

β-コングリシニン添加ドウに対するレシチンの製パン性改善効果の分子機構

裏出令子*

京都大学大学院農学研究科

Functions of Lecithin in Dough and Bread Supplemented with β-Conglycinin

Reiko URADE

Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Uji 611-0011

ABSTRACT

The soy protein, β-conglycinin is known to decrease plasma triacylglycerol and cholesterol levels in humans. Because these effects of β-conglycinin are transient, it is necessary to take it daily to maintain such effects. Bread is a convenient vehicle for introducing β-conglycinin into the daily diet. However, because of its high water-absorption properties, β-conglycinin increases the water-absorption capacity of flour, alters the rheological properties of dough, and decreases the loaf volume of bread. Studies show the addition of soybean protein isolate or β-conglycinin decrease loaf volume. Strategies to overcome these adverse effects should be developed. We added phosphatidylcholine (PC) to the bread ingredients, in addition to protein isolate and β-conglycinin, and the adverse effect of the proteins on loaf volume was counteracted. Additionally, adding PC showed little effect on the rheological properties of dough, determined with a Reolograph Gel, a Rheoner, and a Microfarinograph. The function of PC could not be replaced by phosphatidylethanolamine, phosphatidic acid, or lysophosphatidylcholine. The ultrastructure of bread was examined by scanning electron microscopy. The gas cells in the bread containing proteins from soybean were smaller than those in the control bread without soy proteins. In the bread supplemented with soy proteins and PC, the size of the gas cells was similar to those in the control bread. These results may suggest that PC made the cell walls resistant to breakage by gas pressure, thereby maintaining the gas-retaining ability and maintaining the usual loaf volume of the bread. *Soy Protein Research, Japan* **6**, 38-42, 2003.

Key words : β-conglycinin, soybean protein isolate, bread, dough, phosphatidylcholine

*〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄

大豆種子貯蔵たん白質の1つである β -コングリシニンにはヒトの血清中のトリグリセリドおよびコレステロールの値を改善し、体脂肪を減少させる効果があることが明らかにされている^{1,2}。このような大豆由来のたん白質の生理的効果を付加したパンの開発は生活習慣病の予防と健康増進に有用であると考えられる。しかし、小麦粉への大豆たん白質の添加は大豆たん白質の高い保水性ゆえにドウの吸水性を増加させ、パンの物性を著しく損ないローフ容積を減少させる³。これまでに、リン脂質の混合物であるレシチンに異種たん白質の添加によるローフ容積の減少を改善する効果があることが示されてきたが⁴、単独のリン脂質の効果は検討されなかった。本研究は、大豆レシチン中の有効リン脂質を同定し、その分子メカニズムを解明することにより β -コングリシニンなどの大豆たん白質を添加したパンを開発することを目指して行った。

方 法

材 料

小麦粉は日清製粉のスーパーキングを、ショートニングは日本たばこ産業株式会社のプルニエファミリーを、ドライイーストはS. I Lesaffre社サフドライを用いた。分離大豆たん白質 (SPI) および β -コングリシニンは不二製油株式会社から供与を受けた。大豆ホスファチジルコリン (PC) および合成ホスファチジルエタノールアミン (PE) は日本油脂株式会社製を用いた。Phospholipase D (*Actinomadura* sp.) は名糖産業株式会社からPhospholipase A₂ (*Naja naja* venom) およびPhospholipase C (grade I, *Bacillus cereus*) はシグマから購入した。

ホスファチジン酸 (PA) と1-アシルリゾPC (リゾPC) の調整

PAは大豆PCをphospholipase Dで処理することにより調整した。リゾPCは大豆PCをphospholipase A₂で処理することにより調整した。

ドウとパンの作製

ドウは小麦粉 (200 g)、ドライイースト (4 g)、ショ糖 (10 g)、食塩 (4 g)、ショートニング (10 g)、蒸留水 (134 mL) から作製した。SPIおよび β -コングリシニン添加の場合は小麦粉の5~10%をこれらのたん白質で代替した。リン脂質は小麦粉の2%重量分を蒸留水に超音波処理で懸濁することにより添加した。材料はミキサー KN-200 (大正電気株式会社) で20分間混捏した後、一次発酵 (28℃, 40分)、ねかせ (23℃, 20分)、整形・型入れ (60 g/型)、二次発酵 (36℃, 40分)

を経て180℃, 13分焼成した。ドウの体積は二次発酵後に、パンの体積は焼成後2時間冷却の後に測定した。

ドウのレオロジー特性測定

ドウの動的粘弾性はReograph Gel 652 (東洋精機製作所) で、破断特性はRheoner RE-3305 (山電株式会社) で、ミキシング特性はBrabender Duisburg Microfarinograph RSM65NGで硬粘度の最大値がBrabender unit 500になるように水分量を調節し、測定した。

