

品種の異なる大麦粉の食パンへの利用

Utilization of Various Barley Varieties in Fiber-Bread Processing

竹内枝穂* 津田淑江*

(Shiho Takeuchi)

(Toshie Tsuda)

We studied the processing of bread in which 20, 40 or 60% of the wheat flour had been replaced by five kinds barley flour rich in fiber. Automatic bread bakers were used for baking. The addition of barley flour decreased the loaf volume of the bread and made the crumb color more orange when compared with the control bread. The crumb firmness increased with increasing amount of barley flour. It was concluded that the formula of 60% wheat flour, 38% barley flour and 2% wheat gluten was the best for bread making when using barley flour as a fiber source. The result of a sensory evaluation by 18 to 21-year-old women show that the bread samples containing barley flour were acceptable in all the sensory attributes tested.

キーワード：大麦粉 Barley Flour；ファリノグラフ Farinograph；アミログラフ Amylograph；食物繊維 Dietary Fiber；パン Bread；物性 Texture

大麦は小麦，米，とうもろこしについて生産量の多い穀物で，我が国では食用，飼料用として用いられている。食用の例としては，押し麦にして麦御飯として用いられる他，麦粉菓子として，精白麦を煎ってから粉にして菓子などに用いられている。また，ビールや麦茶などの原料として用いられている。しかし，精白麦を粉にしたものはグルテンを形成しないためパンや麺などに用いることが難しいとされ加工食品への利用が少ない。大麦としての摂取量は1964年には一人一日約10gであったが1999年には0.1gとなり，ほとんど摂取されていないことがわかる¹⁾²⁾。しかし，大麦粉は食物繊維が多く，食物繊維総量は100g当たり9.6gであり，小麦粉と比較して約4倍の量が含まれているという有用性があり，加工食品への利用が期待されている。食物繊維は，帯腸時間を短縮し乳酸菌などの有機酸を生産する菌を増加させ腐敗菌を減少させることにより大腸癌の予防因子となる事，血中コレステロール上昇を抑制する事，食品中有害物の吸収を抑制する事などの様々な生理的機能があるといわれている³⁾。特

に，大麦中の食物繊維は β -グルカンを主体とした水溶性食物繊維を多く含み³⁾⁴⁾，これら穀類ガム質は，遺伝性肥満ラットの肥満に伴う症状を緩和する事が報告されている⁵⁾。

日本人の食物繊維摂取量は国民栄養調査の食品群別摂取量より求められ1990年には一日当たり17.0gであり，10代では11.5gであるという報告もあるが⁶⁾，第六次改訂日本人の栄養所要量では，摂取量は16g程度と推定され，目標摂取量として20~25g(10g/1,000kcal)とされている⁷⁾。食物繊維は通常食品を摂取している限り過剰摂取による健康障害は少なく，逆に努力して摂取しなければ不足しがちになると考えられる。日常的な食物繊維摂取量の増加を考え，第二の主食として定着しているパンに食物繊維を多く含む穀類を添加し，その製パン性に及ぼす影響についての報告は多いが^{8)~13)}，大麦粉を使用した報告は少ない。また，品種の異なる大麦粉の調理特性および品種の違いによる製パン性への影響についての報告はない。

そこで本研究においては，食物繊維量の多い大麦粉をパンへ添加し，大麦粉の種類が製パン性に及ぼす影響について検討し改良を行った。

* 共立女子短期大学

(Kyoritsu Women's University, Tokyo 101-8433)

品種の異なる大麦粉の食パンへの利用

9. 官能検査

共立女子短期大学の18~21歳の学生23人を対象に表1に示す調査表で官能検査を行った。

結果及び考察

1. 5種大麦粉の性状

1) 大麦の一般成分値

大麦の一般成分値を表2に示した。また、ミノリ、イチバンボシ、フェニックス、ミカモは歩留まり70%、粒度250 μ m以下の粉体であり、ミノリ2は歩留まり56%、粒度149 μ m以下の粉体であった。

2) ファリノグラム特性

ファリノグラム試験の結果を図1に示した。大麦粉のみではグルテンが形成されないため、大麦粉40%配合の強力粉を測定した。大麦粉を強力粉に配合することにより生地のコね上げ時間が長くなり、弱化度が減少し、安定性が増したものは、ミノリ(六条皮麦)、イチバンボシ(六条裸麦)、ミノリ2(六条ミノリ麦)であった。変化がなかったものはフェニックス(二条裸麦)であった。ミカモ(二条皮麦)は、生地のコね上げ時間、弱化度が増し、安定性が減少した。このことから、二条種よりも六条種の大麦の方が安定性があることが明らかとなった。裸性による差異は見られなかった。

