

大豆製水溶性食物繊維の製パンへの利用

吉野(家護谷)世美子

Use of Water Soluble Dietary Fiber from Soybeans in Bread

Yomiko Kegoya-Yoshino

I. はじめに

これまでに著者は、水溶性食物繊維としてレモン製ペクチンを食パンに添加し、品質改良剤(水分の保持、老化の遅延など)としての効果を検討した結果、比容積の増加、硬さの増加抑制、糊化度の低下抑制などの効果が認められることを報告した^{1,2)}。そこで、今回は水溶性食物繊維として大豆製のペクチン質を用い、その効果を検討した。

II. 方 法

一定組成のドウ生地(水溶性食物繊維として、大豆製ペクチン質(不二製油株式会社製、ソヤファイブ-S-FA-100)を添加した食パンを調製し、焼成時および一定時間保存後の品質を評価した。

1) ソヤファイブ S-FA-100の性状:

ソヤファイブは、大豆油や分離大豆たんぱく質を製造する過程で生成する不溶性食物繊維(オカラ)から抽出、精製された白色粉末の水溶性食物繊維で、ガラクトース、アラビノース、ガラクトロン酸、キシロース、フコース、グルコース、ラムノースなどの多種類の糖で構成され、平均分子量は数十万である。水分含量はおよそ7%、炭水化物は69%以上であり、食物繊維含量はProsky法で55~65%、pHは6.0である(製品表示による)。ソヤファイブの水溶液の酵素分解物をShodex sugar SH 1821カラムを用いてHPLC分析し^{3,4)}、ガラクトロン酸とその他の中性糖類の割合を求め、さらにトソー Sugar AXIカラムで中性糖の構成比を求めたところ、ガラクトロン酸が3.2%、ガラクトース73.2%、アラビノース16.1%、グルコース2.7%、ラムノース2.7

%、マンノース0.2%、その他の物質が1.9%で、通常のペクチン質に含まれる構成糖類であったが、ガラクトロン酸の含量は低かった。キシロースは見られなかった。

2) 食パンの調製法:

強力粉(スーパーカメラ、日清製粉)を100%(ソヤファイブ添加量は0~15%で、添加量を強力粉から差し引く)とし、粉に対して砂糖(グラニュー糖、台糖)5.0%、脱脂粉乳(スキムミルク、雪印)2.0%、ショートニング(ショートニング、雪印)5.0%、塩(NaCl、和光純薬)1.8%、ドライイースト(顆粒状カメライースト、日清製粉)0.8%、脱イオン水68%を配合した生地をナショナル製自動パン焼き器(SD-BT 100)で調製、焼成した。工程は1回目の練りが20分、ねかしが約25分、2回目の練りが約10分、発酵が約140分、焼成が45分の合計4時間であり、1回目、2回目の練り後の生地の温度を30℃以下に保つように材料を4℃で冷却して用いた。

3) 測定項目と方法:

前述の方法で調製した食パンをインキュベーター中で25℃で0(放冷2時間後)、1、3、5日保存後、品質の変化を比容積、水分含量、テクスチャー(硬さ、弾力性)、糊化度、pH、組織の観察、ハンター白度の項目で測定し、結果をパン20個の平均値と標準偏差で示した。

① 比容積;重量,体積(菜種法)の結果から算出した。菜種法は⁵⁾は一定容量の容器にパンを置き、この容器をいっぱい満たす菜種の体積を測り、容器の体積から差し引いてパンの体積を求める方法である。

② 水分含量;電子水分計(PD-300WMB チョウバランス製)を用い細片試料2gを3cm四方のア

ルミ箔に広げ、105℃下で測定した。

③ テクスチャー

① 硬さ；レオメーター（NRM2010J-CW型 不動製）を用い測定結果をレコーダー（卓上型 R-22型 理化電気工業製）で記録した。測定条件は直径2 cmの変形付与用アダプターを用い、縦3 cm×横3 cm×厚さ2 cmの試料（食パンの中央部をスライサー、富士島工機製、soft-90で厚さ2 cmに切断後、中心から上下に1個ずつ、合計2個の切片をカッターで取った）を試料台の運動距離3 cm、移動速度6 cm/min、クリアランス4 mmとし、瞬間自動反転で同一箇所を2度測定した。硬さはプランジャーで試料に最初の力を加えた時の抵抗力の最大値Hをチャート紙から読み取り、次式で求めた。

