52**, 11 (1978)。
 - 8) DENNETT, K. and STERLING, C.: *Starch*, **31**, 209 (1979)。
 - 9) KULP, K. and LORENZ, K.: *Backers Dig.*, **55**, 24 (1981)。
- (平成 8 年 2 月 15 日受付, 平成 8 年 9 月 19 日受理)