

食パンのレオロジに関する基礎的研究(第2報)*

—かたさおよび製パン条件の影響—

王 益平**・森嶋 博**・瀬尾 康久**
相良 泰行**・芋生 憲司**

要 旨

食パンのテクスチャに関係する品質評価の指標として最も重要と考えられているクラムのかたさについて、圧縮力—変形率曲線に基づき、かたさとその経時変化を測定し、製パン条件及び保存条件がかたさに及ぼす影響について検討した。その結果、保存中のクラムのかたさは焼成後の経過時間に比例し、焼成後12時間までに急激に硬化することが判明した。また、ローフの縦方向にはかたさの分布が存在し、この分布は生地成形方法によって異なり、ローフ比容積、焼成温度および焼減率により影響を受けた。5~20°Cでは保存温度が低ければ低いほど食パンの硬化が速まることが明らかになった。

Studies on Rheology of White Bread (Part 2)*

—The Firmness of Crumb and the Effects of Baking Conditions—

Yiping WANG**, Hiroshi MORISHIMA**, Yasuhisa SEO**,
Yasuyuki SAGARA**, Kenji IMOU**

Abstract

Rheological study has been carried out on white bread crumb with special reference to baking and storage conditions. The force-compression behavior of the crumb was characterized based on structural changes in solid matrix. The results indicated that the firmness increased with the storage time and changed markedly within 12 hours after baking. A pattern of firmness along the long-axis of loaf existed and was dependent on moulding methods and affected by loaf specific volume, baking temperature and weight loss during baking. The firming of crumb accelerated with a decrease in storage temperature under the experimental range of 5~20°C.

[Keyword] white bread, rheology, uniaxial compression, firmness, baking condition, storage temperature

* 平成2年4月第49回農業機械学会年次大会(宮崎大学)にて講演

** 東京大学農学部(〒113 東京都文京区弥生1-1
☎03-3812-2111 内線 5363)
Faculty of Agriculture, The University of
Tokyo, Tokyo, 113 Japan

I 緒 言

食品のレオロジに関する研究は数多いが、食パンを対象とした組織的研究は数少なく、品質の客

観的評価法を確立して生産管理に役立てるための研究を進めることが望まれている現状にある¹⁾。食パンの力学的特性をレオロジーの観点から究明することを目的とし、弾性特性、粘弾性特性および破壊特性について一連の実験・検討を行ってきた。このうち、第1報²⁾では食パンの圧縮試験から得られた圧縮力-変形率曲線を解析し、食パンはクラムの構造および強度的性質が方向によって異なり、力学的異方性体であるとの結果を得た。更に食パンを弾性体として考えた場合の比例限界、等価ヤング率及び等価ポアソン比に関するデータを報告した。

一般に食パンのテクスチャに関するパラメータの中で、保存中のかたさの変化は食パンの老化を表す指標として考えられ³⁾、これの測定に関して米国穀物化学者協会(AACC)⁴⁾では標準試験法としてベーカー・コンプレッションメータを用いた圧縮試験による測定法を定めている。食パンのかたさに関する研究はいくつかみられ、それらの研究成果を要約すると以下のとおりとなる。

a) 焼成直後食パンは軟らかくて香ばしい新鮮な状態にあるが、保存時間の経過と共に硬化し食味が低下する⁵⁾。b) クラムのかたさに関する測定値にはばらつきがみられ、保存時間・保存温度および他の条件より影響受ける⁶⁾⁷⁾⁸⁾。c) 食パンのスライスが厚くなると触感として軟らかく感じられる⁹⁾。d) クラムの硬化速度及び程度はローフの比容積に依存する¹⁰⁾。これらの研究では用いたかたさの定義及び実験条件などが研究者によって異なるため、必ずしも一般性を持つ結果が得られているとは限らない。また、食パンのかたさをレオロジーの観点から考察する研究は不十分と考えられている。

本報ではクラムのかたさについて、そのレオロジー特性を明らかにすることを目的とし、一連の製パン及び圧縮試験を行い、圧縮力-変形率曲線に基づく力学的特性とその経時変化を明らかにした。更に、1) 生地成形方法、2) ローフの比容積、3) 焼成温度と焼減率、4) 保存温度などの要因とクラムの力学的特性の関係を示す定量的基礎資料を得ると共に、品質の客観的評価法及び生産管理との関連性につき考察した。

