

## 藻類の製パンへの影響 (I)クロレラ

筒井知己 金井節子

Effect of Seaweed Substitution on Breadmaking  
( I ) Chlorella

TOMOMI TSUTSUI and SETSUKO KANAI

Physical properties of wheat flour replaced with 0.5 to 1.5% of seaweed Chlorella (WFRS) and baking properties of them were estimated.

Water absorption capacity of WFRS increased gradually as seaweed level increased.

Among the bread made from WFRS, the bread made from wheat flour replaced with 0.5% of chlorella showed better loaf volume and also showed better sensory evaluation score.

我々は先に海藻粉末の新しい利用法として、小麦粉に、ふのり粉末や、根昆布粉末、ひじき粉末、あおさ粉末を加え、小麦粉の物性や栄養特性を改善する試みを報告した。そして海藻粉末を用いたパンの中では、ふのり粉末を用いたものは多少ローフボリュームが大きく、すだちも良いが、根昆布粉末やひじき粉末を用いたものは、ローフボリュームが低下し、内層の気泡も小さく、硬めのパンになった。またあおさ粉末を用いたパンでは、あおさ粉末0.5%添加パンのローフボリュームが、小麦粉のみのパンより5%程大きく、多少軟らかいパンになった。これらの各パンの官能検査結果では、いずれのパンも食感、味でそれなりの評価を得ていた。<sup>1-4)</sup>そこで今回は藻類として、クロ

レラを利用することを検討した。クロレラの栄養成分としては、タンパクの含量が多く、乾燥藻体の60%以上に達する。またアミノ酸組成では含硫アミノ酸がやや少ないが他のアミノ酸は比較的バランスよく含まれている。脂質は12~13%程含まれており、約30%が $\alpha$ -リノレン酸である。ついでパルミチン酸とリノール酸がそれぞれ15%程含まれている。炭水化物ではヘミセルロースが多く含まれ、この多糖体にガンの増殖抑制作用があると報告されてる。<sup>5,6)</sup>さらに微量成分としてはクロロフィルやカロテノイドの含量が多い。動物実験の結果では、ラットやウサギにクロレラを供与することにより、高脂血症や動脈硬化の進展が抑制されている<sup>7)</sup>。また人の場合でもクロレラの供

Keywords: seaweed, baking property, electronic nose

与により血清コレステロールの低下が報告されている。<sup>8)</sup> さらにクロレラエキスには、細胞性免疫を誘導するサイトカイン遺伝子の発現を増進し、感染細菌に対する防御力を高めることも明らかにされている。<sup>9,10,11)</sup> この様な種々の機能性をもつクロレラの粉末を小麦粉に添加すれば、小麦粉の機能特性を改良することが出来るはずである。そこで今回我々は、市販強力小麦粉とクロレラ粉末を用いてクロレラ添加小麦粉を調整し、その物理的特性を測定するとともに製パン試験を行い、各物理的特性と製パン性との間にどのような関連があるか検討を加えたのでここにその結果を報告する。

## 実験方法

### 1. 試料の調整法

市販強力粉（日清製粉（株）、カメラア、水分14.4%、粗タンパク質12.6%、粗灰分0.4%）とクロレラ粉末（ファンケル（株）、粗タンパク質50.3%、粗脂肪15.1%、糖質1.0%）を用い、強力小麦粉の0.5%、1.0%、1.5%をクロレラ粉末で置き換えた粉を調整し、それぞれの粉を3回ふるいにかけて。そしてこれらをクロレラ粉末0.5%添加小麦粉、1.0%添加小麦粉、1.5%添加小麦粉とした。

### 2. 小麦粉の水分吸着量の測定

各小麦粉1.5gを遠心チューブにとり、蒸留水15mlを加えてから、イウチHS3Bマグネットスターで、強度3で1分間攪拌した。さらに10分後同様に攪拌しこの操作を3回繰り返した。次に遠心チューブを久保田KR-20000S遠心分離機で、1600G、25分間遠心分離した。遠心チューブ内の上澄液は別の容器に移し小麦粉抽質液とした。次に遠心チューブ内の各小麦粉の重量を測定し、各小麦粉に吸着された水の重量を算出し、各小麦粉100gあたりの水の吸着量に換算して水分吸着量とした。