六条種のミノリ、イチバンボシ、ミノリ2を添加したドウは、強力粉のみに比べグルテン形成量が少ないにも関わらず安定性が増すという結果となった。松本ら¹⁴⁾は薄力粉に大麦粉と高繊維大麦粉を添加し同様な実験を行っており、大麦粉50%配合生地において、大麦粉の繊維質及び蛋白質が生地の安定性を高め、こねすぎによるグルテン構造の破壊を防ぐと報告している。本研究においても、大麦粉中の食物繊維および蛋白質が関与しているものと考えられた。

また本研究においては、強力粉と大麦粉の吸水率に大きな差は見られなかったが、生地の吸水に影響を与える小麦粉成分として澱粉、蛋白質、ペントサンがある。Greerら¹⁵⁾によると、健全澱粉はそれ自身の0.44倍、グルテンは1.1倍、ペントサンは15.0倍の水を吸う力がある。吸水率に最も影響するのは蛋白質量で、中でもグルテンになる部分が強い吸水力を持っていると報告している¹⁶⁾。本実験においては、強力粉に大麦粉を置換させたことによりグルテンの割合が減少し吸水

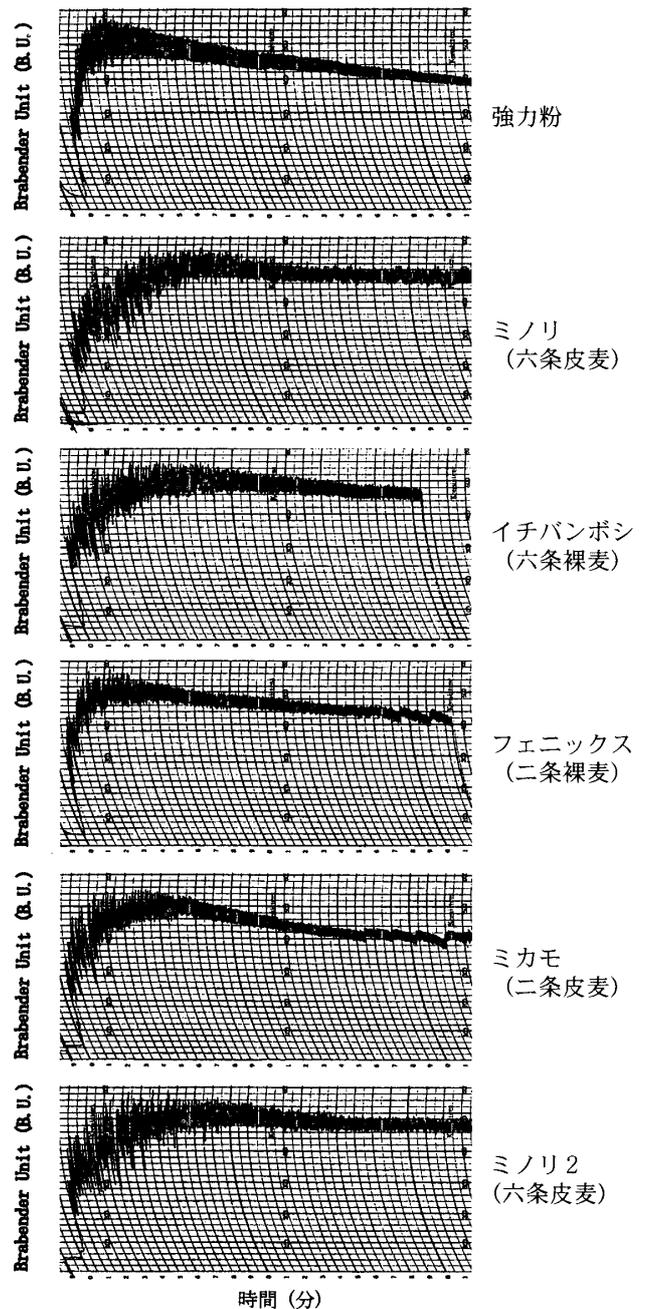


図1. 強力粉及び大麦粉40%置換強力粉のファリノグラム
率は低下するところであるが、大麦中に含まれる食物繊維や澱粉が吸水し相対的な吸水率の変化がなかったものと推察される。

3) 糊化特性

小麦粉には、グルテンとなるタンパク質の他に炭水化物が約70%含まれている。炭水化物の大部分がでん

表2. 大麦の一般成分値(100g当たり)

エネルギー	水分	蛋白質	脂質	炭水化物	灰分	食物繊維総量
340Kcal	14.0g	6.2g	1.3g	77.8g	0.7g	9.6g

表 3. 強力粉及び大麦粉のアミログラフ結果

	糊化開始温度 (°C)*	最高粘度 (B.U.)	最高温度 (°C)	最低粘度 (B.U.)	ブレイクダウン (B.U.)	最終粘度 (B.U.)	セットバック (B.U.)
強力粉	67.3	275.7	92.2	199.3	76.3	535.3	336.0
ミノリ	60.7	1222.7	93.3	796.0	426.7	1713.3	917.3
イチバンボシ	62.3	856.0	92.7	552.7	303.3	1349.3	796.7
フェニックス	59.5	1205.5	92.8	697.5	508.0	1545.8	848.3
ミカモ	64.3	599.5	93.3	426.0	173.5	1097.5	671.5
ミノリ2	60.0	1204.7	92.3	701.0	503.7	1646.0	945.0