II 実験方法

実験に供試した角形食パンのローフは第1報²⁾と同様な配合・中種製パン法により焼成した。成形には図1に示す棒状(One-loaf)、N状(N-shape)成形およびツイスト状(Twist)の3種類の成形法を採用した。棒状成形は分割した生地を薄く伸ばしそれを棒状に巻いて成形しそのまま焼き型に入れる方法である。N状成形は棒状生地を更にN字形に折り曲げ、ツイスト状成形は2本の棒状生地を捻って、焼き型に詰める方法である。基準として、焼成は焼成温度230°C、焼減率10%で行った。焼成温度や焼減率がかたさに及ぼす影響を調べるときには、他の焼成温度や焼減率も用いた。ローフのサイズは16cm×8cm×8cm(小型)と21cm×9cm×9cm(中型)との2種類とした。ローフ比容積は $3.7 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{kg}$ であった。ここに、ローフの比容積を食パンの容積と質量の比で定義し、質量は電子天平で、容積はパンではよく使用される菜種置換法で、クラムの気孔率*は円筒圧縮装置で測定した²⁾。焼成後、ローフを1時間半自然放冷し内部温度がほぼ室温まで下がってからポリエチレン袋に包装し20°Cの恒温室において圧縮試験まで保存した。

圧縮試験は第1報と同様に改造型のTPU(Texture profile unit)²⁾を用いて行った。供試サン

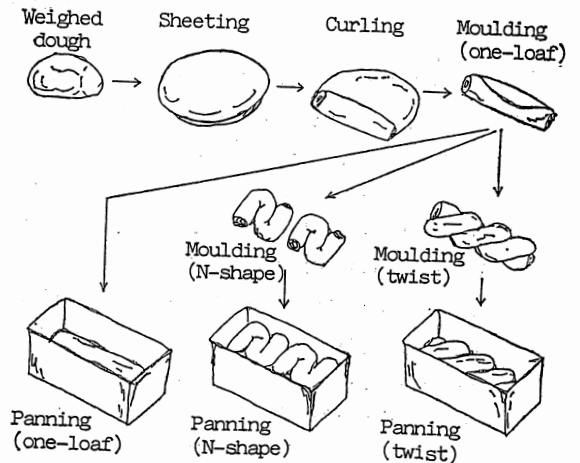


図1 3種類の生地成形法

Fig. 1 Three kinds of moulding

* 気孔率はクラムに含まれる気孔(空隙)の総体積とクラムの体積の比であり、空隙率、孔隙率とも言われるが、食品の場合には、気孔率がよく用いられている。

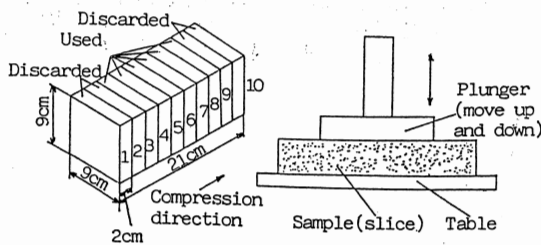


図2 圧縮中におけるサンプルとプランジャとの関係

Fig. 2 Relation between sample and plunger in compression

プルはスライスで、ローフを厚さ2cmに切ってスライスとし、その両端2枚ずつを捨てた後のものを用いた。圧縮試験はAACCの標準法⁴⁾に基づき、図2に示すように直径30mmの円形プランジャを使用し5mm/sの圧縮速度でサンプルを圧縮した。測定は焼成後12時間までは2時間おきにそれ以降は24時間おきに7日間行った。

III 実験結果及び考察

1. 圧縮力—変形率特性曲線

図3は焼成後20°Cで24時間保存した棒状成形試料の圧縮力—変形率特性曲線である。この曲線にも典型的に示されるように、この曲線はS字形を示し、食パンがベーカリー製品の一般的特徴¹¹⁾を有していることが分かる。図に示した圧縮力—変形率曲線の初期部分 ab(I)は載荷直後の不安定な状態を示し、この部分は試験片表面とプランジャ面の平行度及び試験片表面の接触破壊の影響を受けるものと考えられる。この段階を過ぎて bc(II)の比例段階では試料が弾性的な挙動を示す。この

