

## 감자 Lipoxygenase가 밀가루 반죽의 페리노그래프 특성에 미치는 영향

문정원<sup>†</sup> · 서명자\*

부산여자전문대학 가정과

\*부산대학교 식품영양학과

### The Effect of Potato Lipoxygenase on the Farinograph Characteristics of Wheat Flour Dough

Jung-Won Moon<sup>†</sup> and Myung-Ja Suh\*

Dept. of Home Economics, Pusan Women's Junior College, Pusan 614-734, Korea

\*Dept. of Food Science and Nutrition, Pusan National University, Pusan 608-735, Korea

#### Abstract

To investigate the effect of potato lipoxygenase on the farinograph characteristics of wheat flour dough, composite flours containing enzyme-active potato flour (EPF) and hot-air dried potato flour (HPF) were used. EPF was made by freeze-drying potato tuber. DPFB (denatured potato flour) was prepared by holding EPF at 80° C for 18hr in a dry oven. The potato flours were added to wheat flour at a level of 10%, respectively. EPFB (enzyme-active potato flour blends, 90% wheat flour + 10% enzyme-active potato flour) containing lipoxygenase activity gave higher farinogram peak time and higher stability values, lower MTI (mixing tolerance index) and lower weakness values than those of HPFB (hot-air potato flour blends, 90% wheat flour + 10% hot-air potato flour). Moreover, when lipoxygenase was added to DPFB (denatured potato flour blends, 90% wheat flour + 10% denatured potato flour) at a level of EPFB, it resulted in increasing stability, peak time and decreasing MTI, weakness at a level of EPFB. When the lipoxygenase was added to wheat flour with fumaric acid at a level of 6.5 × 10 units/g flour, lipoxygenase overcame the deleterious effects that fumaric acid including activated double-bond compounds have at mixing stability. Also the addition of lipoxygenase with linoleic acid to defatted wheat flour resulted in the increase in stability and decrease in MTI value compared with those of linoleic acid and defatted wheat flour.

**Key words :** potato lipoxygenase, EPFB (enzyme-active potato flour blends), HPFB (hot-air dried potato flour blends), farinograph

#### 서 론

Isoenzyme의 형태로 대두, 완두, 감자, 쌀겨, 가지, 사과 등의 식품계와 미생물, 동물조직에 널리 분포되어 있음이 알려져 있는 lipoxygenase<sup>1-3)</sup>는 *cis,cis*-1,4-pentadiene구조 (-CH=CH-CH<sub>2</sub>-CH=CH-)를 갖고 있는 linoleic acid, linolenic acid 및 arachidonic acid 등의 지방산이나 지방산 에스테르의 산화를 촉매하여 *cis, trans* C-13 and/or C-9 공역 과산화물을 생성시키며 이 과산화물들은 더 분해되어 alcohols, acids, ketones과

aldehyde 물질로 되어 식품의 풍미에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다<sup>4)</sup>. 또한 이 효소는 부수적인 반응으로 carotene, chlorophyll 등의 색소를 탈색시키며 단백질의 -SH group과도 관련되어짐이 보고되었다<sup>5-6)</sup>. 특히 밀가루에 lipoxygenase 활성을 갖는 대두가루가 첨가되었을 때 이 효소에 의해 불포화지방산이 산화되는 과정에서 형성되는 중간생성물이 글루텐의 소수기에 들어가서 sulfhydryl group을 산화시킴으로서 글루텐구조에 변화를 주고 이때 유리된 지방이 제빵의 부피를 증가시키고 질감을 부드럽게 한다고 알려졌다<sup>7)</sup>.

또한 반죽과정에 있어서는 글루텐이 최대로 발달한 후 계속된 혼합에 의해 일어나는 글루텐의 분해를 다

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

소 방지하여 혼합내성 (mixing tolerance)을 증진시킬 수 있다<sup>10)</sup>.

한편 제빵 및 다른 생산품을 위한 복합분 개발에 대한 연구에 있어서 국내에서의 김 등<sup>11)</sup>은 감자가루 복합분은 제빵특성이 낮다고 보고한 바 있으나 최근 문<sup>12)</sup>은 감자가루 10% 첨가는 밀가루빵에 크게 손색이 없는 제품이 가능한 것으로 보고 했다. 또한 Rasper 등<sup>13)</sup>은 괴경류로 만들어진 가루는 다른 가루에 비해 반죽의 물성이나 최종부피에 보다 나은 결과를 나타낸다고 보고했다.