* 20 B.U. に達した温度

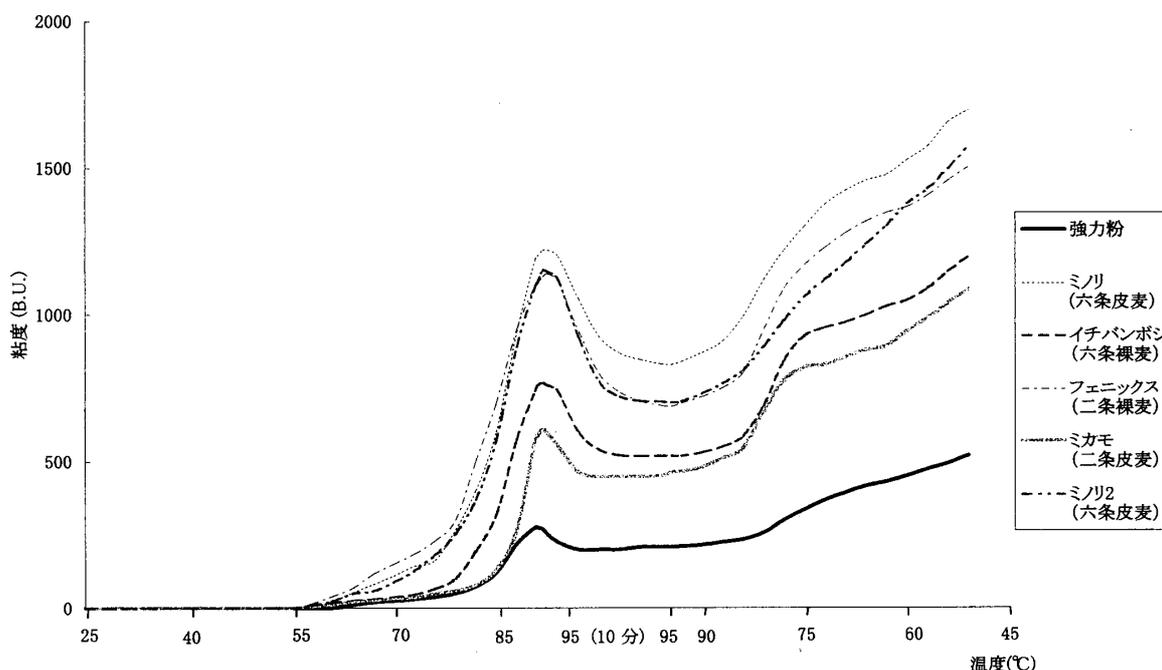


図 2. 強力粉及び大麦粉のアミログラム

ふんであり、このでんぷんの挙動が製パン性に影響を及ぼしている。強力粉及び大麦粉に含まれるでんぷんの糊化性状を知るためにアミログラフ試験を行った。アミログラフ試験の結果を表3に、アミログラムを図2に示す。強力粉は糊化開始温度が高く、最高粘度も低く、ブレイクダウン、セットバックともに低い値を示した。これに対し、ミノリ、フェニックス、ミノリ2は、最高粘度が非常に高く、ブレイクダウン、セットバックともに高い数値を示しよく類似した結果となった。ミカモは他の4種の大麦粉と比較して、糊化開始温度が高く、最高粘度も低く、ブレイクダウン、セットバックともに低い結果となった。

糊化時の粘度に及ぼす小麦粉成分のうちの一つはアミラーゼ活性である。小麦粉中に含まれるアミラーゼの活性が強いと粘度が低下する。アミラーゼはでんぷんを低デキストリン化させ、さらにマルトースまで分

解する。焼成中にでんぷんが糊化し粘性を増しすぎて、生地膨張を抑制してしまう場合に、このアミラーゼが作用してでんぷんの粘性を低下させる役割がある。小麦粉中に含まれる α -アミラーゼは少なく、イーストフードとして添加されることが多い¹⁶⁾¹⁷⁾。日本の二条大麦はおもにビール麦として改良が行われており、アミラーゼ活性が高い品種もある¹⁸⁾。本研究で使用したミカモゴールドデンはビール麦として改良がおこなわれており、高酵素力の特徴としている。そのため、アミログラムの最高粘度が低かったものと考えられる。さらに本研究では、ミノリ、フェニックス、ミノリ2は糊化開始温度が低く、最高粘度が非常に高い結果となったが、これら的大麦粉は寒冷地及び寒冷地南部で改良が行われた大麦粉である。温暖地で改良がおこなわれた大麦粉よりも寒冷地で改良が行われた大麦粉の方が最高粘度が高いことが明らかとなった。糊化粘度には

