

グルテンドウの熟成が焼麩の膨化に及ぼす影響[†]

村瀬 誠*・干鯛菜名子**・並木和子**・加藤 熙*・杉本勝之*

Effect of Aging of Gluten-Dough on the Expansion of Yakifu

(Basic Studies on the Production of Yakifu V)

Makoto MURASE*, Nanako HIDAI**, Kazuko NAMIKI**,
Hiroshi KATO* and Masayuki SUGIMOTO*

* Food Research Institute, Aichi Prefectural Government, 2-1-1,
Shinpukuji-cho, Nishi-ku, Nagoya 451

** School of Life Studies, Sugiyama Jogakuen University, 17-3,
Hoshigaokamoto-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464

The effect of aging of gluten-dough on the specific volumes of expanded products was studied. Before baking, gluten-dough was subjected to aging at various temperatures. Among the temperatures tested, incubation at 60°C for 20 min gave the highest specific volume. Incubation at 70°C seemed to lead partial denaturation of gluten and gelatinization of starch, resulting in lower values of specific volume. Aging effects were studied at temperatures of 10°C or 30°C for up to 30 hrs. When gluten-dough aged at 10°C was baked, longer the aging length was, bigger the specific volume was. Aging at 30°C gave a different result. Specific volume became bigger until 8 hrs of aging, while prolonged aging gave smaller volume and 24 hrs and longer aging resulted in no expansion. The appearances of expanded products obtained by baking aged gluten-dough were spherical, plump and soft to the touch. The vertical section of the expanded product was packed with honey-comb structure, although one from gluten-dough aged more than 24 hrs at 30°C was small, compact and hard to the touch and had no honey-comb structure in vertical section. The gluten-dough aged at 30°C for more than 10 hrs became exhausted and sticky, finally losing structural characteristics of dough. Some parts of gluten and starch seemed to be attacked by enzymes during incubation especially at 30°C. Certain degree of gluten degradation seemed to promote the expansion of yakifu when aged at 30°C. This was not true in the case of aging at 10°C. From the results obtained in this study, it was concluded that two types of aging effects occurred in gluten-dough incubated at 10°C or 30°C.

(Received Feb. 28, 1997 ; Accepted Jun. 6, 1997)

加工食品の製造過程で熟成を行うとその品質が向上することはよく知られ、食品ごとに効率的な方法が工夫され、適した条件が設定されている¹⁾。熟成工程において期待された物理化学的な変化が生じ、それを省略すると製造が行えない場合、および製造工程上必須な工程ではないが、熟成を行うと品質が向上する場合とがある。前

者は例えば発酵を伴う工程であり、後者には小麦粉加工品や練り製品の製造などが含まれる。水産練り製品の場合、調味したすり身ペーストを一定の温度に保持すると加熱前にゲル化が進行し(坐り)、製品の物性が改良される²⁾。しかし、その温度が高すぎると戻りという現象が起こり、一旦形成されたゲルが破壊される。これは、適

[†] 焼麩の製造に関する基礎的研究(第5報)(前報, 文献6))

* 愛知県食品工業技術センター(〒451 名古屋市西区新福寺町2-1-1)

** 椋山女学園大学生生活科学部(〒464 名古屋市千種区星ヶ丘元町17-3)

正な熟成条件の必要性を示す一例である。小麦粉加工品の中でも、手延べ麩の製造においては熟成と伸ばしの工程が交互に繰り返される³⁾。熟成によって脱気と水分の均一な分散、グルテンのネットワーク構造の形成が助長され、生地が伸びやすくなり、作業性が改善される。一方、手延べそうめんと呼ばれる「厄⁴⁾」は製品熟成であり、低水分下におけるグルテンと油脂の複合体形成による麵質の硬化である。焼麩の場合、混練直後のグルテンドウは硬く、整形しにくいので「ねかせ」てから焼成すると良いと言われる。特に棒状の麩を焼成するときはグルテンドウを10倍以上の長さに伸ばし、窯の床面に固定して焼成するので、グルテンドウが硬いと伸びが悪く、組織が不均一になったり、途中で切れて製品歩留まりが低下する。「ねかせる」とグルテンドウが軟化し、伸びやすくなり、作業性が改善されるので焼成物は全体が丸みを帯び、ふっくらとした外観に焼き上がり、歩留まりも向上する。しかし、この工程は経験に基づいたものであり、焼麩の比容積との関係などについては不明な点が多い。手延べ麩などの製造における熟成の効果については解説されているが、ドウの熟成中の変化について触れた報告は見られない。そこで、自由に膨化させた白玉麩をモデルに、東海地方を中心に行われている製造方法に基づいて、グルテンドウの熟成が焼麩の比容積に与える影響について検討した。