### 3. 小麦粉の多重バイト試験

多重バイト試験にはタケトモ電気製テンシプレッサーTTP-50Xを用いた。各小麦粉2.5gを遠心チューブにとり、蒸留水5mlを加えてから日本精機製エースホモジナイザーAM型で1000rpmで10秒間攪拌した。このペースト状の生地をテンシプレッサーのプレートにのせ、直径36mmプランジャーを用い、クリアランス0.1mm、9mm/secのバイトスピード、ロードレンジ10kg、0.5mmの振幅で200バイトまで圧縮、戻りを測定した。

### 4. 製パン試験

製パン試験はTable 1のような原料配合で行った。市販強力小麦粉、またはクロレラ粉末添加小麦粉に、砂糖、食塩、スキムミルク（雪印乳業（株））、ドライイースト（日清製粉（株））を加え、3回ふるいにかけて。次にこれらをフナイオートベーカリーFAB-72に加え、水144mlを加えて5分間ミキシングした。さらにバター8gを加え製パンの標準コースにセットして、3時間50分かけて混捏、発酵、焼成を行った。製パンは同じ配合のものを3回繰り返して焼成した。焼成したパンは、重量を測定後、ローフボリュームを葉種置換法で測定した。次にパン（密閉容器に入れ1日室温で放置した物）の物性を測定するため、厚さ2cmに切断後、耳の部分除去して5.5cmの正方形に整形した。この硬さをタケトモ電気製テンシプレッサーTTP-50Xの圧縮システムを用い、サイクルスピード2mm/sec、クリアランス5mm、ロードレンジ10kgで測定した。またパンの色調はミノルタカラーセンサーMCR-Aで測定した。

### 5. ニオイセンサーによるパンの香り測定

Table 1 Typical bread formula

Ingredient	Quantity
Wheat flour	200g
Sugar	12g
Salt	4g
Skim milk	4g
Dry yeast	2g
Water	144ml
Butter	8g

各パンの内層を2 cm×2 cm×1 cmのサイズにカットしたものを、フェース・オートマチック・アロマテスターAT-60Eの試料槽におき、5分間、発生するにおいを、6種類の金属酸化物半導体センサーで電圧の変化として測定した。6種類の金属酸化物半導体センサーのうち、チャンネル(Chan.) 1は、窒素系、Chan. 2は、水素系、Chan. 3は、イオウ系、Chan. 4は、炭化水素系、Chan. 5は、酸素系、Chan. 6は、芳香族系の分子を特に感知するといわれている。

## 6. 官能検査

焼成直後のパンの色、味、香り、食感(硬さ、弾力性、歯もろさなど)、味、これらの総合評価について、7点評価法(非常に悪い(-3)、かなり悪い(-2)、やや悪い(-1)、普通(0)、やや良い(+1)、かなり良い(+2)、非常に良い(+3))で嗜好評価を行った。パネルは本学学生29名とした。データの解析は、二元配置による分散分析によった。

## 実験結果および考察

### 1. 各小麦粉の水分吸着量

強力小麦粉とクロレラ粉末添加小麦粉(WFRS)の水分吸着量は、Table 2のように

Table 2 Centrifuge absorption of wheat flour

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
Centrifuge absorption (%)	87.0	89.1	90.9	93.4

Table 3 Physical properties of wheat flour

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
Hardness (g)	81.6 (100%)	88.0 (107.8%)	87.2 (106.9%)	82.4 (101.0%)
Adhesiveness (g)	111.2 (100%)	108.8 (97.8%)	102.4 (92.1%)	101.6 (91.4%)