品種の異なる大麦粉の食パンへの利用

その他、澱粉含量、ペントサン、ヘミセルロースなどが関与していると考えられこの点についてはさらに検討が必要と思われる。

以上のことから、六条皮麦のミノリとミノリ2はファリノグラム、アミログラム特性ともに類似した傾向を示した。また、アミログラム及びファリノグラムにおいては、裸性による違いはみられなかった。

2. 大麦粉添加による製パン性

ミノリ、イチバンボシ、フェニックス、ミカモ、ミノリ2の5種の大麦粉を強力粉に対して20%、40%、60%置換させて自動製パン器により焼き上げた。基準パンを100%としたときの菜種置換法による体積の変化を検討したところ、5種ともに大麦粉の配合割合が増加するにつれて低下した。低下の割合が最も少なかったのはミノリ2であった。条性および裸性による体積の違いは見られなかった。また、食味においては、5種ともに割合が多くなるに従って大麦特有の土臭い匂いがするようになり、弾力性が増した。

大麦粉添加によるクラムの色差を検討したところ、5種ともに大麦粉の配合割合が増加するにつれて黄色みと赤みが増し明度も低下した。大麦は粒の中央に溝があり、これに皮が密着しているため、製粉されたときにごく薄い茶色みを帯びた粉が混入している。したがって、大麦粉の配合割合が増加するにつれその割合も増し、茶色味が強くなり、色差も増加したものと考えられる。

テクスチャーも、大麦粉を添加することにより基準パンより応力を増し硬くなった。

以上のことから、5種類ともに大麦粉を添加することによりパンの体積が減少し、硬くなり、黄色みを増すなどパンとしての品質が低下したといえる。特に大麦粉60%添加では、プランジャーがパン生地を押しやぶるなど品質の低下が著しかった。田中ら¹⁹⁾によれば、発酵過程におけるガスをよく包蔵するには、グルテンマトリックスが連続相をなしていること、グルテンと澱粉との間に強い結びつきが起ることが必要とされており、この点において小麦粉は大麦などの他の澱粉にみられない特性を備えていると報告している。また、発酵段階において小麦澱粉と他の澱粉との間に明瞭なガスの包蔵性の差が生ずることを認め、この差はグルテンとの結びつきに関係する澱粉粒表面の性質の差に起因するものと報告している¹⁹⁾。本研究においても、大麦粉を添加することにより発酵中のガスの包蔵性が悪くなり膨化が抑制されたと考えられる。また、ファリノグラム試験の結果においてミノリ、イチバン

ボシ、ミノリ2の添加による生地の安定性が見られたが、アミログラム試験においては、強力粉に対して大麦粉5種はともに最高粘度が高く、ブレイクダウン、セットバックとも高い結果となった。このことは、ドウの状態は良いが、パンの焼成中において糊化開始が早く、糊化が進みすぎて生地の粘性が増し、イーストによって発生した二酸化炭素やその他の揮発成分が気化して生地を押し上げるのを抑制していると考えられる。したがって、大麦粉の配合割合が増加するにつれて体積が低下し硬くなったのはこのためであると考えられる。また、弾力性が増したのは、糊化し粘性を増したデンプン生地が気泡をつぶしてしまい、膨らまずに凝集したためであると考えられる。

5種の中で、品質の低下が最も少なかったのはミノリ2であった。アミログラム、ファリノグラムの結果が類似していたにもかかわらず、同品種のミノリよりもミノリ2の体積が大きくなった理由として、ミノリは歩留まり70%、粒度250 μm 以下の粉体であるが、ミノリ2は歩留まり56%、粒度149 μm 以下の粉体であることが考えられた。

そこで、最も体積が大きくなったミノリ2を使用し、基準配合パンに近づけるための改良を行った。

3. ミノリ2配合パンの改良

1) 改良にともなう配合割合の決定

ミノリ2を使用して改良を行うにあたって、大麦の配合割合を決定するために、さらに詳細な配合割合の段階をもうけ、その体積、色差、テクスチャーを測定した。大麦粉使用量増加による体積の変化を図3に示し、テクスチャーの変化を図4に、色差変化を表4に示した。使用量が増加するに従い、体積は徐々に減少し膨らみが悪くなった。減少割合が大きくなったのは、40%~50%、50%~60%であった。テクスチャーは0%から40%までは徐々に圧縮後半の硬さが増していったが、50%、60%においては圧縮前半の硬さが硬くなった事に加え、後半の硬さも著しく増加した。さらに70%、80%では、約半分を圧縮したところで破断した。色差は配合割合が増加するにつれ徐々に ΔE の値が増加した。食物繊維量とこれらの結果を合わせ、膨化の減少割合が大きくなり硬さが急激に増した配合割合が50%以上のパンは改良が難しいと考え、以後40%配合したパンの改良を行うこととした。