実験方法

1. 実験材料

市販の冷凍グルテン（横尾商店(株)製、水分68.4%、タンパク質24.6%、灰分0.23%、脂質0.1%、炭水化物6.7%）と、強力小麦粉（(株)セントラル製粉製、無漂白、水分13.6%、タンパク質13.7%、灰分0.56%、脂質2.1%、炭水化物70.0%、本報ではこれを合わせ粉と呼ぶ）を使用した。

2. 成分分析⁵⁾

冷凍グルテン及び小麦粉の水分は105℃乾燥法、灰分は直接灰化法、脂質は酸化水分解法により測定した。タンパク質はケルダール法により求めた窒素に係数5.70を乗じて算出し、差し引き法により炭水化物を求めた。

3. グルテンドウの調製

前報⁶⁾に準じ、モデル配合1（冷凍グルテン/合わせ粉＝400/400）によって行った。

4. グルテンドウの熟成

乾燥を防ぐために混練直後のグルテンドウをポリエチレン製の袋に封入し、所定の温度に調節した恒温水槽中

に所定の時間保持することにより熟成を行った。熟成終了後直ちに焼成した。

5. 焼成方法

前報⁷⁾に準じ焼成温度200℃、天板温度230℃、散水量が10 mlあるいは20 mlの条件で焼成時間は11分とした。各試験区毎に20～30個の種を焼成し、その結果得られる焼成物を本報では膨化物と呼ぶこととした。

6. 比容積の測定

前項で得られた焼成物のうち、各試験区毎に代表的な形状の膨化物10個について、前報⁷⁾に準じて比容積の測定を植物種子置換法により行った。

7. 還元糖含量の定量

熟成中のグルテンドウの一部を経時的に真空凍結乾燥し、100メッシュ以下に粉碎後、分析用試料とした。粉碎試料を10倍量の水で抽出し、ソモギ-ネルソン法⁸⁾でグルコースとして測定した。測定結果はグルテンドウの乾物1 gあたりのmg数として表示した。

8. 水溶性タンパク質の定量

還元糖を定量するために抽出した水溶液を使用し、牛血清アルブミンを標準としてローリー法⁹⁾で測定した。また、抽出液の一部を12%トリクロール酢酸（以下TCAと略す）と等量混合し、6% TCA可溶性タンパク質についても測定した。結果はグルテンドウの乾物1 gあたりのmg数で表示した。

9. 膨化物の性状観察

膨化物の外観あるいは膨化方向に沿って半割にした切断面の構造をキャノンEOS 5型カメラで撮影した。

実験結果および考察

1. 比容積に及ぼす熟成の影響

最初に、比容積に及ぼす熟成温度の影響について検討した。グルテンドウを30～70℃に調整した温湯に20分間浸漬後焼成した結果、60℃までは温度が高いほど膨化物の比容積は大きくなったが、70℃では低下した（Fig. 1）。グルテンドウを一定温度下に保持すると比容積が大きくなるが、ケーキのパッターで測定したタンパク質の凝集温度¹⁰⁾あるいは示差走査熱量計で測定したグルテンの変性温度（88.4℃）¹¹⁾に近い70℃ではグルテンの一部が変性するために膨化力が低下し、またでん粉が糊化¹²⁾し始め、膨化を阻害した¹³⁾ものと考えられる。なお、60℃という温度は作業現場では取り扱いにくい高温であり、比容積が低下した70℃に近い。そこで、作業性も考慮して、温度を10℃（冷蔵庫）あるいは30℃（夏期の気温）に設定し、グルテンドウの熟成が膨化物の比容