$$\text{硬さ (g)} = H \times \text{入力電力}$$

② 弾力性；前述の硬さ測定時のチャート紙の最初のピークの高さをH₁とし、瞬間自動反転後の第2ピークの高さをH₂とし、次式で表した。

$$\text{弾力性 (\%)} = H_2 / H_1 \times 100$$

④ 糊化度；硬さ、弾力性を測定後のレオメーター用試料（食パンの切片3×3×2 cm³）をビーカーに入れ70, 90, 99, 5%エタノールで順次攪拌とブナーロートでの吸引洗浄を2回繰り返した後、エーテルで脱水、デシケーター内で乾燥後、乳鉢で粉碎した試料をBAP法⁶⁾で測定した。マルトースを標準物質とし全糖をフェノール-硫酸法、還元力を改変Somogy-Nelson法⁷⁾で測定した。

⑤ pH；pH測定はAACC法⁸⁾に準じて行った。すなわち、1回目練り後、発酵後の生地、および焼成後のパンの内相を細片とし、沸騰後直ちに冷却し

た蒸留水に懸濁し、pHメーター（堀場製、F-13）で測定した。

⑥ 組織の観察；食パンの中央部をスライサーで厚さ2 cmの幅で縦断し、断面コピーをした。

⑦ ハンター白度；レオメーター用に切り取った食パンの内相（縦3 cm×横3 cm×厚さ2 cm）のハンター白度を日本電色工業株式会社製の色差計、ND-504AA型で測定した。

III. 結果と考察

① 比容積；焼成当日のソヤファイブ添加食パンの比容積を図1に示した。添加量5%まではコントロールと差は認められなかったが、7.5%以上ではコントロールに比較して比容積が増加し、添加効果が認められた。また保存への影響を試験した結果を図2に示した。2, 5%添加ではコントロールと同様の傾向を示したが、10%添加では焼成当日から比容積がコントロールに比較して高いため、保存後も高くなった。図には示さなかったが7.5%, 15%添加も同様に保存後の比容積はコントロールよりも高かった。また、いずれの添加量でも、保存による比容積の減少はほとんど見られなかった。焼成当日の結果では、レモン製ペクチンを添加した場合には比容積は6%添加で最も高く、7%以上では徐々に低下した²⁾。これに対し、ソヤファイブは15%の添加量まで比容積は増加した。ソヤファイブの構成糖はレモンペクチンと類似しているが、ペクチンの主成分であるガラクトuron酸が少なく、かわりにガラクトースが多いので、その効果は構成糖の含有比に影響される可能性がある。分子量は、前報¹⁾のレモン