2) 加水量の増加

水は、デンプンの膨潤、糊化、グルテンの形成に大きく作用する。また、ドウに流動性を与えることによって発酵による膨化を助けるという働きがある。その

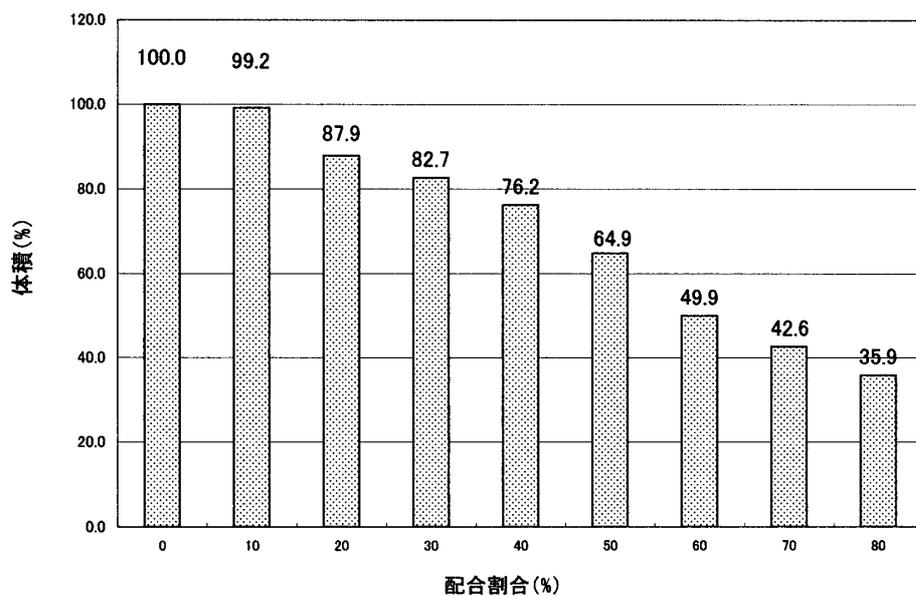


図 3. ミノリ 2 (六条ミノリ麦) の配合割合の増加による体積の変化

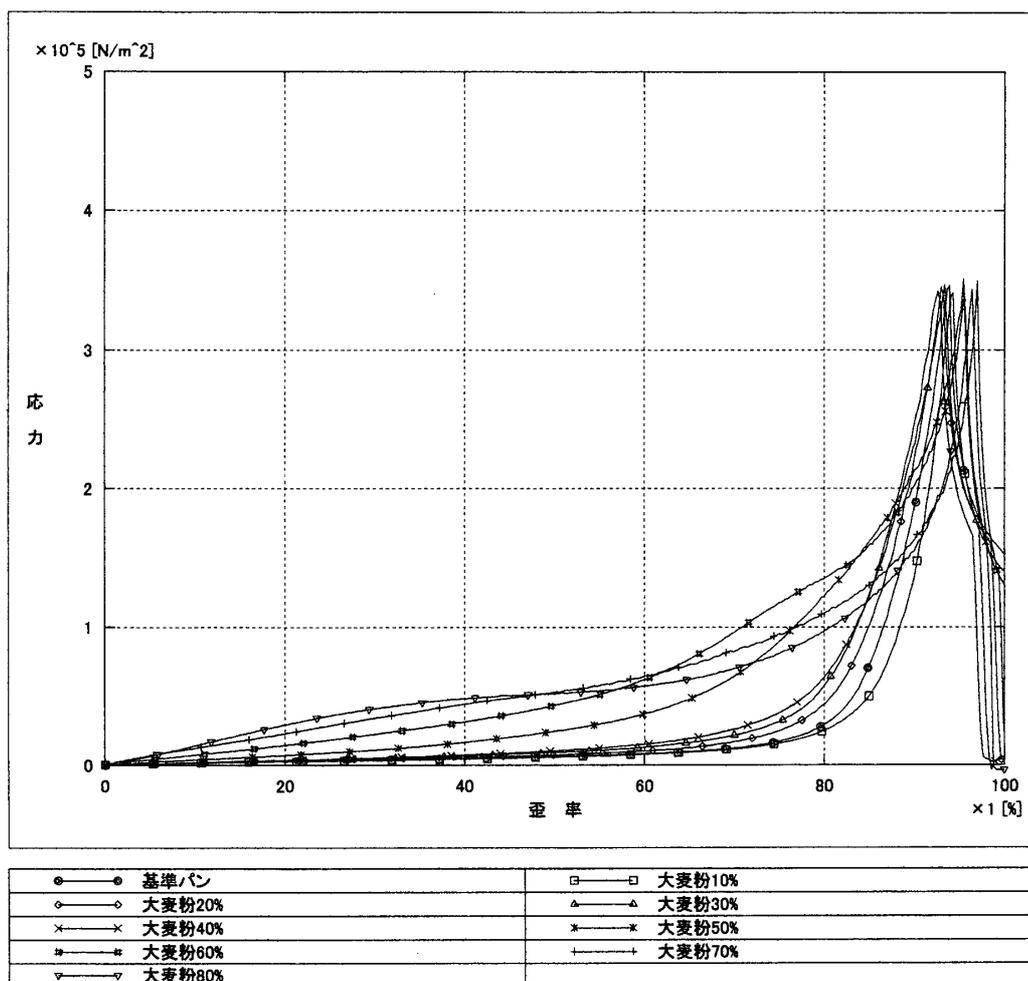


図 4. ミノリ 2 (六条ミノリ麦) 大麦粉の配合割合増加によるテクスチャーの変化

品種の異なる大麦粉の食パンへの利用

表4. ミノリ2(六条ミノリ麦)の配合割合増加による色差変化

	L*	a*	b*	ΔE
基準パン	67.43	-0.82	10.98	
大麦粉 10%	65.75	0.38	11.25	2.08
大麦粉 20%	65.13	0.37	12.83	3.18
大麦粉 30%	65.00	0.37	12.37	3.04
大麦粉 40%	63.63	0.69	12.34	4.25
大麦粉 50%	62.76	1.40	13.73	5.79
大麦粉 60%	62.41	2.12	15.34	7.20
大麦粉 70%	60.83	2.68	15.90	8.87
大麦粉 80%	59.43	3.21	16.94	10.69

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2}$$

ため、加水量を増加させることを試みた。加水量は基本配合に対して102.5, 105.0, 107.5, 110.0, 112.5%の5段階で行った。その結果体積は徐々に増加し、110%で体積が基本配合のパンに近づいた。

先に述べた通り、大麦粉は糊化粘度が大きいいため膨化を抑制すると考えられるが、加水量を増加させることによって生地に流動性が加わり、加熱時の膨化を助ける働きをしていると考えられる。

3) 砂糖の添加

