

海藻の製パンへの影響 (IV) あおさ

筒井知己 金井節子 牛腸ヒロミ 小見山二郎*

Effects of Seaweed Substitution on Breadmaking.
(IV) *Ulva pertusa*

TOMOMI TSUTSUI, SETSUKO KANAI, HIROMI GOCHO and JIRO KOMIYAMA

Physical properties of wheat flour replaced with 0.5 to 1.5 % of seaweed *Ulva pertusa* (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 seaweed showed better loaf volume and also showed better sensory evaluation score. Electronic nose analysis concurred with sensory descriptor ratings.

我々は先に海藻粉末の新しい利用法として、小麦粉に、ふのり粉末や根こんぶ粉末、ひじき粉末を加え、小麦粉の物性や栄養特性を改善するところみを報告した^{1, 2, 3)}。そして海藻粉末添加小麦粉を用いて焼成したパンの中では、ふのり粉末を用いたものが多少ローフボリュームが大きく、すだちもよかったが、根こんぶ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、かためのパンになった。しかし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。そこで今回は、海藻としてあおさを利用することを検討した。あおさは、従来海苔や青海苔の代替素材として利用されてきたが、さらなる用途開発が望まれている。

五訂成分表によれば、あおさ（素干し）の栄養成分としては、炭水化物の含量が多く（41.7%）、たんぱく質の含量は22.1%程で、含硫アミノ酸の量が多い。ビタミンとしては、β-カロテン、ビタミンB₁、B₂、ナイアシン等が含まれ、無機質としては、カリウム、マグネシウム、カルシウム、鉄などの含量が多い。また食物繊維は、あおさ100g中に、29.1gも含まれていて、すぐれた食物繊維供給源でもある。これらの各成分の中で、あおさの色素構成成分、α、β-カロテンは、発癌抑制機能があり、ルテイン、ゼアキサンチンは、発癌プロモーションの抑制効果や抗酸化能がある。また無機質中のヨウ素は、甲状腺機能を活発にさせる効果があることも報告されている⁴⁾。あおさに含まれる遊離アミノ

酸の一種 D-システノール酸は、血液凝固抑制作用を示し、ジメチル- β -プロピオテチンは、抗腫瘍作用やラットの成長促進作用を示す。さらにアクリル酸（あおさの磯の香りの構成成分、硫化ジメチルが、ジメチル- β -プロピオン酸から生成される際の副生成成分）は抗菌活性を有する⁵⁾。このような種々の機能性を有する海藻の粉末を、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できるはずである。そこで今回我々は、市販強力小麦粉とあおさ粉末を用いてあおさ添加小麦粉を調製し、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

市販強力小麦粉（日清製粉㈱、カメラア、水分 14.2 %、粗タンパク質 12.9 %、粗灰分 0.4 %）とあおさ粉末（水分 14.4 %、粗タンパク質 17.6 %、粗脂肪 0.5 %、粗灰分 19.2 %）を用い強力小麦粉の 0.5 %、1.0 %、1.5 %をあおさ粉末でおきかえた粉を調製し、それぞれの粉を 3 回ふるいにかけて。そしてこれらをあおさ粉末 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、ガラス棒で 1 分攪拌した。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出液とした。次に遠心チューブ中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、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. 小麦粉生地の多重バイト試験

多重バイト試験法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 36 mm のプランジャーを用い、クリアランス 0.1 mm、9 mm/sec のバイトスピード、ロードレンジ 10 kg、0.5 mm 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

製パン試験は表 1 のような原料配合で行った。市販強力小麦粉、または、あおさ粉末添加小麦粉に、砂糖、食塩、スキムミルク（雪印乳業㈱）、ドライイースト（オリエンタル酵母㈱）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物を 3 回繰り返して焼成した。焼成したパンは、重量を測定後、ローフポリュームを菜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 2 cm 幅に切断後、耳の部分除去して 5.5 cm 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 2 mm/sec、クリアランス 5 mm、ロードレンジ 10 kg 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。