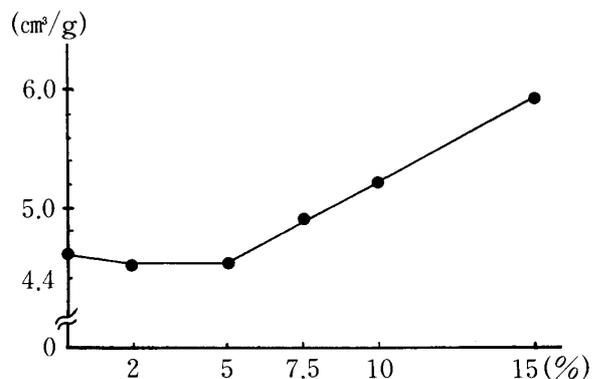


図1 添加量と比容積

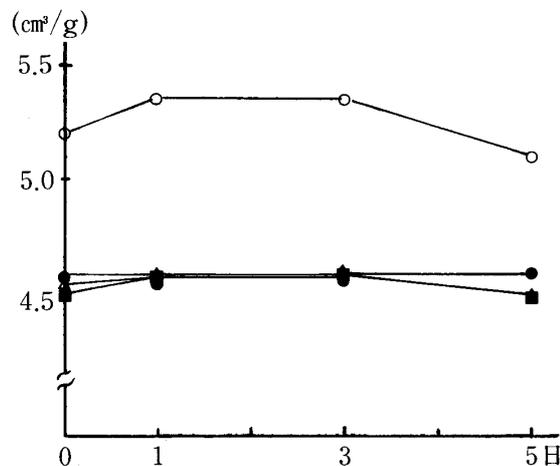


図2 保存による比容積の変化

●, 0%; ■, 2%; △, 5%; ○, 10%

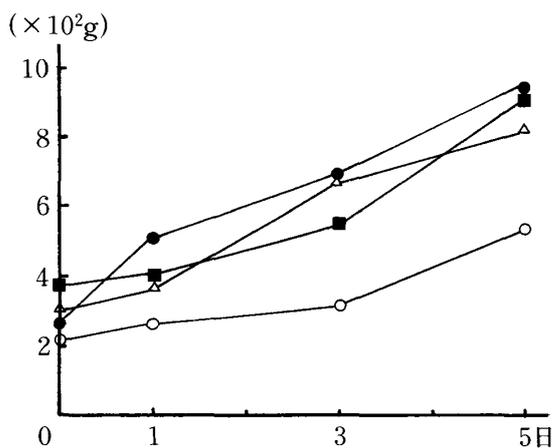


図3 保存による硬さの変化

●, 0%; ■, 2%; △, 5%; ○, 10%

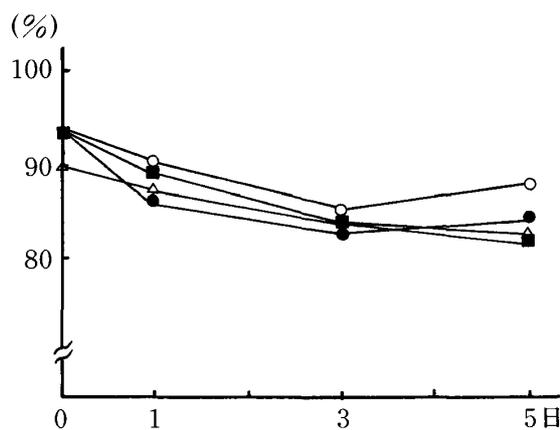


図4 保存による弾力性の変化

●, 0%; ■, 2%; △, 5%; ○, 10%

製ベクチンはおよそ 80×10^4 , ソヤファイブは成分表示では数十万とされているのであまり差はないと考えられる。ベクチン, ソヤファイブはいずれも増粘安定剤⁹⁾に分類され, 種々の乳酸菌飲料, ヨーグルト, プラマンジェなどの安定化剤として多用されているが, これらの水菓子への増粘多糖類の添加効果は水分子の吸着, あるいは保水性によるものである。越智は増粘安定剤の一種であるラムダカラギナンがパン, ドーナツ, スポンジケーキなどの小麦粉焼成品で, 小麦粉グルテンとの相互作用により, 容積の増大, 保湿性, 老化防止, 機械耐性にすぐれた効果を示すとしているが⁹⁾, 小麦粉焼成品への効果についてはほとんど研究例がなく, 今後の研究課題と考えられる。

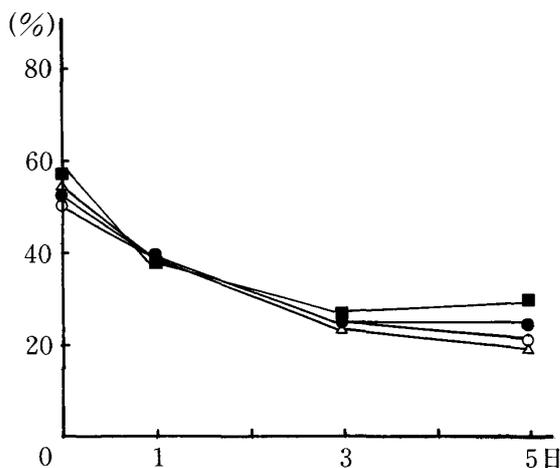


図5 保存による糊化度の変化

●, 0%; ■, 2%; △, 5%; ○, 10%

② 水分含量: 水分含量は焼成当日のコントロールで $40.57 \pm 0.56\%$, 5, 10, 15%添加でそれぞれ $39.45 \pm 0.66\%$, $39.11 \pm 0.50\%$, $38.42 \pm 0.34\%$ で添加量の増加に伴ってわずかに減少する傾向が認められたが, これは小麦粉の水分含量が約12%であるのに対し, ソヤファイブが約7%であるためと考えられた。保存による影響を調べた結果, コントロール, ソヤファイブ添加のいずれも5日間の保存により徐々に水分含量は低下し, 5日後には0, 2, 5%添加で約38%, 10%添加で約37%であり, 顕著な差は認められなかった。