따라서 본 연구는 감자의 lipoxygenase 활성 정도가 다른 동결건조 감자가루 및 열풍건조 감자가루 복합분을 이용하여 감자 lipoxygenase가 밀가루 반죽의 farinograph 특성에 미치는 영향을 실험하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용한 밀가루는 무처리된 강력분으로서 제일제당으로부터 구입했으며, 감자 (*Solanum tuberosum*, Variety Dejima)는 부산시 금정구 장전동에 위치한 장전시장에서 구입했다. 열풍건조 감자가루는 삼영농축회사로부터 구입했고, lipoxygenase 활성을 갖는 감자가루로는 동결건조 감자가루 (효소활성 감자가루)를 사용했다. 효소활성 측정에 사용된 기질과 밀가루에 첨가된 linoleic acid는 Sigma제품이었다. Fumaric acid는 증류수에 현탁시켜서 sodium hydroperoxide로 pH를 7.0으로 중성화 시켜서 사용했다. 감자가루 복합분은 효소활성 감자가루와 열풍건조 감자가루를 10% 수준으로 대체시킴으로서 만들어졌다. 시료로 사용할 밀가루, 감자가루 복합분의 일반성분은 Table 1과 같다.

#### 시료의 제조

##### 효소활성 감자가루 및 변성 감자가루

Lipoxygenase 활성을 갖는 감자가루인 효소활성 감자가루 (enzyme-active potato flour, EPF)는 감자를 동

결건조시킨 후 분쇄하여 100mesh체를 통과시킨 뒤 사용하기까지 -20°C에서 보관했다. 변성 감자가루 (de-natured potato flour, DPF)는 EPF를 80°C dry oven에서 18시간 유지시킴으로서 lipoxygenase를 불활성화시켜 만들었다.

#### 탈지밀가루

16시간 동안 석유 에테르로 밀가루에서 지질을 추출한 후 탈지된 밀가루는 남아있는 용매를 모두 증발시키기 위해 72시간동안 실온에 방치해 두었다.

#### 탈지밀가루에 linoleic acid의 첨가

탈지밀가루 일부분에 linoleic acid를 첨가하여 먼저 손으로 섞어 균질화시킨 후 farinograph mixing bowl에서 나머지 가루와 함께 섞었다. Linoleic acid는 밀가루 무게에 대해 0.3% 수준으로 첨가되었다.

#### 일반성분

시료의 일반성분은 AACC방법<sup>14)</sup>에 따라 수분은 상온 가열 건조법 (44-15A), 회분은 회화법 (08-01), 단백질은 Kjeldahl법 (46-10)으로 각각 측정했으며 지질은 Soxhlet법 (30-10)에 따라 측정했다.

#### Lipoxygenase 추출

감자에서의 lipoxygenase 추출은 Kim 등<sup>15)</sup>이 사용한 방법에 준했다. 껍질 벗긴 감자 500g에 대해 2mM ascorbic acid와 sodium metabisulfite를 함유하는 10배의 0.1M potassium phosphate 완충액 (pH 6.8)을 가해 믹서로 균질화시킨 후 13,000×g에서 15분동안 원심분리하여 상등액을 취하였다. 이 상등액의 30~60% ammonium sulfate fraction을 취해서 투석시킨 후 동결건조시켜서 조효소원으로 사용했다. 각 가루에 잔존하는 lipoxygenase 활성측정을 위해 효소활성감자가루, 열풍건조 감자가루를 진물 중량으로 50g 취해서 2mM의 ascorbic acid와 sodium metabisulfite를 함유하는 10배의 0.1M potassium phosphate 완충용액 (pH 6.8)을 가해 4°C에서 3시간동안 추출하여 불용해 물을 걸러낸 후 효소 활성 측정을 위한 효소 추출액으로 사용했다. 또한 밀가루는 Joan과 Edward의 방법<sup>16)</sup>에 따라, 건물 중량 50g의 밀가루에 10배의 0.12M sodium phosphate 완충용액 (pH 6.9)으로 4°C에서 3시간동안 추출한 후 15,000×g에서 20분간 원심분리하여 얻어진 상등액을 lipoxygenase 활성 측정을 위한 효소 추출액으로 사용했다.