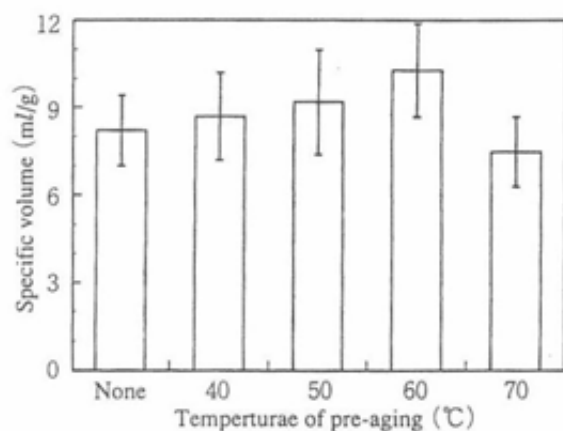


Fig. 1 Effect of temperature of pre-aging on the specific volume of expanded products

Gluten-doughs prepared in gluten to flour ratio of 400/400 were sealed in polyethylene bags. They were immersed in hot water controlled to each temperature shown in Figure for 20 min. Baking conditions were described in the text.

積に与える影響を経時的に検討した (Fig. 2). いずれの温度でも熟成の影響は顕著で, 10°C では 30 時間まで熟成が進行すると共に比容積は増大し続けた. 一方, 30°C では 8 時間のとき最大の比容積に達し, 更に熟成すると急激に低下し, 20 時間以上では熟成前の比容積よりも小さくなった. 熟成に伴うグルテンのネットワーク構造等の形成が 10°C では緩慢に, 30°C では急速に進行した結果であり, 30°C で熟成が長くなると後述するようにグルテンドウが破壊されるために膨化しなくなったと考えられる. 膨化物の外観の一例を Fig. 3 に示した. 30°C で 8 時間熟成し, 最大の比容積が得られた膨化物や 10°C で 24 時間熟成したときに得られた膨化物は大きく, ふっくらと焼き上がり, 感触はソフトであった. しかし, 30°C で 24 時間熟成を行ったときの膨化物は小さく, 硬かった. なお, 切断面は, 熟成を行うと対照に比べ蜂の巣構造の形成が明瞭になり, 薄い仕切膜で囲まれた大きな気泡を形成した. これは散水量 20 ml で焼成した膨化物の性状⁷⁾に類似していた. 30°C で熟成を行うとグルテンドウが軟化するために膨化物は扁平化する傾向を示し, 24 時間熟成を行った膨化物の気泡は小さく, 床面から上方への気泡の立ち上がり⁷⁾も認められなかった. 熟成を長時間行った膨化物ほど褐変が著しかった.

2. 熟成中のグルテンドウの性状変化

10°C で熟成するとグルテンドウの品温 (混練直後で約

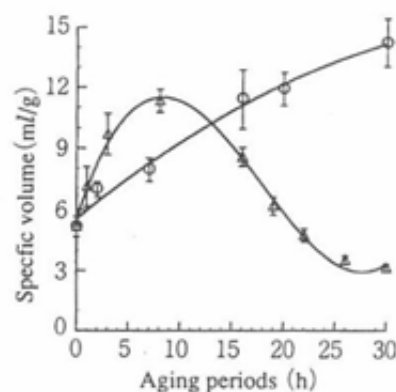


Fig. 2 Effect of aging of gluten-dough on the specific volumes of expanded products

Gluten-doughs prepared in gluten to flour ratio of 400/400 were sealed in polyethylene bags. They were aged at 10°C (○) or 30°C (△) for indicated length of aging. Immediately after the end of aging, they were cut into small cuts and baked as described in the text.