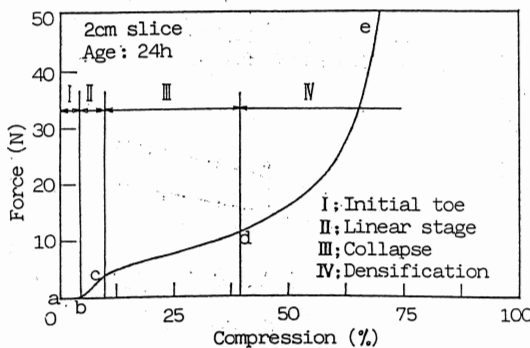


図3 代表的な圧縮力—変形率曲線
Fig. 3 A typical force-compression curve

領域は変形率12% 前後までで、変形率は小さく曲線の勾配は比較的大きい値を示す。次の cd(III) 区間は変形率12%から40%までに相当し、曲線の勾配は小さくなり、ポアを形づくる固形の網状マトリクスは大きく変形して次第に破壊されてしまうため、コラプス (Collapse) 段階と称することにした。変形率が更に大きくなると de(IV) の高密度化の段階に至り曲線の勾配は再び大きくなり、ほとんどのポアが潰れた後の挙動を示す。この区間はクラムの組織を圧密するために必要な圧縮力の増大で特徴づけられる。

2. かたさの定義

工業材料の硬度は一般に微小変形の領域において定義されているが、食品の場合通常変形が大きくなるため、工業材料の硬度の定義を流用することができない。また、食品は「そしゃく」するために口の中で通常「破壊」される。したがって、テクスチャの指標としてかたさを測定するためには破壊が生じる大変形領域において測定する必要がある¹²⁾。

食パンの力学的性質を研究するのに用いられてきたかたさの定義は研究者によって異なるが、2種類に大別できる。すなわち、1) 試料に一定変形(率)が生じたときの荷重(応力)⁴⁾¹³⁾及び2) 圧縮時のピーク圧縮力(ピーク応力)¹⁴⁾¹⁵⁾と定義されるが、レオロジの観点から第一の定義が測定機器・サンプルの厚さに依存せず一般性を持っていると考えられたため、本研究ではこの定義を用いた。

このような理由からかたさの値は圧縮力—変形率曲線のコラプス段階(図3のIII)の応力採ることが提唱されている¹⁶⁾。また、この区間では曲線の勾配がほかの部分より小さいため、安定した測定値が得られる⁶⁾。

本研究では Baker らの提案¹⁷⁾に従って変形率が25%の等価応力をかたさ(N/m²)の測定値に採った。これはすべての試料について変形率25%の点はいつも圧縮力—変形率曲線のコラプス段階にあり、この点の測定値はテクスチャの指標として意味を持つと考えられたためである。

3. かたさの経時変化

室温で保存した棒状成形試料について、前項で定義したかたさの経時変化を図4に示した。図中

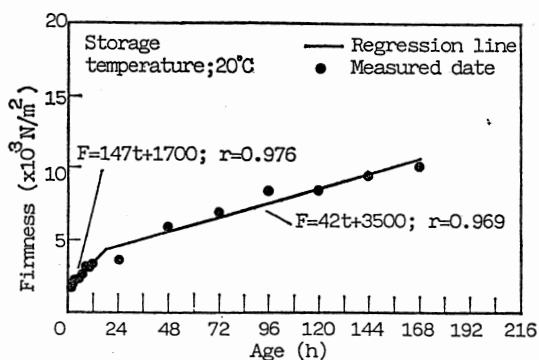


図4 保存中におけるクラムのかたさの経時変化

Fig. 4 The change of firmness of bread crumb during storage

の●は10個以上のデータの平均値、実線はその一次回帰線である。図示されるようにかたさの変化は焼成後12時間までとそれ以降のデータに対する2本の回帰直線式で近似できると考えられた。また回帰直線式の t の係数は硬化速度($N/(m^2 \cdot h)$)を表すが、この係数から焼成後12時間までの硬化速度はそれ以降の3.5倍に達することが分かった。すなわち、焼成後12時間以内に、かたさの平均値は $1700N/m^2$ から $3460N/m^2$ までに急増し、この増加量は全保存期間における硬化量の1/5にも相当する。