③ テクスチャー: 5日間保存によるテクスチャーの変化を図3, 4に示した。硬さは, 焼成当日では200~400gの範囲にあり, コントロールとソヤファイブ添加による顕著な差は認められなかったが, 5日保存後には添加量の多いものほど柔らかい傾向が認められた。また, 弾力性についてはコントロールとソヤファイブ添加による差は認められなかった。後述の組織の観察結果に示すように, 15%添加では比容積が大きくなるため気泡が見られるのでレオメーターのプランジャーで圧力を加えるとスポンジ層の戻り率(弾力性)が悪いのではないかと予想したが, 弾力性への悪影響は見られなかった。

④ 糊化度: 糊化度の変化を図5に示した。焼成当日, および保存後の糊化度はコントロール, ソヤファイブ添加のいずれにおいても顕著な差は認められなかった。レモンベクチン添加では保存中の糊化度の低下を抑制したが²⁾, ソヤファイブでは顕著な添加効果が認められなかった。レモンベクチン場合は水溶液の粘性がかなり高くなるが, ソヤファイブ

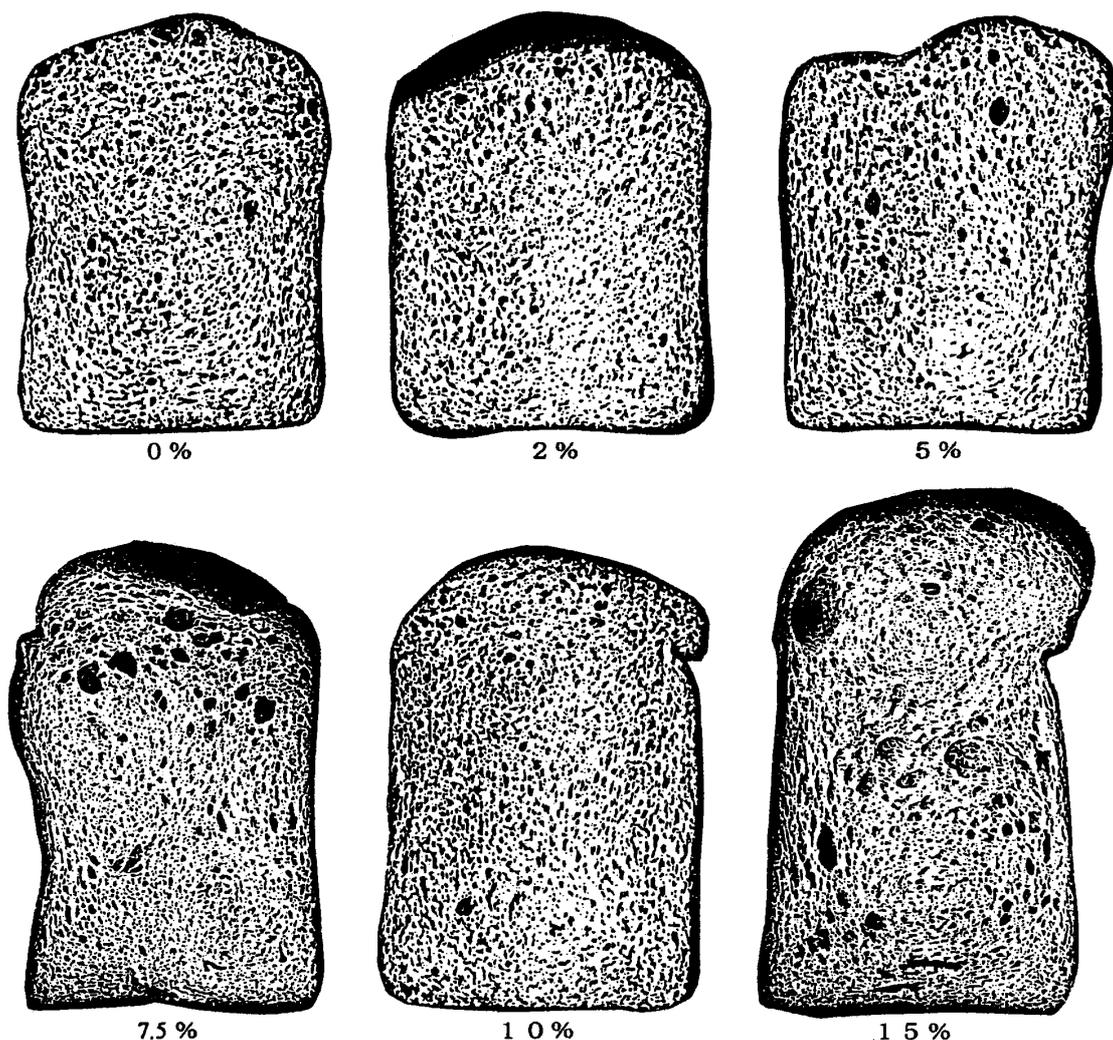


図6 ソヤファイブ-S添加食パンの組織

はレモンペクチンに比較して粘性が低い¹⁰⁾ので、添加効果の差は焼成品への粘性によるコーティング作用かもしれない。

⑤ pH：15%までソヤファイブを添加し、1回目練り後、発酵後の生地および焼成後のパンのpHをコントロールと比較した結果、差は認められなかった。また焼成後のパンのpHは0～10%添加の範囲で0～5日間保存した結果、いずれも5.5～5.6の範囲にあり、差は認められなかった。

⑥ 組織の観察：焼成当日のソヤファイブ添加食パンの断面を観察した結果を図6に示した。添加量が増加すると比容積も増加し、組織に気泡が見られた(15%添加)。また、保存による変化は見られなかった。

⑦ ハンター白度：ハンター白度は0～15%添加の範囲で、焼成当日の結果では66%前後で、コントロールとソヤファイブ添加のものに差は見られなかつ

た。また、5日保存後のパンの白度はいずれも64～66%の範囲にあり差は見られなかった。

以上の結果から、ソヤファイブ添加ではコントロールに比較して、添加量の増加に伴って比容積の増加、保存による硬さの増加抑制などの添加効果が認められた。ソヤファイブは無味無臭であり、食味に影響しないので主食である食パンにかなり大量に水溶性食物繊維として添加が可能であり、食物繊維供給源として非常に有利な物質であることがわかった。

IV. ま と め

大豆性のペクチン様の水溶性多糖類であるソヤファイブ(S-FA-100)を小麦粉に対して0～15%添加した食パンを調製し、0～5日間保存後の品質の変化を比容積、水分含量、硬さ、弾力性、糊化度、pH、組織の観察、ハンター白度の項目で評価した。