18~20°C) が低下すると共に硬く締まり, 表面や切り口のなめらかさが増加した. 30°C では品温が高くなるために軟化し, だれてきた. 熟成の初期は切り口がなめらかになるが, 次第に伸びやすくなり, 付着性が増し, 種の整形が困難で取り扱いにくくなった. なお, 30°C で 12 時間以上保持すると熟成や変性の範囲ではなく変敗の領域¹⁴⁾になり, グルテンドウは微生物の増殖による腐敗臭を伴い, 洩糸性, 付着性が著しくなった. 20 時間以上では極度に洩糸性を呈し, グルテンドウとしての構造特性を失った. 混練直後のグルテンドウの生菌数は 10^5 /g のレベルであり, 10°C で 30 時間熟成した場合には 10^6 /g レベルまでの増殖であったが, 30°C では増殖が顕著で, 12 時間の熟成で 10^8 /g レベルにまで達し, 腐敗臭が発生した. 熟成温度が高い場合には微生物の影響を無視できない. その時のグルテンドウの pH は, 10°C 熟成ではほとんど変化しなかったのに対して 30°C 熟成では短時間のうちに著しく低下した (Fig. 4). pH の低下が比容積の改善に影響している可能性がある. しかし, pH は低下し続けるが, 一旦低下した比容積は回復しない. 以上の結果から, 熟成は適正であれば膨化物の比容積や性状の改善に効果的であるが, 過度になると微生物の繁殖による支障が生ずることを留意しなければならない. なお, 製造現場では室温で数十分間保持 (あるいは, 水浸漬) したり, 冷蔵庫中に数時間保持して熟成 (ねかせ) を行う. 従って, ここで示したほど生菌数が増加するこ

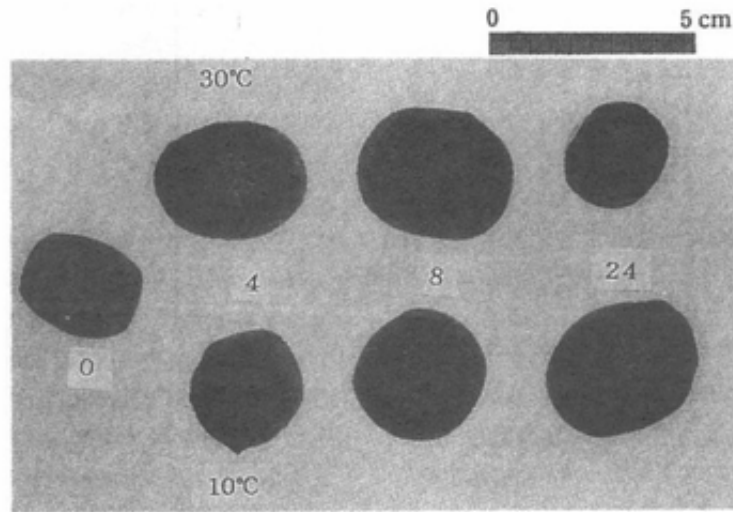


Fig. 3 Appearances of expanded products obtained by baking the aged gluten-doughs

Gluten-doughs aged at 10°C (lower lane) or 30°C (upper lane) for 0 to 24 hrs were baked at 200°C for 11 min with pouring 10 ml of water. Numerals in the figure represent the aging length (hrs).

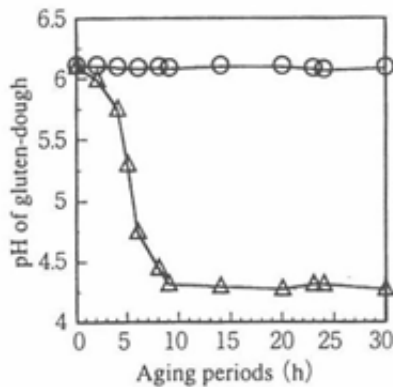


Fig. 4 Changes of pH of gluten-doughs during aging

Gluten-doughs kneaded in gluten to flour ratio of 400/400 were aged at 10°C (○) or 30°C (△) for indicated length of aging. After aging, pHs of the gluten-doughs were measured.