これらの結果から、食パンの軟らかさを保つには焼成直後少なくとも1日以内になんらかの方策を考慮する必要があると考えられる。

4. 成形方法

3種類の成形法により食パンを焼成し、それぞれ

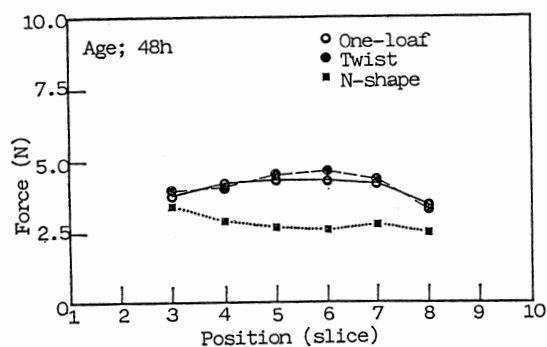


図5 ローフ中におけるかたさの分布

Fig. 5 Pattern of the firmness within a loaf of bread

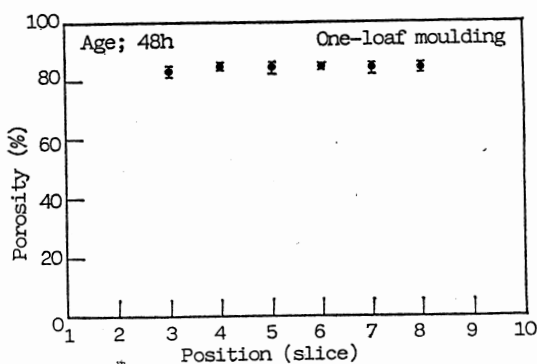


図6 ローフ中における気孔率の分布

Fig. 6 Pattern of the porosity within a loaf of bread

れ約20本のローフを用いて、成形方法がかたさに与える影響を調べた。図5は、その結果の一例として、 $20^{\circ}C$ で48時間保存した中型ローフについて、横軸にスライス番号(図2参照)をとり、成形法ごとにローフ長手方向のかたさの分布を示したものである。棒状成形およびツイスト状成形の食パンはN状成形に比べて硬い傾向にあり、また中間部(スライス番号5, 6)のスライスが硬く両端にいづくれ軟らかくなることが分かった。

図6にローフ長手方向におけるクラムの気孔率の分布を示したもので、プロットは10個のデータの平均値である。クラムの気孔率はローフ中の位置に依らず $84 \sim 85\%$ でほぼ一定の値を示した。棒状成形の場合には、型詰め直後の生地は中間部が太くてその部分の気孔率が低くなることが予想されたが、実際にはどこでもほぼ一定であったことから、型詰めされた生地は、焼成前の焙炉(最終発酵)段階においてほぼ均等になるように流動・

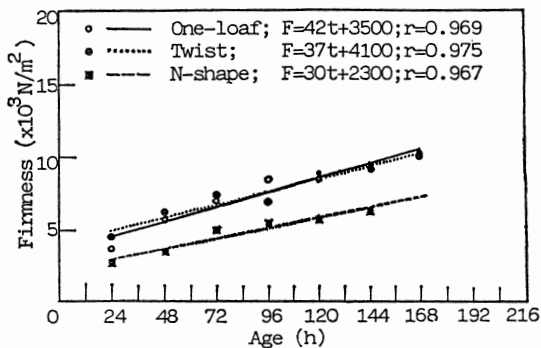


図7 かたさに及ぼす成形方法の影響

Fig. 7 The effect of moulding on firmness

膨張するものと思われる。

成形方法別にかたさの経時変化を調べた結果を図7に示す。かたさは平均値で表しその経時変化は直線で近似した。いずれの場合においても食パンは焼成後の保存時間に比例して硬化する傾向がみられた。