Table 1. Proximate composition of various flours

Sample	Ingredients			
	Moisture (%)	Ash (%)	Fat (%)	Protein (%)
WF	13.2	0.5	1.1	12.7
EPFB	12.7	0.8	1.0	12.4
HPFB	12.7	0.7	1.0	12.4

WF : wheat flour

EPFB : 90% wheat flour + 10% enzyme-active potato flour

HPFB : 90% wheat flour + 10% hot-air dried potato flour

Lipoxygenase활성 측정

Lipoxygenase활성측정은 modified Surrey's diene conjugation 방법<sup>17)</sup>에 따라, lipoxygenase에 의해 생성되는 과산화물의 양을 234nm에서의 흡광도를 UV spectrophotometer (Shimadzu UV 2100)로써 측정하여 234nm에서 1분당, 흡광도 1.0의 증가를 1unit로 표시하였다. 밀가루를 비롯한 감자가루 복합분의 lipoxygenase 활성은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

Farinogram 측정

AACC 방법<sup>14)</sup>(54-21)에 따라 Brabender farinograph의 large mixing bowl(300g bowl)을 30±0.2°C로 유지시킨 다음 peak의 중앙선이 500±20BU(Brabender unit)에 오도록 실험 재료(14% mb)의 가수량을 조절한 후 각 시료의 수분흡수율, 반죽시간 (peak time), 반죽저항도 (mechanical tolerance index, MTI), 반죽안정도 (stability), 반죽약화도(weakness) 등을 측정했다.

결과 및 고찰

밀가루에 효소활성 감자가루, 열풍건조 감자가루를

10% 수준으로 대체한 시료의 farinogram은 Fig. 1과 같고 Table 3은 farinogram의 특성을 나타낸 것이다.

Table 3에서 보는 바와 같이 밀가루 반죽(이하 WF)에 비해 감자가루를 첨가한 복합분의 수분 흡수율은 높아졌다. 효소활성 감자가루 복합분(이하 EPFB), 열풍건조 감자가루 복합분(이하 HPFB)은 WF에 비해 반죽시간이 1/2이하로 짧아졌고, 반죽안정도도 저하되었으며 반죽저항도와 약화도는 현저하게 증가되었다. Hamed 등

Table 2. Lipoxygenase activity of each sample

Sample	Enzyme activity units/g sample
WF	19.2
EPF	567.2
DPF	15.1
HPF	74.7
Lipoxygenase preparation of potato tuber	15360

WF : wheat flour  
 EPF : enzyme-active potato flour  
 DPF : denatured potato flour  
 HPF : hot-air dried potato flour

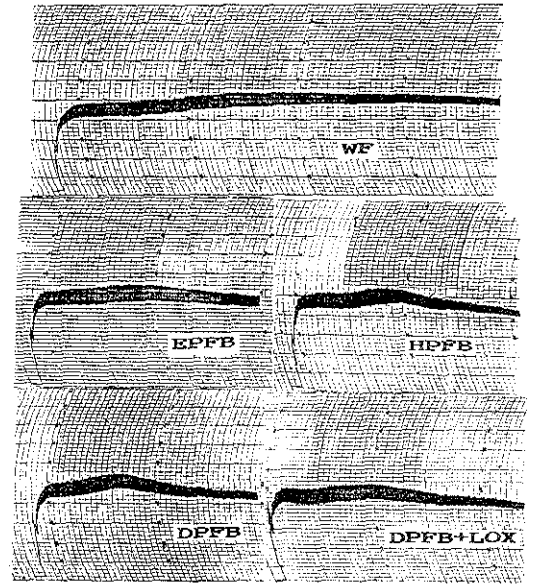


Fig. 1. Farinograms of wheat and potato-wheat flour blends.  
 WF : wheat flour  
 EPFB : 90% wheat flour + 10% enzyme-active potato flour  
 HPFB : 90% wheat flour + 10% hot-air dried potato flour  
 DPFB : 90% wheat flour + 10% denatured potato flour  
 DPFB + LOX : 90% wheat flour + 10% denatured potato flour with addition of lipoxygenase preparation at a level of EPFB.