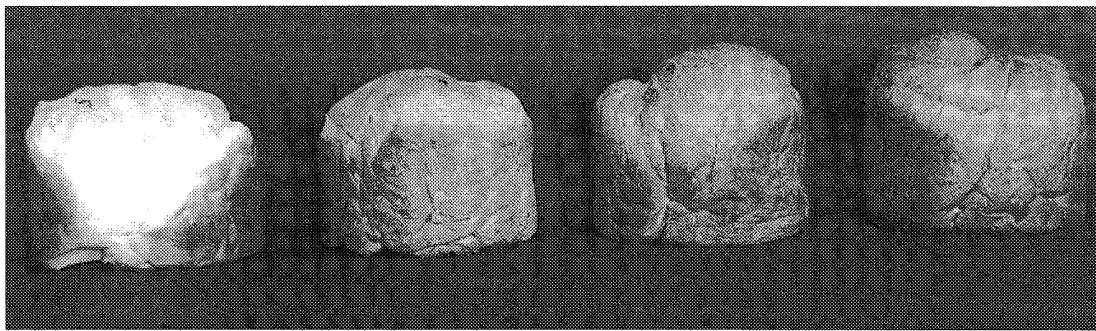
なった。クロレラ粉末添加小麦粉では、クロレラ粉末の添加量が増えるにつれて水分吸着量も増加した。またクロレラ粉末添加量( $X_1$ )と水分吸着量( $Y_1$ )の間には $Y_1=4.2X_1+86.95$  ( $r=0.998, 1\%$ の危険率で有意)の回帰式が得られた。

### 2. 小麦粉の多重バイト試験

各小麦粉の多重バイト試験結果はTable 3のようになった。圧縮に対する応力は、クロレラ粉末を添加すると多少増加した。クロレラ粉末添加小麦粉では、クロレラ0.5%添加小麦粉を用いたものが最も応力が大きく、さらにクロレラの添加量が多くなると応力は多少減少する傾向を示した。一方付着力は、クロレラ粉末の添加量が多くなるにつれて多少減少した。クロレラ粉末添加量( $X_1$ )と付着力( $Y_2$ )の間には $Y_2=-7.04X_1+111.28$  ( $r=-0.96, 5\%$ の危険率で有意)の回帰式が得られた。

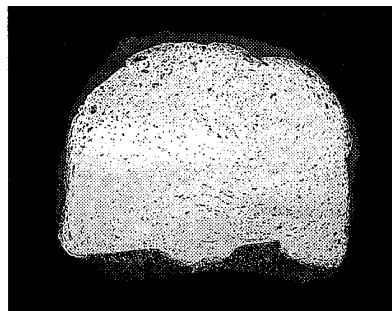
### 3. 製パン試験結果

各小麦粉を用いて焼いたパンの外観はFig. 1のようになり、各パンの重量とローフボリュームはTable 4のようになった。クロレラ粉末添加パンのローフボリュームはクロレラ粉末の添加量が多くなるにつれて徐々に増加した。クロレラ粉末添加量( $X_1$ )とローフボリューム( $Y_3$ )の間には $Y_3=$



Wheat flour only      0.5% of Chlorella      1.0% of Chlorella      1.5% of Chlorella

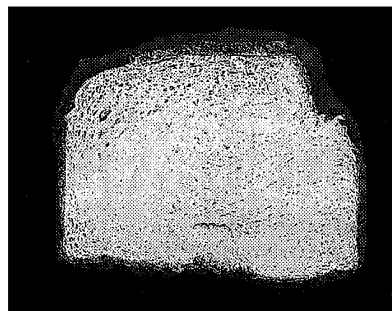
Fig. 1 Bread baked from wheat flour replaced with 0.5 to 1.5% of Chlorella