砂糖は、イーストの餌となり発酵を助けるほか、生地を軟化させ、製品組織の柔軟性を与え、保存性を向上させる作用をしている¹⁶⁾。また、大麦粉20%置換した薄力粉に砂糖を30%添加する事で、生地の安定性の向上が報告されている¹⁴⁾。そこで、砂糖を添加することを試みた。砂糖の添加量は基本配合に対して125, 150, 200%を添加した。その結果、体積は200%添加で約5%増加したが大きな差は見られなかった。テクスチャー

は、徐々に柔らかさが増し、色差には変化がみられなかった。また、砂糖を添加することにより大麦臭さが減少した。砂糖を添加することにより、生地が軟化し、膨化を助ける役割をしたと考えられる。しかし、パンの副材料である砂糖や油脂は、小麦粉よりも吸水が早いため、グルテンの形成を阻害したり、澱粉が糊化するのを遅らせる働きがある¹⁰⁾。そのため、水との併用によりさらに改良されるのではないかと推察された。また、砂糖を添加することにより大麦臭さが緩和されたのは、砂糖がメイラード反応してできた芳香成分によるものと考えられる。

4) グルテンの使用

先に述べたとおり、大麦粉はグルテンを形成しないため、大麦粉40%配合のパンはグルテン形成が少ない。そこで、基準パンと、ミノリ2 40%置換パンのグルテンを採取し、その乾麩量を求めた。副材料によるグルテン形成の影響などを考慮し、配合割合は先に述べたパン作成と同様とした。こね操作も、自動ホームベーカリーで行った。すなわち、材料を加え20分間ねり、10分間ねかせ、ドライイーストを加えたのち、5分間ねり取り出した。この生地を水中で水洗いしてグルテンを採取し、180°C、30分間オーブンで焼き、デシケーター内で1日乾燥させ、その乾麩量を測定した。その結果、基準パンは30.7±1.0gであったのに対し、ミノリ2 40%置換パンは、24.7±1.0gであり、その差は、6.0gであった。そこで、大麦粉量の5%のグルテン量を添加したパンを作成した。すなわち、強力粉168.0g、大麦粉106.4g、グルテン5.6g、その他の材料は基準パンと同量とした。その結果、テクスチャー

