

ペクチンの製パン性に関する研究

筒井知己 金井節子

Studies on the Baking Properties of Pectin

TOMOMI TSUTSUI and SETSUKO KANAI

Physical properties of wheat flour replaced with 0.5 to 1.5% of pectin (WFRP) were estimated and baking properties were estimated using WFRP. Water absorption capacity of WFRP decreased gradually, but adhesive properties of WFRP increased gradually as pectin level increased.

Forming properties of water soluble fraction (WSF) prepared from WFRP increased gradually as pectin level increased.

Among the bread made from WFRP, the bread made from wheat flour replaced with 1.0% of pectin showed higher loaf volume and better inner structure. The multiple regression analysis showed that the hardness of dough (X_1) and adhesiveness of dough (X_2) were totally correlated to the loaf volume of the bread made from WFRP (Y). And the following multiple regression equation was obtained: $Y=1722.06-31.47X_1+23.65 X_2$.

ペクチンは、セルロース、ヘミセルロースとともに植物細胞壁を構成している多糖類で、植物の組織をささえる役割をしている。ペクチンのうち、D-ガラクトツロン酸が α -1,4結合によって重合した鎖状の高分子化合物をペクチン酸といいD-ガラクトツロン酸の側鎖のカルボキシル基の一部がメチルエステル化されている(メトキシル基になっている)ペクチンをペクチニン酸という。そしてペクチンの機能特性は、メチルエステル化の程度により変化する。ペクチンのうち、メトキシル基を7%以上含むペクチンを高メトキシルペクチンといい、糖や有機酸を加えてジャムやゼリーを作るのに使われる。一方メトキシル基7%未満のペクチンを低メトキシルペクチンといい、カルシウムイオンのような二価の金属イ

オンを加えるとゼリー化する。そこでペクチンは、食品の増粘剤、ゲル化剤、乳化安定剤として利用されている。このようなペクチンは、人間の消化管内では加水分解されないで、食物繊維の一群に入れられている。ペクチンを食事の中に加えると、グルコースの吸収速度が低下するとともに、血清中のインスリン濃度が低下することが報告されている¹⁻⁶⁾。この理由として、ペクチンを食品に添加すると食品の粘性が増大し、食品の消化管内の移動時間が遅くなるので、糖質の吸収が遅れるものと考えられている。またペクチンを食事に加えると、血清中のコレステロールレベルが低下する。特に高コレステロール血症の患者では、コレステロールレベルが19%も低下したという報告もある⁷⁾。

Key Words: Pectin, Baking property

これはペクチンのような水溶性食物繊維が腸内で胆汁酸やコレステロールを取り込み吸着するためであるといわれている。そこで食品製造の際に、あらたに副材料としてペクチンを添加した食品が開発されるようになってきた。この例としてりんごペクチンを小麦粉に対して1%加え製パンした報告がある⁸⁾。このパンでは、保存中にタンパク質が徐々に変性を深めていったと報告されている。そこで今回我々は、レモンペクチンと市販強力粉を用いて、レモンペクチン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. 試料の調製法

市販強力小麦粉（日清製粉㈱カメリヤ、粗タンパク質12.5%、粗灰分0.4%）と、レモンペクチン（和光純薬㈱164-00552）を用い、強力小麦粉の0.5%、1.0%、1.5%をレモンペクチンでおきかえた粉を調製し、それぞれの粉を三回ふるいにかけて。そしてこれらの粉を、それぞれペクチン添加小麦粉0.5%物、1.0%物、1.5%物とした。

2. 小麦粉の水分吸着量の測定法

各小麦粉1.5gを遠心チューブにとり、蒸留水15mlを添加してから、ガラス棒で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。遠心チューブ中の上澄液は別の容器に移し小麦粉抽出液とし、その透過度を日立100-60型分光光度計で650nmで測定した。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. 機能特性の測定法

各小麦粉抽出液の起泡容量と起泡安定性は、各小麦粉抽出液25mlを用いてTasneemと

Subramanian⁹⁾の方法に従って測定した。

4. 小麦粉生地多重バイト試験法

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0.5gをテンシプレッサーのプレートにのせ、水1mlを加え、スパーテルで1.5分間攪拌後、直径36mmの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で、200バイトまで圧縮、戻りを測定した。