走査型電子顕微鏡観察

パンはスライサーで5 mm幅に垂直方向にスライスしデシケータ中で乾燥後、金パラジウム蒸着しHitachi S4100走査型電子顕微鏡で観察した。

結果と考察

PCのローフ容積増大効果

レシチンはリン脂質の混合物であり、PC, PE, ホスファチジルイノシトールおよびPAなどが含まれる。これらのうち最も含量の高いPCがパンのローフ容積に及ぼす影響を調べた (Fig. 1)。小麦粉重量の10%をSPIで代替すると、発酵後のドウおよびパンの容積は無添加のコントロールパンに比して低下した。また、 β -コングリシニンはSPIより一層ドウの膨脹を妨げる効果が大きく、5%添加でSPIを10%添加した場合と同程度の容積にまで低下した。すなわち、大豆由来のたん白質の添加によりドウの発酵時の膨脹が妨げられ、パンのローフ容積が低下することが明らかとなった。このようなたん白質の添加によるローフ容積の低

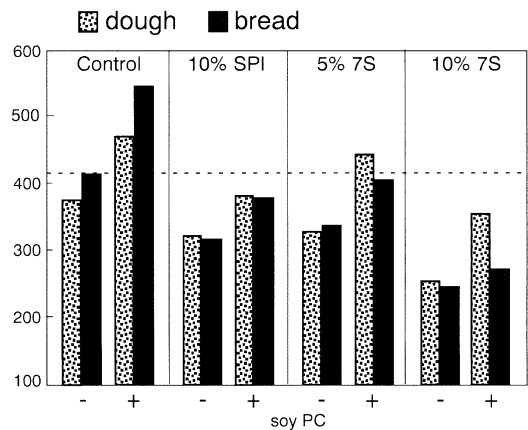


Fig. 1. Effects of SPI, β -conglycinin (7S) and soy PC on the specific volumes of dough and bread. The specific volumes of the dough and bread were determined as described under "Methods".

下は、PCの添加により改善された。SPIおよび β -コングリシニン入りパンにPCを添加すると、ドウの発酵時の膨脹性が増加した。その結果、10%SPI添加および5% β -コングリシニン添加の場合にはコントロールパンに匹敵するローフ容積のパンが得られた。しかし、 β -コングリシニンを10%添加した場合にはドウの膨脹性はコントロールドウを下回り、さらに、焼成時の釜落ちが大きいいためパンのローフ容積はほとんど改善しなかった。また、PCは大豆たん白質を含まないコントロールパンに対してもローフ容積増加効果を持つことが示された。従って、PCの効果は、主に小麦成分との相互作用を介して発揮されると考えられる。

パンの微細構造

SPI、 β -コングリシニンおよびPC添加パンの微細構造を、走査型電子顕微鏡で観察した (Fig. 2, Fig. 3)。SPIおよび β -コングリシニン添加パンではコントロールパンに比べてガス室のサイズが小さく、壁の破断が多数観察された。ガス室のサイズはローフ容積と連動し、ローフ容積が小さいパンほどガス室のサイズは小さかった。大豆たん白質に加えてPCを添加したパンでは、ガス室のサイズが大きくなっていたが、コントロールに比して壁の破断が多くみられた。

PCのドウの物性への影響

パンの走査型電子顕微鏡写真から、PCは大豆たん白質の添加によって悪化したドウの物性を変化させることにより、発酵によるドウの膨脹を増加させる可能性が考えられた。そこで、PCの添加がドウの動的粘弾性に与える影響をRheograph gelを用いて調べた (Table 1)。SPIを添加するとドウの弾性 E' と粘性 E'' の両方が増加し、ドウがより固くなっていることが示された。SPIとPCを添加した場合には、弾性および粘性はさらに増加した。すなわち、PCにはドウを柔軟にする効果がないことが明らかとなった。また、ドウの破断強度に対

するSPIおよび大豆PCの影響をRheonarを用いて測定した (Table 1)。SPIの添加により破断加重は増加し、PCを添加してもその値は変化しなかった。また、破断点はSPIおよびPC添加によりまったく影響されなかった。さらに、ドウのミキシング特性をMicrofarinographを

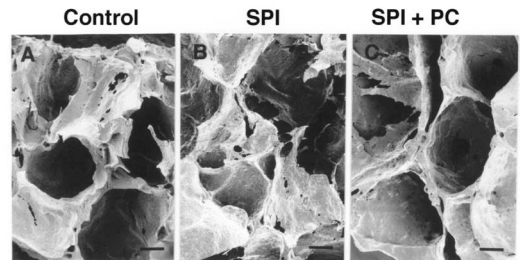


Fig. 2. Scanning electron micrography of bread. A, Control; B, SPI; C, SPI and PC. Bars, 200 μ m.