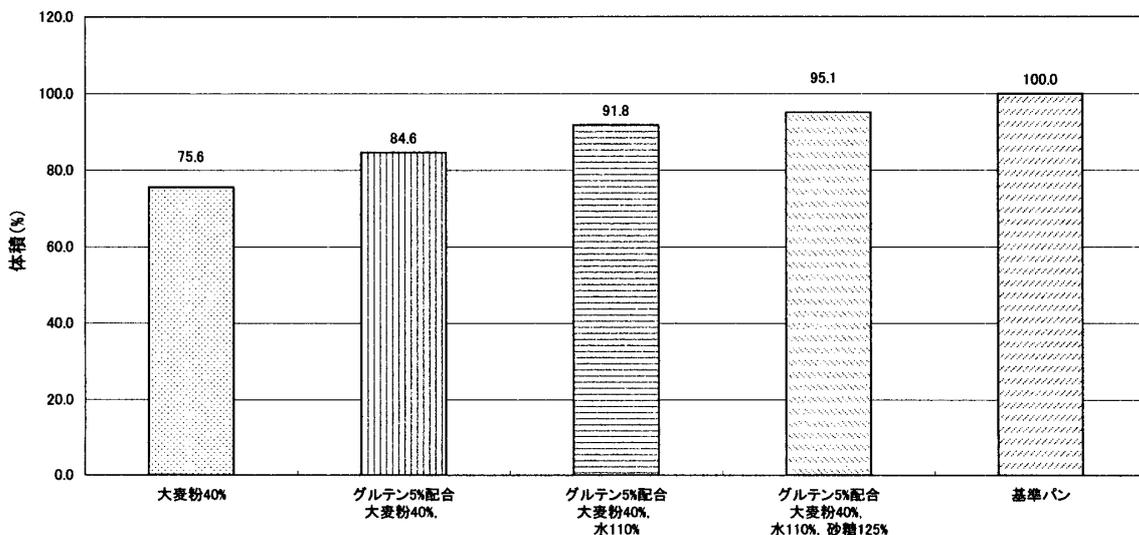


図5. ミノリ2 40%配合パンにおける副材料添加割合の違いによる体積

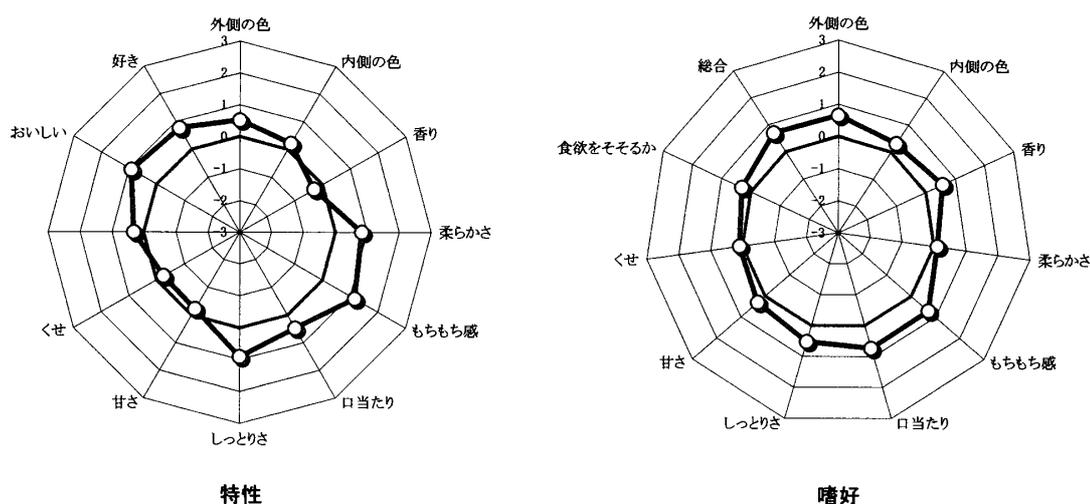


図 6. グルテン 5%, 水 110%, 砂糖 125% 配合ミノリ 2 (六条ミノリ麦) 使用大麦粉パンの官能検査結果

に大きな差は見られなかったが、体積は 75.6% から 84.6% に増加した。さらに水、砂糖の使用量を増加させ検討を行った。これらの体積変化の結果を図 5 に示した。いずれの配合においてもテクスチャーは、圧縮の後半でミノリ 2 40% 配合のものよりも、やや柔らかい結果となった。最も体積が大きかった配合割合は、水 110%, 砂糖 125% で、体積は 95.1% となり、基準パンの体積に近づいた。以後、この配合によって焼き上げたパンを改善パンと称することとした。

5) 改善パンの官能検査

改善パンについて、内部のみを約 5cm の立方体に切り、共立女子短期大学学生 23 人をパネラーとし官能検査を行った。その結果を図 6 に示した。特性については、柔らかい、もちもちしている、しっとりしている、おいしいの項目がややあるとなり、そのほかの項目についても普通となった。嗜好については、すべての項目について普通以上で、もちもち感、口当たり、総合の項目について、やや好まれる傾向にあった。基準パンとの比較ではなく、パネラーが食パンとして持っているイメージと比較した結果であるが、改善パンが普段口にしている食パンとあまり差がなく食べられるという結果となった。

また、この改善パンを 6 枚切り 1 枚を食べる事により、食物繊維総量として 2.7g 摂取する事ができ、食物繊維摂取量増加に効果があることが期待できた。

要 約

1. 品種による調理特性を検討したところ、ファリノグラム特性では、強力粉のみの場合と比べて、六条種の大麦粉を加えると安定性が増し、二条種の大麦粉を

加えることにより安定性が低下した。また糊化特性では、温暖地で改良が行われた大麦粉よりも、寒冷地で改良が行われた大麦粉の方が高い最高粘度を示すことが明らかとなった。

2. 小麦粉に 5 種類の大麦粉をそれぞれ置換させて食パンを焼き上げたところ、5 種類ともに大麦粉を添加することによりパンの体積が低下し、硬くなり、黄色みを増すなどパンとしての品質が低下した