従来の研究では、食パンの中間部は両端より硬くかたさの分布は規則的なもので、その分布はローフのサイズに依存しないとの報告¹⁸⁾¹⁹⁾がある。一方、かたさはスライスの位置によって異なるがあまり決まった傾向がないことも報告されている²⁰⁾。ただし、いずれの報告にも成形方法については明記されていないため、成形方法と力学的特性の関係は不明であった。

以上の結果より、スライスのかたさは主に成形方法によって形成されたポアの形状や分布に依存するものと思われる。ポアの形状・分布について、特に棒状成形のものは目で見ても他の成形方法と明らかに違うことが分かるが、これらとかたさとの関係については今後の研究が必要とされる。

5. ローフ比容積

同一焼型（16cm×8cm×8cm）に詰める生地量を標準的な量（260g）とその前後（220g, 300g）の3種類に変えて異なる比容積の食パンを焼成し、ローフ比容積とかたさの関係を測定し図8に示した。図中に生地質量、比容積及びかたさの経時変化データに対する一次回帰直線を示す。ローフ比容積の大きい食パンは軟らかく、硬化速度は遅い傾向を示した。

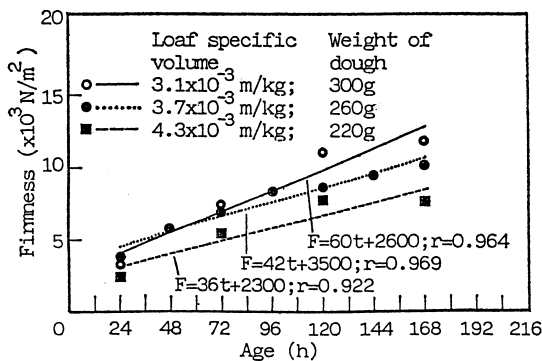


図8 かたさに及ぼす比容積の影響

Fig. 8 The effect of loaf special volume on firmness

食パン工場の現場では、経験的に発酵により生地内部に発生した気孔の数はその後の工程でもほとんど変わらず、生地の単位質量当たりの気孔数はほぼ一定に保たれると言われている。低比容積のローフを得るために焼き型に生地を多く詰めると、焼き上がったローフに含まれる気孔は小さく数も多くなる。気孔を構成する網状の個体マトリクスはクラムの骨組みの役割を果たし、外力を受けるとき、柱や梁のように気孔を変形させず元の形に保たせようとする。気孔のサイズが小さく、数が多くなると全体としての強度は大きくなるものと考えられ、保存中の硬化も速くなる傾向を示した。これらの結果は Ponte¹⁸⁾ 及び Axford¹⁹⁾ の報告と一致している。また Wassermann¹³⁾ は焙炉の時間を変えることにより得られた比容積の異なる食パンについてほぼ同様な傾向を指摘している。

6. 焼成温度および焼減率

発酵・膨張してきた生地を焼いてクラムの個体マトリクスを固定することは焼成段階で行われる。標準的焼成温度は 220~230°C で、実用的に 200°C 以下の低温や 280°C の高温を用いることはほとんどない²¹⁾ が、本実験では焼成温度を標準焼成温度を中心に、180°C 及び 280°C と変え、焼成温度がクラムのかたさに与える影響を調べ、その結果を平均値で図9に示した。この図に示されたように焼成直後から焼成後 168 時間までの観察でかたさの焼成温度依存性は認められなかった。これは焼成温度はオーブンの雰囲気温度(空気温度)であり、この温度が大きく変わっても生地内部温