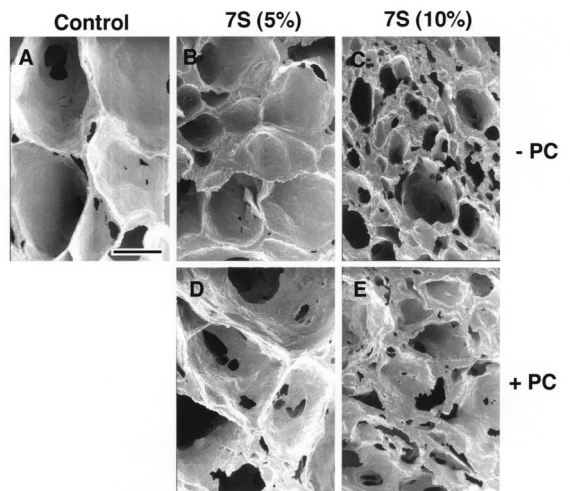


Fig. 3. Scanning electron micrography of bread. A, Control; B, 5% β -conglycinin (7S); C, 10% 7S; D, 5% 7S and PC; E, 10% 7S and PC. Bars, 500 μ m.

Table 1. Effects of SPI^a and soy PC^b on the rheological properties^c of dough

Rheological property	Dough		
	Control	SPI	SPI + soy PC
Rheograph value			
Storage modulus (E') ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	3.9 \pm 0.1 ^x	9.8 \pm 1.2 ^y	11.7 \pm 1.5 ^z
Loss modulus (E'') ($\times 10^5$ dyn/cm ²)	2.5 \pm 0.2 ^x	5.5 \pm 0.6 ^y	6.4 \pm 0.6 ^z
tan λ (E''/E')	0.64 \pm 0.04 ^x	0.56 \pm 0.01 ^y	0.55 \pm 0.03 ^y
Large-deformation property			
Force at failure point (g)	26.2 \pm 6.6 ^x	55.3 \pm 2.6 ^y	55.9 \pm 8.0 ^y
Failure point (cm)	1.06 \pm 0.11 ^x	1.03 \pm 0.11 ^x	1.05 \pm 0.08 ^x

^a 10 % of wheat flour was replaced with SPI.

^b 2% soy PC was added.

^c Values are means \pm SD of 5 independent determinations. Different letters (x, y, z) in the same row indicate significant differences among doughs.

用いて検討した (Table 2, Table 3). SPIあるいは β -コングリシニンの添加により吸水率が増加するとともにstability timeが減少し, 異種タンパク質の添加によりドウが固くなり, グルテンネットワークが脆弱化することが示唆された. PCを添加してもstability timeは延長せず吸水率はさらに増加した. 以上の結果から, PCには大豆たん白質の添加により変化するドウの物性を改善する効果はないことが明らかとなった. 従って, PCは大豆たん白質の添加によって破綻しやすくなったガス室の壁からガスの漏出を防ぐことにより, ドウのガス保持能を高め, 膨脹能を増加させると考えられる.

PCの構造と製パン性改善効果との関係

PCは2本の脂肪酸側鎖からなる疎水性尾部とホスホリルコリンである極性頭部から構成される両親媒性の化合物である. PCの構造と製パン性改善効果との関係を検討した (Fig. 4). PCから脂肪酸側鎖を1本除いたリゾPCにはSPI添加パンの容積を増加させる効果はなく, 逆に減少させた. また, コリン部分を欠くPAおよびコリンにもまったくローフ容積増加効果がなかった. さらに, 極性頭部がホスホリルエタノールアミンであるPEにもまったく効果がなかった. すなわち, PCの構造全体が製パン性改善効果を発揮するために必須であることが明らかとなった. PCは水中で疎水性

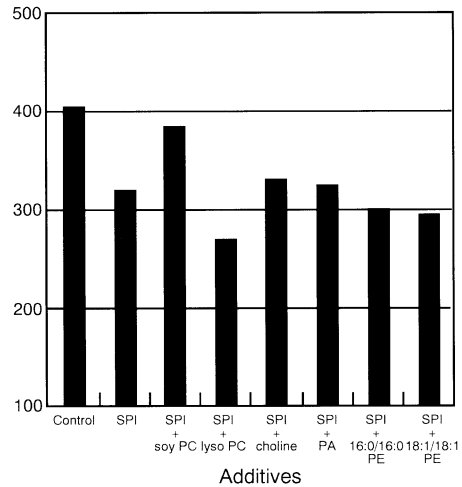


Fig. 4. Effects of various phospholipids on the specific volume of bread with 10% SPI and shortening. Bread was made with or without additives.