3. 5 種の大麦粉の中でミノリ 2 は、体積の低下が最も少なかった。

4. ミノリ 2 40% 配合の強力粉を以下の条件で製パンする事により基準パンの体積、色、硬さ、風味に近づけることができた。

1) 大麦粉量の 5% のグルテン量を添加する。

2) 水を通常の 110% 加える。

3) 砂糖を通常の 125% 加える。

5. 改善パンの官能検査をおこなった結果、普段口にしている食パンとあまり差がなく食べられるという結果となった。

6. 改善パンを 6 枚切り 1 枚食べる事により、食物繊維総量が 2.7g 摂取する事ができ、食物繊維摂取量増加に効果があることが期待できた。

終わりに、本研究を行うに当たり、試料を提供していただきました永倉精麦株式会社、阿部製麦株式会社ならびに、実験に協力して下さった新井絵美氏、飯島由佳氏、木村澄美氏(平成 12, 13 年度共立女子短期大学卒業)に感謝の意を表します。

品種の異なる大麦粉の食パンへの利用

文 献

- 1) 小林修平(1997), 健康・栄養選書 栄養所要量・基準量と食生活ガイドライン, 建帛社, 東京, 258.
- 2) 健康・栄養情報研究会 編(2001), 国民栄養の現状, 第一出版, 東京, 77.
- 3) 綾野雄幸(1995), 食物繊維, 第一出版, 東京, 23-24.
- 4) 光永俊郎, 林佑吉 (1993), 家政誌, **26**, 236-243.
- 5) 小田泰士, 青江誠一郎, 真田宏夫, 綾野雄幸 (1991) 栄食誌, **44**, 455-460.
- 6) Nishimune, T., Sumimoto, T., Konishi, Y., Yakushiji, T., Komachi, Y., Mitsuhas-hi, Y., Nakayama, I., Okazaki, K., Tsuda, T., Ichihashi, A., Adachi, T., Imanaka, M., Kirigaya, T., Ushio, H., Kasuga, Y., Sae-ki, K., Yamamoto, U., Ichikawa, T., Nak-ahara, S., and Oda, S. (1993), Dietary F-iber Intake of Japanese Younger Generat-ions and the Recom-mended Daily Allowa-nce, *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **39**, 263-278.
- 7) 健康・栄養情報研究会 編(1999), 第六次改訂 日本人の栄養所要量 食事摂取基準, 第一出版, 東京, 41-51.
- 8) M. R. Hart, R. P. Graham, M. Gee, A. I. Morgan Jr. (1970), *J. Food Sci.*, **35**, 661-665
- 9) Y. Pomeranz, M. D. Shogren, K. F. Fi-nney, D. B. Bechtel (1977), Fiber in Bre-admaking-Effects on functional property-es, *Cereal Chem.*, **54**, 25-41
- 10) N. Prentice, W. C. Burger, B. L. D'Ap- polonia (1979), Rolled High-Lysine Barley in Breakfast Cereal, Cookies, and Bread, *Cereal Chem.*, **56**, 413-416
- 11) M. D. Shogren, Y. Pomeranz, K. F. Fi-nney (1981), Counteracting the Deleter-i-ous Effects of Fiber in Breadmaking, *Cereal Chem.*, **58**, 142-144
- 12) O. J. Moder, K. F. Finney, B. L. Brui-nsuma J. G. Ponte, Jr., L. C. Bolte (1984), Bread-Making Potent-ial of Strai-ght-Grad and Whole-Wheat Flours of Tri-umph and Eagle-Plainsman V Hard Red Winter Wheats, *Cereal Chem.*, **61**, 269-273
- 13) C. S. Lai, A. B. Davis, R. C. Hosene-y (1989), Production of Whole Wheat Bre-admaking, *Cereal Chem.*, **66**, 224-227
- 14) 松本晴美, 丸山良子, 林裕子, 熱田玲子(1984), 大麦粉, 粟粉, 黍粉のレオロジー的性質, 家政誌, **35**, 165-171.
- 15) Greer, E.N., Stewart, B.A. (1959), The Water absorption of Wheat Flour: Relati-ve effects of Protein and Starch, *J. Sci. Food Agr.*, **10**, 248-252
- 16) 越後明, 早川幸夫, 前田茂(1991), 製パンの科学<II> 製パン材料の科学, 田中康夫・松本博編, 光琳, 東京, 33-207.
- 17) 田中康夫, 吉田巖, 高野博幸(1991), 製パンの科学<I> 製パンプロセスの科学, 田中康夫・松本博編, 光琳, 東京, 99-166.
- 18) 村松幹夫(1976), 別冊 蛋白質 核酸 酵素 植物酵素蛋白質研究法, 共立出版, 東京, 22-30.
- 19) 田中康夫 (1977), 澱粉科学ハンドブック, 朝倉書店, 東京, 559.

(2002年2月20日受理)