Table 3. Farinograph data for wheat and potato-wheat flour blends

Sample	Water absorption* (%)	Peak time (min)	Stability (min)	Mixing tolerance index (MTI, BU)	Weakness (BU)
WF	65.9	22.7	30.5	10.2	0
EPFB	66.9	10.7	16.2	21.5	30
HPFB	67.8	9.5	11.6	51.3	70
DPFB	67.5	8.2	7.8	46.0	70
DPFB + LOX	67.4	9.5	14.7	24.1	45

\*Values expressed on 14.0% mb

WF : 100% wheat flour  
 EPFB : 90% wheat flour + 10% enzyme-active potato flour  
 HPFB : 90% wheat flour + 10% hot-air dried potato flour  
 DPFB : 90% wheat flour + 10% denatured potato flour  
 DPFB + LOX : 90% wheat flour + 10% denatured potato flour with the addition of lipoxygenase preparation at a level of EPFB

<sup>10)</sup>은 감자가루는 글루텐을 함유하지 않는다는 사실이 외에 감자가루는 밀가루보다 pH가 낮다고 보고했으며, Watanabe 등<sup>19)</sup>은 가루의 pH가 저하될수록 반죽시간이 짧아지고 반죽이 약하게 된다고 보고했다. 그러므로 EPFB, HPFB 경우의 반죽시간 저하는 글루텐의 감소와 더불어 감자가루에 의한 pH저하 때문인 것으로 사료된다. 그러나 감자가루 복합분의 경우 lipoxygenase 활성이 높은 효소활성 감자가루가 포함되어 있는 EPFB와 효소활성이 낮은 열풍건조 감자가루가 포함되어 있는 HPFB를 비교해 보면 반죽시간은 EPFB, HPFB 각각 10.7분, 9.5분이었고 반죽안정도는 EPFB는 16.2분, HPFB는 11.6분을 나타내어 반죽시간과 반죽안정도 모두 EPFB가 HPFB보다 길었다. MTI값과 약화도는 HPFB의 51.3BU, 70BU에 비해 EPFB는 각각 21.5BU, 30BU로서 현저하게 감소했음을 보여주고 있어 전반적인 farinogram 특성이 HPFB에 비해 EPFB가 우수함을 알 수 있다. Lipoxygenase 활성에 따른 이러한 차이는 효소활성 감자가루 복합분과 효소를 불활성화시킨 변성 감자가루를 포함하고 있는 DPFB의 비교에서 뚜렷이 나타났다. 반죽시간은 EPFB는 10.7분, DPFB는 8.2분으로서 EPFB의 반죽시간이 길었으며 반죽안정도 역시 DPFB의 7.8분에 비해 EPFB는 16.2분으로서 2배이상 길었다. 또한 MTI는 EPFB, DPFB 각각 21.5BU, 46.0BU였으며 반죽약화도는 EPFB가 30BU, DPFB는 70BU로서 반죽약화도 역시 EPFB가 DPFB보다 우수하였다. 반죽의 전반적인 farinograph 특성에 있어서 EPFB가 DPFB보다 우수한 것으로 나타났다. 더우기 DPFB에 감자에서 추출된 lipoxygenase를 EPFB의 수준으로 첨가했을 때 DPFB의 반죽시간, 반죽안정도는 각각 8.2분, 7.8분에서 9.5분, 14.7분으로 증가되었고 MTI와 약화도는 각각 46BU, 70BU에서 24.1BU, 40BU로 감소되었다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 효소활성이 높은 EPFB가 활성이 낮은 HPFB보다 farinograph 특성이 좋다는 사실과 변성 감자가루 혼합분의 farinograph 특성이 lipoxygenase의 첨가로 향상되어 효소활성감자가루 혼합분의 farinograph 특성과 비슷해졌다는 사실은 lipoxygenase 활성이 farinograph 특