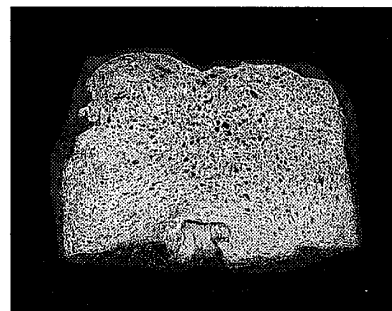
Wheat flour only



1.0% of Chlorella



0.5% of Chlorella



1.5% of Chlorella

Fig. 2 Vertical cross-sections of bread

Table 4 Loaf volume of baked bread

	Wheat flour only	Wheat flour replaced with		
		0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
Wheat of baked bread (g)	288.2 ± 5.2	287.7 ± 1.0	290.2 ± 1.3	288.4 ± 1.0
Loaf volume (ml)	1122 ± 19	1190 ± 21	1242 ± 20	1307 ± 11

121.4X<sub>1</sub>+1124.2 (r=0.999.1%の危険率で有意)の回帰式が得られた。クロレラの抽出エキスには、乳酸菌や酵母、納豆菌の増殖に効果があるとの報告があり<sup>9)</sup>、我々の結果でもクロレラの添加がパン酵母の増殖に有効であるものと思われた。

次に各パンの内層の様子がFig. 2 に示され

ている。クロレラ粉末0.5%添加小麦粉を用いたパンの内層は比較的良好であったが、クロレラ粉末の添加量がさらに多くなると、パン内層の気泡の体積が多少大きくなり多少きめの粗いパンになった。

各パンの硬さをテンシプレッサー（圧縮システム）で測定した結果はTable 5 のよう

Table 5 Hardness of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
Hardness (dyne/cm <sup>2</sup> )	3.11 ± 0.20 × 10 <sup>5</sup>	1.72 ± 0.46 × 10 <sup>5</sup>	1.60 ± 0.27 × 10 <sup>5</sup>	1.47 ± 0.26 × 10 <sup>5</sup>

Table 6 Crumb color of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
L	73.1	58.0 ± 0.8	53.9 ± 0.9	49.3 ± 2.9
a	-0.6	-4.0 ± 0.2	-3.7 ± 0.1	-3.3 ± 0.2
b	12.3	29.5 ± 0.7	32.1 ± 0.7	32.4 ± 0.7
Color difference value vs. control	-	23.1	27.8	32.0

Table 7 Percentage of flavors baked bread

	chan. 1	chan. 2	chan. 3	chan. 4	chan. 5	chan. 6
Wheat flour only	7.6	85.9	1.6	2.6	1.0	1.3
0.5% of Chlorella	17.6	61.6	5.7	5.8	0.8	8.6
1.0% of Chlorella	14.6	66.7	4.1	4.5	2.3	7.8
1.5% of Chlorella	21.0	54.6	6.6	6.8	1.2	9.9

Table 8 Sensory evaluation of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Chlorella	1.0% of Chlorella	1.5% of Chlorella
Color	2.1	0.7	0.5	-0.6
Flavor	1.2	0	0.2	0.2
Hardness				
Elasticity	1.3	1.0	0.9	0.8
Brittleness				
Taste	1.4	0.2	0.2	-0.1
Total evaluation	1.6	0.5	0.5	0

n=29

になった。クロレラ粉末の添加量が多くなるにつれてパンは徐々に軟らかくなった。この結果は先の各パンのローフボリュームがクロレラの添加量が増加するにつれ徐々に増加している結果と関連していた。クロレラ粉末添加量 ( $X_1$ ) とパンの硬さ ( $Y_4$ ) との間には  $Y_4 = -40800X_1 + 203100$  ( $r = -0.953, 5\%$  の危険率で有意) の回帰式が得られた。これら各パンの内層の色はTable 6 のようになり、クロレラ粉末の添加量が多くな

るにつれ、パンの色の明るさ (L 値) が減少した。また緑色の度合い (a 値の-の値) はクロレラの添加で増加したが、クロレラの添加量が0.5%より多くなっても a 値の-は特に増加しなかった。これにはパンの内層の状況の差違 (気泡の増加) が多少影響を与えているのかもしれない。