5. 製パン試験

製パン試験は、表1のような原料配合でおこなった。市販小麦強力粉、またはペクチン添加小麦粉に、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㈱）を加え三回ふるいにかけて。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、ローフボリュームを菓種置換法で測定した。次にパンの物性を測定するため、厚さ2cm巾に切断後、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の圧縮システムで、36mm（直径）のプランジャーを用い、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。また各パンの色調は、日本電色色差計ND-300Aを用いて測定した。

6. 水分活性の測定法

焼成後16時間経過した各パンの水分活性を、

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

ロトロニック水分活性測定計 (Rotoronistyroskop D. T.) を用いて20℃で測定した。

実験結果および考察

1. 各小麦粉の水分吸着量

強力小麦粉とペクチン添加小麦粉(WFRP)の水分吸着量は、表2のようになった。ペクチン添加小麦粉では、ペクチンの添加量が増えるにつれ水分吸着量が減少した。一方小麦粉抽出液の650nmの透過度は、表3のようになり、ペクチンの添加量が増えるにつれ透過度が減少した。これは添加したペクチンが水に溶解して混濁を生じていることを示している。そこでペクチン添加量の多い小麦粉ほど、水分

吸着量が低下するのは当然のことと思われる。

2. 小麦粉抽出液の機能特性

各抽出液の起泡特性は表4のようになった。起泡容量、起泡安定性ともペクチンの添加量が多くなるにつれ増加していった。この理由として小麦粉抽出液中には、ペクチンが溶解しており、これが気泡の安定化に寄与しているものと思われる。

3. 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、図1のようになった。圧縮に対する応力は、ペクチンの添加量が多くなるにつれ増加し、ペクチン添加小麦粉1.5%物の応力は、強力小麦粉の応力の179.4%の値であった。応力のこのよう

Table 2 Centrifuge absorption of wheat flour

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Centrifuge absorption (%)	84.2	82.0	79.6	78.8

Table 3 Transmittance of water soluble fractions (WSF) from wheat flour

	WSF from	WSF from wheat flour replaced with		
	Wheat flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Transmittance at 650nm	88.4	86.4	26.7	18.4

Table 4 Forming properties of WSF from wheat flour

	WSF from	WSF from wheat flour replaced with		
	Wheat flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Foam capacity (% volume increase)	264	272	288	296
Foam stability (% foam volume)	72.0	73.5	75.5	79.7

な著しい増加は、ペクチンが大きく吸水し、膨潤して物性に影響を与えているものと思われる。一方附着力もペクチンの添加量が多くなるにつれ増加し、ペクチン添加小麦粉1.5%物の附着力は、強力小麦粉の附着力の202.5%の値であった。このような附着力の増大も、ペクチンが吸水膨潤して、小麦粉の粘性が増加したものと思われる。

4. 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2のようになり、各パンの重量とローフボリュームは表6のようになった。ペクチン添加小麦粉0.5~1.5%物を用いたパンは、強力粉のみを用いたパンに比べ、ローフボリュームが3~14%増加していた。そしてペクチン添加量(X)とローフボリューム(Y)の間には正の相関がみられ $Y = 130.4X + 1290.2$ ($r = 0.99$)の回帰式が得られた。次に各パンの内層の様子が図3に示されているが、ペクチン添加小麦粉0.5%物と1.0%物の内層は