성에 영향을 미치고 있음을 증명해 주고 있으며 특히 반죽의 혼합내성을 증진시키는 것으로 보여진다. Barrett는 mixograph를 이용하여 대두 lipoxygenase가 반죽의 혼합내성을 증가시킨다는 것을 보고한 바 있다<sup>20)</sup>. Table 4와 Fig. 2는 lipoxygenase와 fumaric acid의 작용을 나타내고 있다. Activated double bond를 함유하고 있어 밀가루를 약화시키는 것으로 알려진 fumaric acid가 밀가루에 2,000ppm 수준으로 첨가되었을 때에 반죽시간이 밀가루의 22.7분에 비해 10.3분으로 감소되고 반죽안정성은 30.5분에서 7.8분으로 현저하게 감소되었으며, MTI와 반죽약화도가 10.2BU, 0BU에서 각각 46.2BU, 40BU로 증가됨으로써 반죽의 분해율이 증가되었다. 그러나 fumaric acid와 함께 lipoxygenase가 밀가루 g당 6.5×10unit로 첨가되었을 때 fumaric acid의 밀가루에 대한 위와 같은 영향은 다소 반전되었다. 즉 lipoxygenase에 의해 반죽시간이 2.8분 길어지고 반죽안정성이 4.9분 증가되었으며 MTI와 약화도 20BU와 25BU로 감소되어지는 현상이 관찰되어졌다. Hosoney 등<sup>21-23)</sup>은 fast-acting oxidant인 KIO<sub>3</sub>와 activated double bond를 함유하는 화합물인 fumaric acid 등은 혼합내성을 감소시키나 대두 lipoxygenase의 첨가는 KIO<sub>3</sub>와 fumaric acid 등의 혼합내성 감소 효과를 저하시킨다고 보고한 바 있다. 특히 fumaric acid는

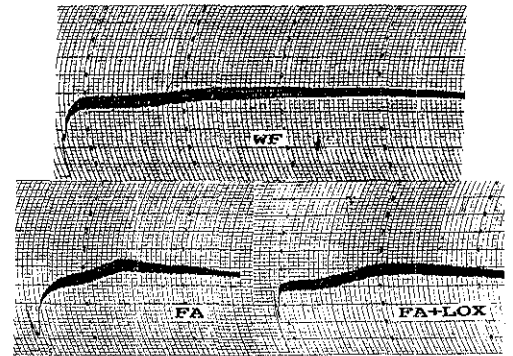


Fig. 2. Farinograms showing effect of fumaric acid and lipoxygenase.  
WF : wheat flour ; FA : fumaric acid ; LOX : lipoxygenase

Table 4. Farinograph data for wheat flour(WF) with and without lipoxygenase(LOX) and fumaric acid(FA)

Sample	Water absorption*(%)	Peak time (min)	Stability (min)	Mixing tolerance index (MTI, BU)	Weakness (BU)
WF	65.9	22.7	30.5	10.2	0
WF + FA	66.0	10.3	7.8	46.2	40
WF + FA + LOX	66.0	13.1	12.7	20.0	25

\*Values expressed on 14.0% mb

**Table 5. Farinograph data for defatted wheat flour(DWF) containing linoleic acid(LA) or linoleic acid plus lipoxigenase(LOX)**

Sample	Water absorption*(%)	Peak time (min)	Stability (min)	Mixing tolerance index (MTI, BU)	Weakness (BU)
DWF	68.5	28.0	34.5	5.1	15
DWF + LA	68.6	23.5	18.0	11.3	10
DWF + LA + LOX	67.6	24.0	25.1	7.7	10

\*Values expressed on 14.0% mb

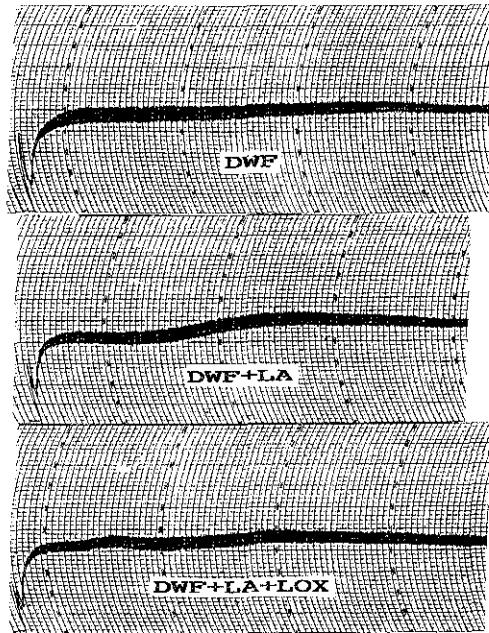


Fig. 3. Farinograms showing effect of linoleic acid(LA), linoleic acid plus lipoxigenase(LOX) on the defatted wheat flour(DWF).