とはない。また、焼成中に品温は 100°C 以上で数分間保持されるので、例えば生菌数が 10^8 /g レベルにまで増殖した場合にも焼成後には 300 以下/g となり、ほとんど死滅する。しかし、グルテンドウの腐敗臭や酸臭は膨化物に残るので微生物が増殖するまでの熟成は好ましくない。なお、pH と比容積との関係については別途検討中

である。

3. 熟成中における水溶性タンパク質と還元糖の変化

本研究で使用したグルテン、小麦粉は市販品であり、混在した微生物が熟成中に増殖する。30°C で熟成時間が長くなったときに観察された曳糸性・付着性の増加や腐敗臭の発現はそのためである。従って、熟成中に微生物起源の酵素が作用することが考えられる。そこで、熟成中のグルテンドウの水溶性タンパク質と還元糖の変化を経時的に調べた。水溶性タンパク質は 6% TCA 可溶性成分と非可溶性成分に分別し、結果を Fig. 5 に示した。10°C 熟成では水溶性タンパク質含量に変化は見られなかった。しかし、30°C 熟成では、水溶性タンパク質 (6% TCA 不溶性) が熟成 4 時間から 9 時間までの間に急速に増加した後微増した。この熟成時間帯は Fig. 2 で示した、比容積が最高値を示した熟成時間とほぼ一致する。グルテンドウに本来含まれる水溶性タンパク質はアルブミンのみである。従って、グルテンの一部がポリペプチド鎖レベルで遊離したことを示す。グルテンドウの pH 低下がこの傾向を更に促進¹⁵⁾ したと推測される。グルコースとして測定した還元糖含量の変化 (Fig. 6) は、10°C で 10 時間以上、30°C では 5 時間以上の熟成で次第に増加した。水溶性タンパク質とは異なり 10°C での熟成でも増加したが、30°C での変化に比べ穏やかであった。前述した、熟成膨化物の褐変は還元糖が増加したた

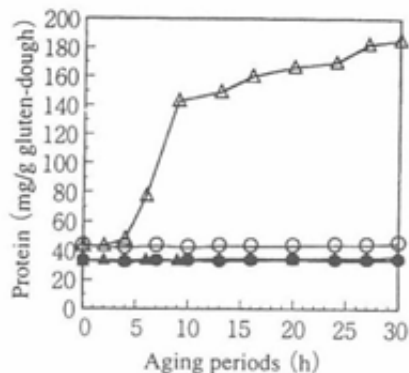


Fig. 5 Changes of water soluble proteins during aging

Gluten-doughs prepared in gluten to flour ratio of 400/400 were aged at 10°C (○, ●) or 30°C (△, ▲). They were freeze-dried at each length of aging and ground into powder (smaller than 100 mesh). They were extracted with 10 volumes of water (○, △). Parts of water extracts were diluted with same volumes of 12% trichloroacetic acid (TCA) and centrifuged to gain 6% TCA soluble fractions (●, ▲).

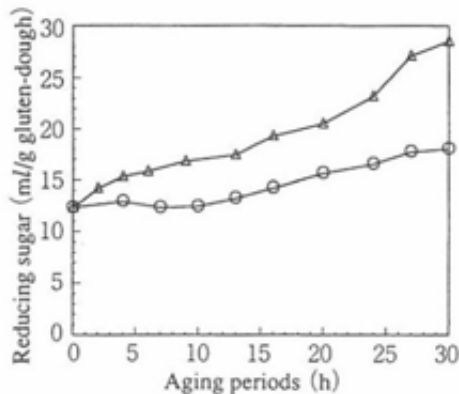


Fig. 6 Changes of reducing sugar during aging

Gluten-doughs prepared in gluten to flour ratio of 400/400 were aged at 10°C (○) or 30°C (△). They were freeze-dried at each length of aging and ground into powder (smaller than 100 mesh). They were extracted with 10 volumes of water and measured reducing sugar as glucose (mg/g freeze-dried gluten-dough).

めである。いずれにしろ、タンパク質やでん粉の分解挙動と比容積の変化は熟成温度によって異なり、この実験だけではでん粉やタンパク質の部分的な分解が膨化に対していかなる影響を与えるかは明らかでない。しかし、30°C 熟成のとき、グルテンの一部が微生物由来の酵素で分解されグルテンドウがより膨化し易くなった可能性はある。一方、小麦粉加工品はグルテンの性質を利用しているが、加工品の種類によってはグルテンの強度をある程度弱化させた方がよい結果が得られる場合がある。そのために、タンパク質分解酵素やでん粉分解酵素の利用も一部で行われている。今回のグルテンドウの熟成とは条件が異なるが、ドウを70日間凍結保存するとドウの物理特性が弱まるが、その間に発酵の進行による還元糖や水溶性タンパク質の増加¹⁵⁾は認められていない。また、酵母の添加など配合がグルテンドウとは異なるが、クラッカー生地の場合¹⁶⁾ 30°C で発酵させると生地が弱化し、pH が低下すること、また低い pH ではタンパク質分解酵素の活性が強くなり、生地の弱体化が促進されることを推測している。今回の結果から、熟成を行った場合には酵素作用が比容積の改善に関与している可能性が示唆されたので、酵素の焼酎製造への利用についても検討する予定である。