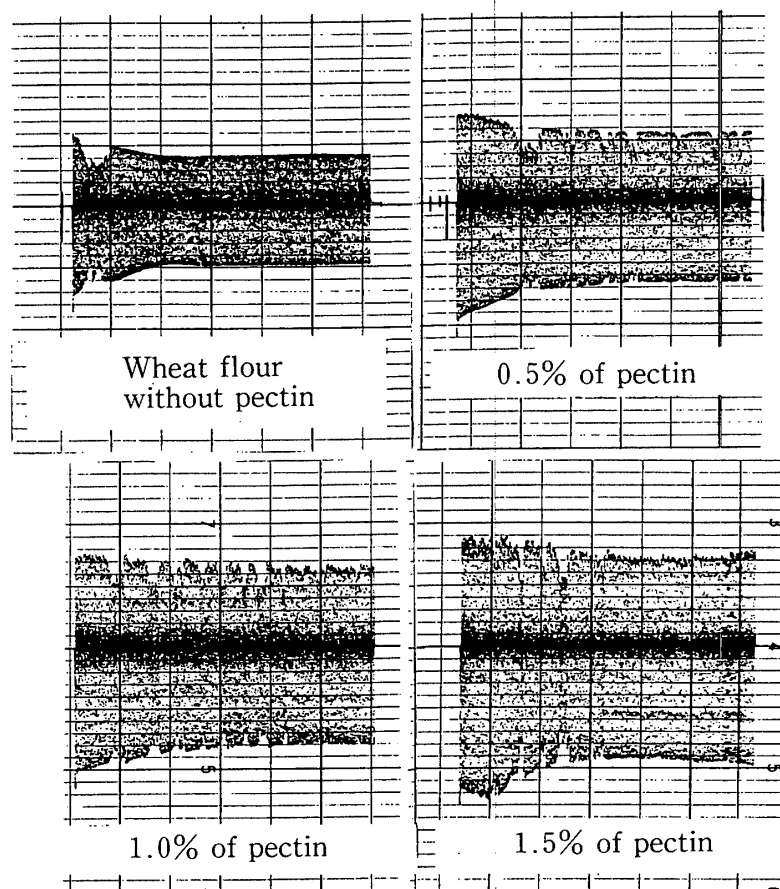


Fig. 1 Multi-biting test of wheat flour

Table 5 Physical properties of wheat flour

	Wheat flour	Wheat flour replaced with		
		0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Hardness (g)	85.6 (100%)	112.0 (130.8%)	129.6 (151.4%)	153.6 (179.4%)
Adhesiveness (g)	96.0 (100%)	132.8 (138.3%)	160.0 (166.7%)	194.4 (202.5%)