尾部どうしが対向した2重層に集合し, ラメラやベジクルといった巨大構造体を形成するリン脂質である. 一方, PE, リゾPCおよびPAは2重層を形成しないリン脂質である⁵⁾. 従って, PCの2重層がドウのガス保持能の改善を担っている可能性が高いと考えられる.

Table 2. Effects of SPI^a and soy PC^b on the rheological properties^c of dough

Farinograph behavior	Dough			
	Control	SPI	SPI + soy PC	soy PC
Water absorption ^d (mL)	66	78	81	69
Arrival time (min)	7.9 ± 0.2 ^x	6.4 ± 1.0 ^y	6.5 ± 0.6 ^y	6.3 ± 1.2 ^y
Development time (min)	12.3 ± 0.8 ^x	9.7 ± 1.2 ^y	9.7 ± 0.3 ^y	13.0 ± 0.6 ^x
Stability time (min)	27.1 ± 1.1 ^x	9.8 ± 0.9 ^y	9.9 ± 1.6 ^y	26.8 ± 1.4 ^x

^a 10% of wheat flour was replaced with SPI.

^b 2% soy PC was added.

^c Values are means ± SD of 3 independent determinations. Different letters (x, y) in the same row indicate significant differences among doughs.

^d Amount of water per 100 g of flour.

Table 3. Effects of β -conglycinin (7S)^a and soy PC^b on the farinograph behavior^c of dough

Farinograph behavior	Dough				
	Control	7S (5%)	7S (5%) soy PC	7S (10%)	7S (10%) soy PC
Water absorption ^d (mL)	66	73	76	84	86
Arrival time (min)	7.9 ± 0.2 ^x	3.6 ± 0.4 ^y	5.1 ± 0.4 ^z	4.3 ± 0.8 ^y	4.7 ± 0.9 ^y
Development time (min)	12.3 ± 0.8 ^x	7.1 ± 0.5 ^y	9.7 ± 0.5 ^z	6.8 ± 0.7 ^y	7.7 ± 0.6 ^y
Stability time (min)	27.1 ± 1.1 ^x	12.4 ± 0.5 ^y	12.4 ± 0.9 ^y	10.3 ± 0.8 ^z	9.7 ± 0.8 ^z

^a 5% or 10% of wheat flour was replaced with 7S.

^b 2% soy PC was added.

^c Values are means ± SD of 3 independent determinations. Different letters (x, y, z) in the same row indicate significant differences among doughs.

^d Amount of water per 100 g of flour.

要 約

β -コングリシニンなどの大豆たん白質の添加によって発酵時のドウの膨脹能が低下し、パンのローフ容積が減少した。大豆レシチンの主成分であるPCには、発酵時のドウの膨脹能を増加させることによりローフ容積を回復させる効果があった。しかし、PCはドウのレオロジカルな性質にはほとんど影響しないことから、ドウのガス保持能を高めていることが示唆された。2重層を形成しないリン脂質にはこのような効果がないことから、PC 2重層がドウのネットワークと相互作用することによりドウのガス保持効果を改善すると考えられる。

文 献

- 1) Aoyama T, Kohno M, Saito T, Fukui K, Takamatsu K, Yamamoto T, Hashimoto Y, Hirotsuka M and Kito M (2001): Reduction by phytate-reduced soybean beta-conglycinin of plasma triglyceride level of young and adult rats. *Biosci Biotechnol Biochem*, **65**, 1071-1075.
- 2) Kito M, Moriyama T, Kimura Y and Kambara H (1993): Changes in plasma lipid levels in young healthy volunteers by adding an extruder-cooked soy protein to conventional meals. *Biosci Biothech Biochem*, **57**, 354-355.
- 3) Mizrahi S, Zimmermann G, Berk Z and Cogan U (1967): The use of isolated soybean proteins in bread. *Cereal Chem*, **44**, 193-203.
- 4) Adler L and Pomeranz Y (1959): Use of lecithin in production of bread containing defatted soy-flour as a protein supplement. *J Sci Food Agr*, **10**, 449-456.
- 5) Dowhan W and Bogdanov M (2002): Functional roles of lipids in membranes. In: *Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes, 4th edition*. Vance DE and Vance J, eds., Elsevier, The Netherlands, pp. 1-35.