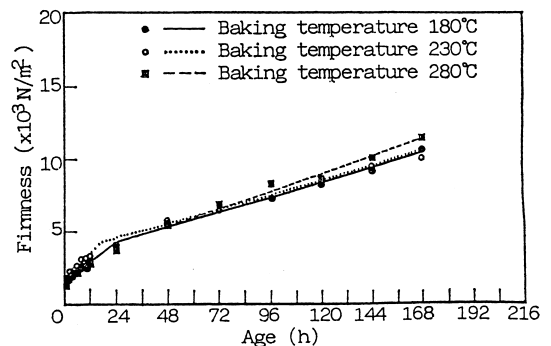


図9 かたさに及ぼす焼成温度の影響

Fig. 9 The effect of baking temperature on firmness

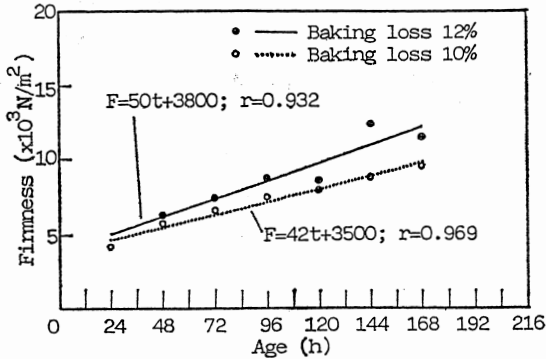


図10 かたさに及ぼす焼減率の影響

Fig. 10 The effect of baking loss on firmness

度はあまり変わらず²²⁾, クラム構造の形成はこの生地内部温度とその温度に保つ時間により影響を受けるものと考えられるためである。

焼減率は焼成中の生地の重量減少量の初期重量に対する比と定義される。図10は標準焼成温度で焼減率10%及び12%で焼成した試料の保存中におけるかたさの変化を示したものである。焼減率10%のものに比べ、焼減率12%の方がやや硬く、硬化速度も大きい傾向を示した。これはクラムの力学特性が組織構造だけでなく、水分にも依存するため、通常水分が高いほどかたさは小さい値を採る。したがって、焼成工程の焼減率を検討することはクラムの含水率だけでなくかたさを調整する上でも重要と考えられる。

7. 保存温度

標準焼成温度 230°C で焼成したローフを 5°C, 13°C, および 20°C の温度条件下で保存し, 老化 (Staling) に伴うクラムのかたさを測定し, その経時変化を図11に示した。図中にスライス10枚に対する平均値のプロットとこれに対する回帰直線を示した。各保存温度に対する回帰直線式を以下に示す。

$$5^{\circ}\text{C} : F = 416t + 1300, t \leq 12; r = 0.996 \quad (1)$$

$$F = 45t + 8300, t > 12; r = 0.977 \quad (2)$$

$$13^{\circ}\text{C} : F = 230t + 1300, t \leq 12; r = 0.992 \quad (3)$$

$$F = 42t + 5400, t > 12; r = 0.984 \quad (4)$$

$$20^{\circ}\text{C} : F = 147t + 1700, t \leq 12; r = 0.976 \quad (5)$$

$$F = 42t + 3500, t > 12; r = 0.969 \quad (6)$$

ここで, r は相関係数である。保存温度の影響で食パンは保存初日のうちにかたさに明らかな差

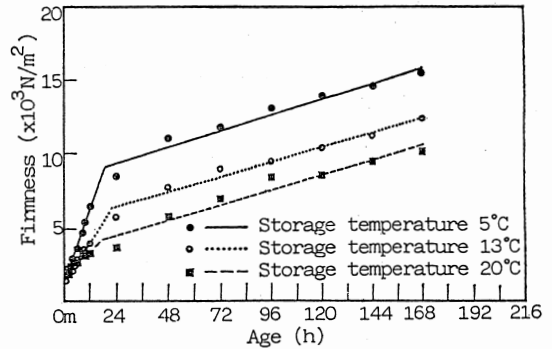


図11 かたさに及ぼす保存温度の影響

Fig. 11 The effect of storage temperature on firmness

が生じ, これ以降いずれの場合においてもほぼ同様な硬化速度で保存時間に比例して徐々に硬化する傾向にある。とりわけ焼成後12時間未満の場合, 硬化速度は 20°C の 147 N/(m²·h), 13°C の 230N/(m²·h) および 5°C の 416N/(m²·h) という差を示した。このことは焼成直後の保存温度がパンの老化に伴うクラムの硬化をコントロールする重要な因子であることを示している。