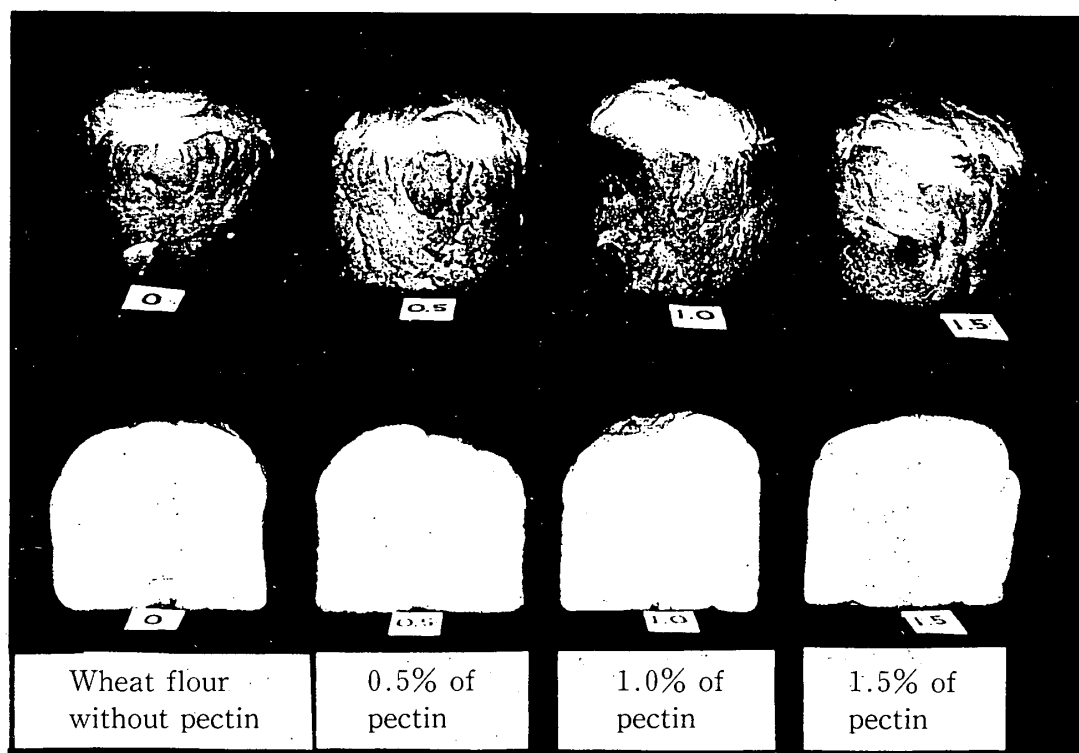


Fig. 2 Bread baked from wheat flour replaced with 0.5 to 1.5 % of pectin

Table 6 Loaf volume of baked bread

	Wheat flour	Wheat flour replaced with		
		0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Weight of baked bread (g)	299.8	299.2	299.7	299.5
Loaf volume (ml)	1298	1339	1430	1485

比較的すだちがよく、強力小麦粉のパンの内層とほとんど差がなかった。しかしペクチン添加小麦粉1.5%物では、ふくらみはあるが内層は多少あらかっていた。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7のようになった。ペクチン添加小麦粉0.5%物のパンの硬さは、強力小麦粉のパンの硬さとあまりかわらなかった。しかしペクチン添加量が1.0%、1.5%と徐々にふえるにつれパンの硬さは著しく減少しやわらかくなっていた。実際ペクチン添加小麦粉1.5%物のパンを食べてみると、口の中でパンの組織がすぐにつぶれ、パンが歯にくっつく

ような感触があった。

これら各パンの内層の色は、表8のようになり、ペクチンの添加量が多くなるにつれパンの色調も多少変化していた。

次に各パンの水分活性は表9のようになり、ペクチンの添加量が多くなるとパンの水分活性も多少低下した。しかしペクチン添加小麦粉1.5%物のパンでもAwは0.968で、微生物の繁殖をおさえるには不十分で、いずれのパンも室温で3日放置するとほぼ同様にカビが発生した。

このような各パンのローフボリュームが、各小麦粉の物理的特性とどのような関連がある

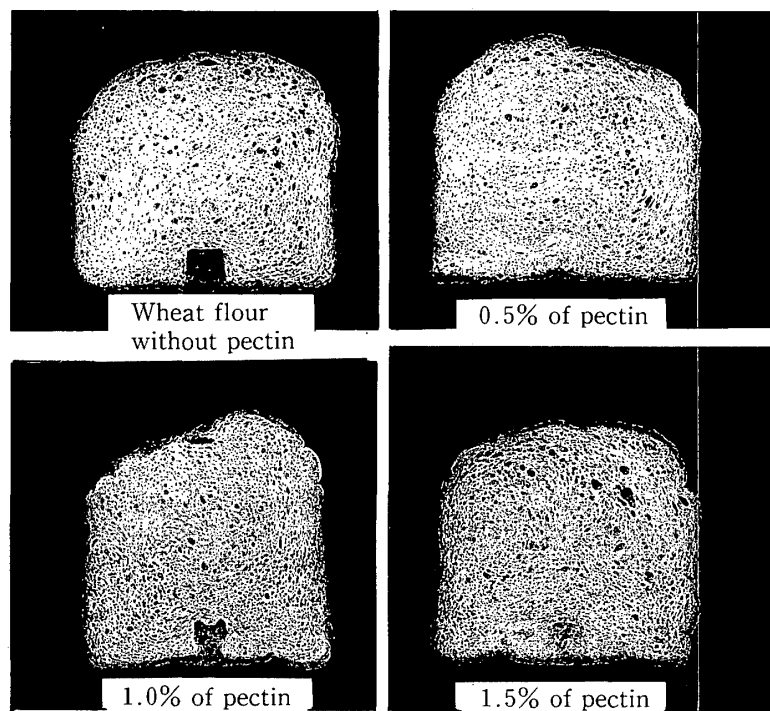


Fig. 3 Vertical cross-sections of bread

Table 7 Hardness of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Hardness (dyn/cm ²)	1.20±0.03 ×10 ⁵	1.20±0.14 ×10 ⁵	0.95±0.09 ×10 ⁵	0.69±0.17 ×10 ⁵