フェースオートマチック・アロマテスターで各パンのにおいを測定した際の、各センサーの出力電圧 (加熱1分後) を、各セン

サーの出力電圧の合計値で割って100倍した値（出力電圧比）は、Table 7 のようになった。小麦粉のみのパンとクロレラを添加した各パンで比較すると、クロレラ添加パンではChan. 2 の出力電圧比が減少し、Chan. 1 の出力電圧比が大幅に増加していた。またChan. 3、4、5、6 の出力電圧比も多少増加した。Chan.1のセンサーは窒素系の臭いに対応している物と考えられるが、これがどのような臭い成分かは今後さらに検討する必要がある。パンの代表的な香り成分は、アルデヒド類、ケトン類などであり、これらはChan. 4 ないしChan. 5 のセンサーで対応しているものと思われるが、クロレラの添加によりこれらのセンサーの出力電圧比も多少増加していた。

このような各パンの官能検査結果（総合評価値）を分散分析したところ、試料間の分散比 $F_0 = 17.40$ となり、 $F_0 = 17.40 > F(3,120 : 0.01) = 4.79$ であるので、総合評価値で4種の試料間に1%の危険率で有意差があることがわかった。また各パンの官能検査結果（色、香り、食感、味、総合評価）の各評点の平均値は、Table 8 のようになった。以上の結果、クロレラ粉末0.5%添加小麦粉またはクロレラ粉末1.0%添加小麦粉を用いたパンは食感、味を含めた総合評価でそれなりの評点を得ており、これを食することでタンパク質を含めてクロレラの各種機能成分を供給できることになるであろう。

## 要約

強力小麦粉の0.5~1.5%をクロレラ粉末で置き換えたクロレラ粉末添加小麦粉を調整し、その物理的特性を測定するとともに、各小麦粉を用いて製パン試験を行い以下のような結果を得た。

- (1) クロレラ粉末添加小麦粉の水分吸着量は、クロレラ粉末添加量が増加するにつれ、徐々に増加した。多重バイト試

験では、クロレラ粉末を添加すると生地 of 圧縮に対する応力は多少増加した。生地の附着力は、クロレラ粉末の添加量が増加するにつれ徐々に低下した。

- (2) 各小麦粉を用いた製パン試験では、クロレラ粉末の添加量が増加するにつれてパンのローフボリュームも徐々に増加した。しかしクロレラ粉末1.5%添加小麦粉のパンは多少内層の気泡が大きく、きめの粗いパンになった。
- (3) においセンサーでの各パンの香りの分析結果では、クロレラ粉末を添加するとChan. 2 の出力電圧比が減少し、Chan. 1 の出力電圧比が、大幅に増加した。
- (4) 各パンの官能検査の結果、各パンの総合評価値には、4種の試料間で有意差があった。クロレラ0.5%添加小麦粉とクロレラ1.0%添加小麦粉を用いたパンは食感、味でそれなりの評価を得ていた。

## 文献

- 1) 筒井知己, 金井節子: 聖徳栄養短期大学紀要**28**, 1 (1997)
- 2) 筒井知己, 金井節子: 聖徳栄養短期大学紀要**31**, 1 (2000)
- 3) 筒井知己, 金井節子: 聖徳栄養短期大学紀要**33**, 1 (2002)
- 4) 筒井知己, 金井節子: 聖徳栄養短期大学紀要**34**, 1 (2003)
- 5) TANAKA, K. et al: Cancer Immunol Immunother, **17**, 90 (1984)
- 6) KONISHI, F. et al: Cancer Immunol Immunother, **19**, 73 (1986)
- 7) TANAKA, K. et al: Immunopharmac. Immunotoxic, **12**, 272 (1990)
- 8) 駒井嘉明 他: 食品衛生研究, **28**, 749 (1978)
- 9) TANAKA, K. et al: Infection and Immunity, **53**, 267 (1986)

10) HASEGAWA, et al: International Immunology,  
4, 1129 (1992)

11) HASEGAWA, T.: Immunopharmacology,  
35, 203 (1997)

---