クラム硬化の大きな原因はでんぷんの結晶化速度にあり, この速度は保存温度の低下に伴って速くなり, 特に温度が 2~4°C, 水分含量が 30~60% のとき, 老化は最も促進される²³⁾。パンの保存温度と老化に伴うかたさの変化については, 比較的多くの報告がある。保存温度が 44°F (6.7°C), 75°F (23.9°C) および 100°F (37.8°C) の場合, 低温ほど食パンは硬くなり⁷⁾, 21°C および 30°C についても同様な報告⁹⁾ がなされている。また食パンが直接大気に触れないように保管しておけば, 25~28°C でかたさの面からは食パンの保存がよいが, 0~20°C では食パンの硬化は温度が下がるにつれ速まり, また食パンを 55~60°C の高温で保存すると, 原則としてでんぷんの変質を止められるが, バクテリアが発生しやすい²⁴⁾などの報告がある。

IV 摘 要

かたさは食パンの品質評価に重要な指標である。本実験ではクラムの圧縮力-変形率曲線の特性を明らかにした。また, 焼成直後から 168 時間までのかたさの経時変化について考察し, 焼成条

件及び保存温度がかたさに及ぼす影響について検討を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) クラムの変形量が厚みの25%に達したときの応力がかたさと定義した。クラムは焼成後の経過時間に比例して硬化し、その速度は焼成後12時間まではそれ以降よりかなり速い傾向にある。

(2) クラムのかたさはローフ中の位置に依存し、成形方法により影響を受けることが分かった。ローフのサイズの如何にかかわらず、棒状成形及びツイスト状成形のものはローフ中心のスライスが硬く両端にいづくにつれ軟らかくなる。またN状成形の食パンは全体的に棒状成形およびツイスト状成形の食パンはより軟らかい傾向にある。

(3) 食パンのかたさはローフ比容積により影響を受け、クラムはローフ比容積の増加につれ軟らかくなることが認められた。

(4) 焼成温度180~280°Cの範囲では、焼成温度がクラムのかたさに及ぼす影響は認められなかった。また、焼減率が高くなるにつれクラムは硬くなることが分かった。

(5) 保存温度はクラムのかたさに大きく影響を及ぼし、5~20°Cの範囲では保存温度が低下すれば食パンの硬化は速まることを明らかにした。保存温度の影響は保存初期（焼成後12時間）において最も大きいことが知られた。

参 考 文 献

- 1) Szczesniak A. S.: Applying rheology to dough and baked goods, *Cereal foods world*, 33(10), 841—843, 1988
- 2) 王 益平, 森嶋 博, 瀬尾康久, 相良泰行, 芋生憲司: 食パンのレオロジーに関する基礎的研究(第1報)—クラムの圧縮性と弾性係数—, *農機誌*, 54(1), 73—80, 1992
- 3) Persaud J. N., Faubion J. M. & Ponte J. G. Jr.: Dynamic rheological properties of bread crumb. I. Effects of storage time, temperature, and position in the loaf, *Cereal Chemistry*, 67(1): 92—96, 1990
- 4) American Association of Cereal Chemists: Cereal laboratory methods, Staleness of bread compression test with baker compressimeter, *AACC Method* 74—10, 1961
- 5) Knightly W. H.: The staling of bread, *The Bakers Digest*, 51, 52—56, 144—150, 1977
- 6) Baker A. E. & Ponte J. G. Jr.: Measurement of bread firmness with the Universal Testing Machine, *Cereal Foods World*, 32(7), 491—493, 1987
- 7) Waldt L.: The problem of staling, *The Bakers Digest*, 42(10), 64—67, 1968
- 8) D'Appolonia B. B. & Morad M. M.: Bread staling, *Cereal Chemistry*, 58(3), 186—190, 1981
- 9) Lorenz K. & Dilsaver W.: Bread compressibility as affected by slice thickness, *Journal of Food Science*, 47, 689—691, 1982
- 10) Axford W. E., Colweel K. H. Cornford S. J. & Elton G. A. H.: Effect of loaf specific volume on the rate and extent of staling in bread, *Journal of Science of Food and Agriculture*, 19, 95—101, 1968
- 11) Peleg M., Roy I., Campanella O. H. & Normand M. D.: Mathematical characterization of the compressive stress-strain relationships of spongy baked goods, *Journal of Food Science*, 54(4), 947—949, 1989
- 12) 赤羽ひろ, 中浜信子: 調理におけるレオロジー測定(その3), *調理科学*, 22(3), 173—182, 1989
- 13) Wassermann L.: Relationship between structure and rheological properties of bread crumb, *Food texture and rheology* (Sherman P.), Academic Press Inc, 283—289, 1979
- 14) Bishop E. C. & Wren J. J.: A method for measuring the firmness of whole loaves of bread, *Journal of Food Technology*, 6, 409—413, 1971
- 15) Loh J.: Rheology of soft wheat products, Rheology of wheat products (Faridi F.), *The American Association of Cereal Chemists, Inc.*, 193—218, 1985
- 16) Ebeler S. E., Breyer L. M. & Walker C. E.: White layer cake butter emulsion characteristics: Effect of sucrose ester emulsifiers, *Journal of Food Science*, 15 (5), 1267—1279, 1986
- 17) Baker A. E., Walker C. E. & Kemp K.: An optimum compression depth for measuring bread crumb firmness, *Cereal chemistry* 65 (4), 302—307, 1988
- 18) Ponte J. G., Titcomb S. T. & Cotton R. H.: Flour as a factor in bread firming, *Cereal Chemistry*, 39, 437—444, 1962
- 19) Short A. L. & Roberts E. A.: Pattern of firmness within a bread loaf, *Journal of Science of Food and Agriculture*, 22, 470—472, 1971
- 20) McDermott E. E.: Measurement of the stickiness and other physical properties of bread crumb, *Journal of Food Technology*, 9, 185—193, 1974
- 21) 坂本達雄: 製パン入門, ベーカーズ・タイム社, 103—126, 1982
- 22) 呉 計春: 食パンの焼成プロセスに関する基礎研究, 東