その結果、比容積は焼成当日では添加量5%までは無添加と差はなかったが7.5%以上では大きくなった。保存後はいずれの添加量でも5日間の保存中の比容積の減少はみられなかったが、7.5%以上の添加では焼成当日の比容積が無添加に比較して大きいため保存後も大きくなった。水分含量は焼成当日で40%程度を示し、添加量の増加に伴ってわずかに増加する傾向がみられたが保存による水分減少の傾向に差はみられなかった。硬さは焼成当日ではいずれの添加量でも同程度を示したが5日保存後には添加量の多いものほど柔らかい傾向が認められた。弾力性は焼成当日、保存後のいずれにおいても添加、無添加の差はみられなかった。組織の観察結果では焼成当日では添加量が増加すると比容積も増大し、気泡がみられたが保存による組織の変化はみられなかった。糊化度、pH、ハンター白度では添加、無添加の差はみられなかった。

5. 謝 辞

本研究の成果はエリザベス・アーノルド富士財団、平成8年度研究助成によるもので謝意を表します。また、自動パン焼き器を提供していただいた松下電器産業㈱ならびに大豆製ベクチン質、ソヤファイブを提供していただいた不二製油㈱に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 吉野(家護谷)世美子: 応用糖質, **44**, 161-164 (1997)
- 2) 吉野(家護谷)世美子: 応用糖質, **44**, 165-168 (1997)
- 3) MATSUHASHI, S., INOUE, S., and HATANAKA, C., *Biosci. Biotech. Biochem.*, **56**, 1053-1057 (1992)
- 4) MATSUHASHI, S., NISHIKAWA, N., NEGISHI, T., and HATANAKA, C., *J. Liquid Chromatography*, **16**, 3203-3215 (1993)
- 5) 小麦粉——その原料と加工品, 改訂第3版, 日本麦類研究会, p.925 (1994)
- 6) 貝沼圭二: 生物化学実験法19, 澱粉・関連糖質実験法(中村道徳, 貝沼圭二編, 学会出版センター, p. 190 (1986)
- 7) HATANAKA, C. and KOBATA, Y.: *Agric. Biol. Chem.*, **44**, 2943-2949 (1980)
- 8) AACC: *Approved Methods of the AACC*, 9th ed., Amer. Assoc. Cereal Chem., The Association, St. Paul, Method 02-52 (1995)
- 9) 越智敬志: 月間フードケミカル, **3**, 119-128 (1992)
- 10) 前田裕一: 食品と開発, **28**(9), 47-49 (1992)