Table 8 Crumb color of baked bread

	Wheat	Wheat flour replaced with		
	flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
L	77.37	77.99±2.0	78.48±1.12	76.34±0.89
a	- 2.09	-2.04±0.37	-1.91±0.09	-2.44±0.14
b	12.77	13.21±0.02	12.46±0.66	12.03±0.63
Color difference value vs. control	-	0.76	1.17	1.32

Table 9 Water activity of baked bread

	Wheat	WSF from wheat flour replaced with		
	flour	0.5% of pectin	1.0% of pectin	1.5% of pectin
Aw	0.986	0.973	0.966	0.968

か検討したところ、ペクチンを添加した各パンのローフボリューム(Y)と、多重バイト試験の生地の応力(X_1)、生地の附着性(X_2)との間には相関があり、 $Y=1722.06-31.47X_1+23.65X_2$ の重回帰式が得られた。 $(F_0=1384.77>F_1^2(0.05)=218.7$ 、回帰は有意である)以上の結果から、強力小麦粉の0.5~1.0%をペクチンでおきかえるとすだちもよく、ローフボリュームも大きいやわらかいパンを製造できることがわかり、これを食べることで自然に水溶性の食物繊維も供給できることになるであろう。また小麦粉の生地の応力や附着性が、パンのローフボリュームと関連があることが併せて明らかになった。

要 約

強力小麦粉の0.5~1.5%をペクチンでおきかえたペクチン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) ペクチン添加小麦粉の水分吸着量は、ペクチンの添加量が増加するにつれ多少減少した。多重バイト試験では、ペクチンの添加量が増加するにつれ、生地の圧縮に対する応力や附着性が著しく増加した。

(2) 各小麦粉抽出液の機能特性では、起泡容量、起泡安定性ともペクチンの添加量が増加するにつれ増加していた。

(3) 各小麦粉を用いた製パン試験では、ペクチン添加小麦粉1%物を用いたパンがローフボリュームが大きくすだちもよかった。

(4) ペクチンを添加した各パンのローフボリューム(Y)と、各小麦粉生地の圧縮に対す

る応力(X_1)、各小麦粉生地の附着性(X_2)との間には、 $Y=1722.06-31.47X_1+23.65X_2$ の重回帰式が得られた。

文 献

- 1) JENKINS, D.J.A., LEEDS, A.R., NEWTON, C. and CUMMINGS, J.H.: Lancet, **2**, 172(1976)
- 2) KANTER, Y., EITAN, N., BROOK, G. and BARZILAI, D.: J. Med. Sci., **16**, 1 (1980)
- 3) LEVITT, N.S., VINK, A.I., SIVE, A.A., CHILD, P.T. and JACKSON, W.P.V.: Diabetes Care, **3**, 515(1980)
- 4) POYNARD, T., SALAMA, G., DELAGE, A. and TCHOBROUTSKY, G.: Lancet, **1**, 158(1980)
- 5) SCHWARTZ, S.E., LEVINE, R.A., WEINSTOK, R.S., PETOKAS, S., MILLS, C.A. and THOMAS, F.D.: Am. J. Clin. Nutr., **48**, 1413(1988)
- 6) VAALER, S., HANSEEN, K.F. and AAGENAES, Ø.: Acta Med. Scand., **208**, 389(1980)
- 7) GINTER, E., KUBEC, F.J., VOZÁR, J. and BOBEK, P.: J. Vit. Nutr. Res., **49**, 406(1979)
- 8) КОППАКОВА, В.В., МОПАНОВА, Е.Н. and НАЗАРЕНКО, Е.А.: Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Pish. Tekhnol., **1**, 50(1991)
- 9) TASNEEM, R. and SUBRAMANIAN, N.: J. Agric. Food Chem., **34**, 850(1986)