Table 1 Typical bread formula

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

5. においセンサーによるパンの香り測定
各パンの内層を 2cm × 2cm × 1cm のサイ

ズにカットとしたものを、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1は、窒素系、チャンネル2は、水素系、チャンネル3は、イオウ系、チャンネル4は炭化水素系、チャンネル5は、酸素系、チャンネル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）、ふつう（0）、ややよい（+1）、かなりよい（+2）、非常によい（+3））で嗜好評価を行った。パネルは本学女子学生（19～20歳）19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

強力小麦粉とあおさ粉末添加小麦粉（WFRS）の水分吸着量は、表2のようになった。

あおさ粉末添加小麦粉では、あおさ粉末の

添加量が増えるにつれて水分吸着量も増加した。またあおさ粉末添加量（ X_1 ）と水分吸着量（ Y_1 ）との間には $Y_1 = 6.16X_1 + 94.73$ （ $\gamma = 0.991$ 、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表3のようになった。圧縮に対する応力は、あおさ粉末の添加量が増加すると多少減少し、あおさ粉末の添加量（ X_1 ）と応力（ Y_2 ）の間には、 $Y_2 = -9.76X_1 + 92.32$ （ $\gamma = -0.9635$ %の危険率で有意）の回帰式が得られた。一方付着力は、あおさ粉末の添加量が多くなるにつれ多少増加したが、あおさ粉末添加量と附着力との間には特に相関はみられなかった。

3. 製パン試験結果

各小麦粉を用いて焼き上げたパンの外観は図1のようになり、各パンの重量とローフボリュームは表4のようになった。あおさ粉末0.5%添加パンのローフボリュームは、小麦粉のみのパンよりも、ボリュームが5%程増加した。しかし1.0%、1.5%とあおさ粉末の添加量が多くなるにつれ、ローフボリュームは減少していった。

次に各パンの内層の様子が図2に示されているが、あおさ粉末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、あお

Table 2 Centrifuge absorption of wheat flour

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
Centrifuge absorption (%)	95.2	97.3	100.5	104.4

Table 3 Physical properties of wheat flour

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
Hardness (g)	92.8	88.0	80.0	79.2
	(100%)	(94.8%)	(86.2%)	(85.3%)
Adhesiveness (g)	109.6	113.6	120.0	113.6
	(100%)	(103.6%)	(109.5%)	(103.6%)