要 約

焼酎の膨化に及ぼすグルテンドウの熟成の影響について検討した。

(1) グルテンドウを20分間予備加熱した結果、60°C までは温度が高いほど比容積は大きくなったが、70°C では低下した。

(2) グルテンドウを10°C および30°C で熟成し、比容積に及ぼす影響を経時的に検討した結果、10°C では熟成時間が長くなるほど比容積は大きくなった。しかし、30°C では熟成8時間で最大の比容積を示すが次第に低下し、24時間では膨化しなくなった。

(3) 30°C で8時間以下あるいは10°C で数時間以上熟成したグルテンドウから得られた膨化物はふっくらとした丸みを帯び、ソフトでしなやかな感触を与え、大きな気泡が充満した蜂の巣構造を形成した。

(4) 10°C 熟成中のグルテンドウは硬さ・均一性が増した。しかし、30°C 熟成では軟化し、次第に付着性・曳糸性が強くなり、グルテンドウとしての構造が維持できなくなった。これは微生物の増殖によるもので、熟成が長時間になると、pH が急速に低下し、腐敗が始まった。

(5) 熟成中に原料に混在する微生物由来の酵素によ

てグルテンやでん粉は分解され、熟成中のグルテンドウの還元糖や水溶性タンパク質含量は増加する。

(6) 30℃ 熟成の場合にはグルテンの一部が分解されるとグルテンドウは膨化し易くなるが、分解が一定以上進行すると膨化力を失うものと考えられた。

(7) しかし、10℃ では水溶性タンパク質の増加は認められなかったのに比容積が大きくなったことから、30℃ とは異なる熟成効果が生じたものと考えられた。

文 献

- 1) 佐藤 信監修：食品の熟成（(株)光琳，東京），p. 3 (1984).
- 2) 志水 寛・町田 律・竹並誠一：日水誌，47，95 (1981).
- 3) 小田間多：めんの本（食品産業新聞社，東京），p. 40 (1980).
- 4) 新原立子・桜井芳人：日食工誌，17，402 (1970).
- 5) 食品分析法（日本食品工業学会食品分析法編集委員会編）光琳，(1982).
- 6) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：食科工，44，50 (1997).
- 7) 村瀬 誠・水谷哲也・杉本勝之：食科工，43，423 (1996).
- 8) 猪川倫好：生化学研究法I（安藤鋭郎・寺山宏・西沢一俊・山川民夫編，朝倉書店，東京），p. 256 (1967).
- 9) 菅原 潔・副島正美：蛋白質の定量法（瓜谷郁三・志村憲助・中村道徳・船津 勝編，生物化学実験法7，学会出版センター，東京），p. 109 (1977).
- 10) M. MIZUKOSHI, H. MAEDA and H. AMANO : *Cereal Chem.* 57, 352 (1980).
- 11) A.-C. ELIASSON and P.-O. HEGG : *Cereal Chem.* 57, 436 (1980).
- 12) 松作 進：澱粉科学ハンドブック（二國二郎監修，朝倉書店，東京），p. 36 (1977).
- 13) 村瀬 誠：未発表
- 14) 栗飯原景昭：食糧保蔵学（藤巻正夫編，朝倉書店，東京），p. 60, (1980).
- 15) Y. INOUE, H.D. SAPIRSTEIN, S. TAKAYANAGI and W. BUSHUK : *Cereal Chem.* 71, 118 (1994).
- 16) A. PIZZINATTO and R.C. HOSENEY : *Cereal Chem.* 57, 185 (1980).

(平成9年2月28日受付。平成9年6月6日受理)