京大学農学部博士論文, 26-31, 1988

24) 越後和義: パンの研究, 柴田書店, 59-64, 1976

23) 久下 番: デンプンの構造と物性, 食品の物性第3集

(松本幸雄), 食品資材研究会, 109-123, 1977

(原稿受理平成3年2月1日・質問期限平成4年5月31日)

新入会員紹介 (平成3年12月以降)

都道府県の区分は学会誌配布先による

氏名	勤務先	郵便番号	勤務先所在地	郵便番号	現住所
[岩手] (学生) 清水直人	岩手大学農学部	020	盛岡市上田3-18-8 ☎0196(23)5171	020	盛岡市上田3-18-5 自啓寮 ☎0196(51)6299
[茨城] 黎文	茨城大学農学部	300-03	稲敷郡阿見町阿見3998 ☎0298(87)1261	300-03	稲敷郡阿見町中央3-21-1 霞光寮 ☎0298(87)1267
[神奈川] 池ノ本八郎	防衛大学校研究科	239	横須賀市走水1-10-20 ☎0468(41)3810内2330	239	横須賀市走水1-10-20 防衛大学校研究科学生舎 ☎0468(41)3810
[長野] 石澤広明	(出)長野県農村工業研究所	382	須坂市須坂787-1 ☎0262(48)0875	382	須坂市坂田163-1 ☎0262(48)4325
岩崎博行	オリオン機械㈱	380	長野市若里521-1 ☎0262(27)2776	381-02	上高井郡小布施町都住111-3 ☎0262(47)4099
[大阪] 飯田訓久	京都大学農学部農業工学科	606-01	京都市左京区北白川追分町 ☎075(753)6167	606	京都市左京区田中上玄京町24 坂田方 ☎075(701)1759
[愛媛] 韓東海	愛媛大学農学部	790	松山市樽味3-5-7 ☎0899(41)4171	790	松山市桑原4-1-14 桑原住宅11号室 ☎0899(45)8577
[高知] HERRY SUHARDIYAN-TO	高知大学農学部	783	南国市物部乙200 ☎0888(63)4141	782	香美郡土佐山田町宝町3-4-14 ☎08875(2)2626
[福岡] (学生) 吉丸哲司	九州大学農学部	812	福岡市東区箱崎6-10-1 ☎092(641)1101	811-02	福岡市東区美和台1-15-6 ☎092(607)4622
[宮崎] 坂本俊憲	宮崎大学農学部	889-21	宮崎市学園木花台西1-1 ☎0985(58)2811	880	宮崎市大字田吉5506田吉アパート2-6 ☎0985(56)7552