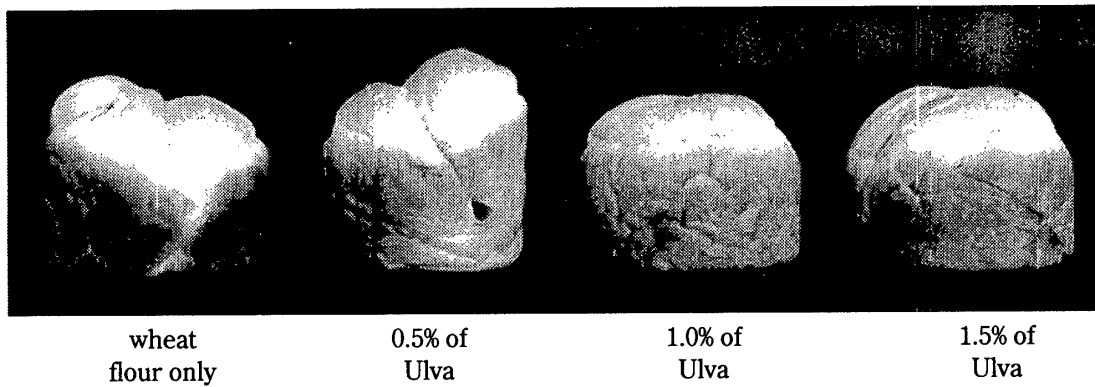


Fig. 1 Bread baked from wheat flour replaced with 0.5 to 1.5% of Ulva

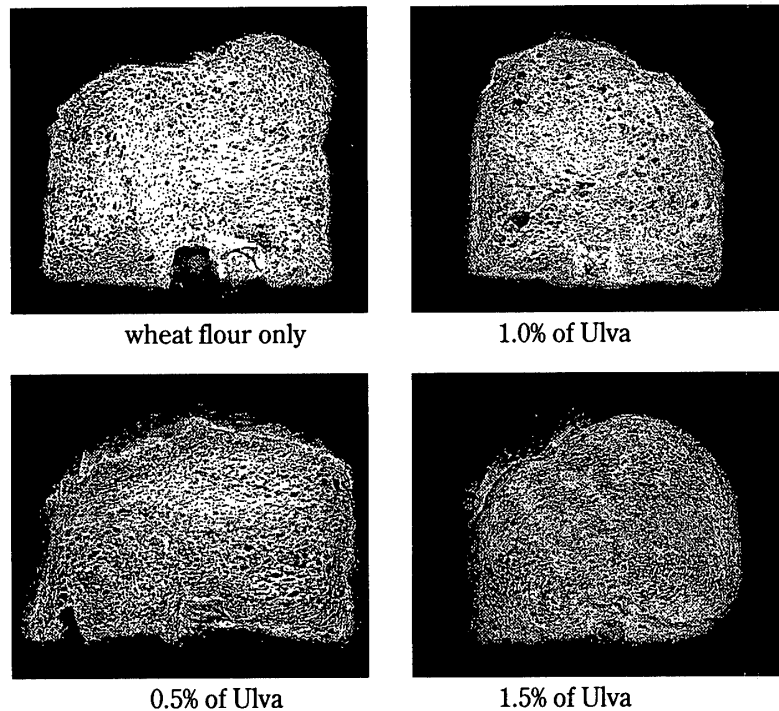


Fig. 2 Vertical cross-sections of bread

Table 4 Loaf volume of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
Weight of baked bread (g)	292.9 ± 0.6	293.5 ± 0.6	293 ± 0.6	294.4 ± 0.9
Loaf volume (ml)	1079 ± 45	1130 ± 28	1072 ± 26	988 ± 39

さ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も小さく、パンのローフボリュームも徐々に低下していった。この理由として①あおさ粉末が生地内の水分を吸収して生地を硬くしたことや、②あおさ粉末中に含まれるミネラルがイーストの発酵に影響を与えたことなどが考えられる。

次に各パンの硬さをテンシプレッサー（圧縮システム）で測定した結果は表5のようになった。あおさ粉末0.5%添加パンが最もやわらかく、さらにあおさ粉末の添加量が多くなるにつれ硬さは増加した。これら各パンの内層の色は表6のようになり、あおさ粉末の添加量が多くなるにつれ、パンの色の明るさ

Table 5 Hardness of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
Hardness (dyne/cm ²)	2.55 ± 0.21 × 10 ⁵	1.89 ± 0.26 × 10 ⁵	2.51 ± 0.42 × 10 ⁵	3.26 ± 0.48 × 10 ⁵

Table 6 Crumb color of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
L	73.7	72.1 ± 1.3	70.1 ± 2.3	66.3 ± 0.9
a	- 0.7	- 1.3 ± 0.2	- 1.4 ± 0.1	- 1.8 ± 0.1
b	11.8	14.1 ± 1.3	15.8 ± 0.3	16.8 ± 0.6
Color difference value vs. control	-	2.9	5.4	9.0

Table 7 Percentage of flavors in baked bread

	chan. 1	chan. 2	chan. 3	chan. 4	chan. 5	chan. 6
wheat flour only	8.29	83.42	1.25	3.31	2.06	1.66
0.5% of Ulva	11.62	76.76	3.30	3.32	2.92	2.07
1.0% of Ulva	19.07	60.47	3.99	9.30	3.96	3.20
1.5% of Ulva	16.57	60.77	4.70	9.39	4.70	3.86

Table 8 Sensory evaluation of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour only	0.5% of Ulva	1.0% of Ulva	1.5% of Ulva
Color	0.31	- 0.31	- 0.31	- 0.30
Flavor	0.53	- 0.11	- 0.37	- 0.79
Hardness				
Elasticity	0.37	0.74	0.21	0.11
Brittleness				
Taste	0.79	- 0.05	- 0.37	- 0.58
Total evaluation	0.63	0.16	- 0.21	- 0.53

n = 19

(L 値) が減少し、緑色の度合が増加し (a 値の一の増加)、黄色の度合も増加 (b 値の十の増加) していることを示していた。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 (加熱後 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、表 7 のようになった。小麦粉のみで焼成したパンのにおいは、Chan. 2 の出力電圧比が 83.42 % と高く、次いで Chan. 1 が 8.29 %、Chan. 4 が 3.31 %、Chan. 5 2.06 %、Chan. 6 1.66 %、Chan. 3 1.25 % であった。あおさ粉末の添加量が多くなるにつれて、Chan. 2 の出力電圧比は減少し、

Chan. 1、3、4、5、6の出力電圧比は多少増加した。あおさのにおいの主成分は硫化ジメチルであり、イオウ系のにおいに対応するChan. 3のセンサーの出力電圧比は、あおさ粉末の添加量が多くなるにつれ増加していた。またパンの代表的な成分は、アルデヒド類、ケトン類などである。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、あおさ粉末の添加量が多くなると、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 が3.88となり、 $F_0 = 3.88 > F(3.60, 0.05) = 2.76$ であるので、総合評価値で4種の試料間に5%の有意水準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、表8のようになった。官能検査結果の香りの評点（Y）と、においセンサーのChan. 2の出力電圧比（ X_1 ）、Chan. 1の出力電圧比（ X_2 ）、Chan. 4の出力電圧比（ X_3 ）との間には、 $Y = -18.336 + 0.196824X_1 + 0.200327X_2 + 0.24257X_3$ の重回帰式が得られた（重相関係数 $R = 1.0$ ）。以上の結果、あおさ粉末0.5%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、食物繊維を含めたあおさの各種機能性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%をあおさ粉末でおきかえた、あおさ粉末添加小麦粉を調製し、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) あおさ粉末添加小麦粉の水分吸着量は、あおさ粉末添加量が増加するにつれ、多

少増加した。多重バイト試験では、あおさ粉末の添加量が増加すると、生地 of 圧縮に対する応力は徐々に減少したが、附着力は多少増加した。

- (2) 各小麦粉を用いた製パン試験では、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%程ボリュームが大きく、さらにあおさ粉末の添加量が増加するとパンのローフボリュームは低下し、内層の気泡も小さく、かたいパンになった。
- (3) においセンサーでの各パンの香りの分析検査では、あおさ粉末の添加量が多くなるにつれ、Chan. 2の出力電圧比が減少し、逆にChan. 1、3、4、5、6の出力電圧比が多少増加した。
- (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。また官能検査の香りの評価（Y）と、においセンサーのChan. 2の出力電圧比（ X_1 ）、Chan. 1の出力電圧比（ X_2 ）、Chan. 4の出力電圧比（ X_3 ）との間には、 $Y = -18.336 + 0.196824X_1 + 0.200327X_2 + 0.24257X_3$ （重相関係数 $R = 1$ ）の重回帰式が得られた。あおさ粉末0.5%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：聖徳栄養短大紀要 28, 1 (1997)
- 2) 筒井知己，金井節子：聖徳栄養短大紀要 31, 1 (2000)
- 3) 筒井知己，金井節子：聖徳栄養短大紀要 33, 1 (2002)
- 4) 能登谷正浩；アオサの利用と環境修復，p131，成山堂（1999）
- 5) 新崎盛敏，新崎輝子：海藻のはなし，p213，東海大学出版会（1978）