반죽하는 동안 disulfide bond를 파괴시키므로서 thiyl radical을 증가시키고 전하를 띤 species가 글루텐 단백질로 전이(grafting)되어 반죽의 안정성이 급격히 저하되어진다고 보고했다. 본 실험의 결과에서 lipoxigenase가 fumaric acid의 작용을 억제하는 것으로 보아, lipoxigenase가 반죽의 안정성을 증가시키는 작용 양식은 보통의 경우 밀가루를 반죽하는 동안 밀가루 자체내의 activated double bond 화합물에 의해 반죽내의 thiyl radical이 증가되어 단백질의 표면을 변화시킴으로써 반죽의 안정성이 감소되어진다. 그러나 lipoxigenase가 첨가되면 lipoxigenase 작용에 의해 지질 free radical이 증가되어 activated double bond 화합물과 반응하므로서 thiyl radical 증가를 억제하여 반죽 안정성이 증가되는 것으로 보여진다. 또한 lipoxigenase의 작용은 탈지밀가루에 linoleic acid와 함께 첨가되었을 때 뚜렷이 나타났다(Table 5, Fig. 3). 탈지밀가루에

0.3%의 linoleic acid를 첨가했을 때 linoleic acid는 다른 불포화화합물과 마찬가지로 반죽시간을 감소시키고 안정성을 저하시켰으나, 밀가루 g당  $4.0 \times 10$  unit의 lipoxigenase가 첨가됨으로써 반죽시간의 증가는 그다지 크지 않았으나, 반죽안정성이 높아지고 MTI가 저하되었다.

## 요 약

본 연구는 감자 lipoxigenase가 밀가루 반죽의 farinograph 특성에 미치는 영향을 연구하기 위해 감자의 lipoxigenase 활성이 다른 효소활성 감자가루(동결건조 감자가루), 열풍건조 감자가루를 밀가루에 10% 수준으로 대체한 감자가루 복합분을 사용하여 실험한 것으로서 다음과 같은 결과를 얻었다. 밀가루에 감자가루를 첨가하므로서 밀가루에 비해 전반적인 farinograph의 특성이 저하되었으나 lipoxigenase 활성이 높은 효소활성 감자가루 복합분은 열풍건조 감자가루 복합분에 비해 반죽시간, 반죽안정도는 길어졌고, MTI와 반죽약화도는 감소하여 효소활성 감자가루 복합분의 farinograph 특성이 보다 우수했다. 특히 lipoxigenase를 불활성화시킨 변성 감자가루 복합분에 lipoxigenase를 첨가하였을 때 반죽시간, 반죽안정도는 증가하였고, MTI와 반죽약화도는 감소하였다. Lipoxigenase는 밀가루를 약화시켜 혼합내성을 감소시키는 것으로 알려져 있는 fumaric acid의 작용을 억제했다. 또한 탈지밀가루에 linoleic acid를 첨가했을 때 나타나는 반죽시간의 감소와 안정성 저하는 lipoxigenase의 첨가로 반죽안정성이 증가되고 MTI가 저하되었다. 이상의 결과로 볼 때 밀가루의 일부를 감자가루로 대체하여 밀가루 제품을 만들 경우 lipoxigenase 활성을 유지시킨 효소활성 감자가루(동결건조 감자가루)의 사용이 바람직할 것으로 사료된다.

## 문 헌

1. Tapple, A. L. : Lipoxidase. In "The enzymes" Boyer,

- P. D., Lardy, H. and Myrback, K. (eds.), Academic Press, New York, Vol.8, p.275 (1963)
2. Matsuda, Y., Beppu, T. and Arim, K. : Isolation of lipoxxygenase-like enzyme from *Fusarium oxysporum*. *Biochim. Biophys. Acta*, **530**, 439 (1978)
  3. Wlodawer, P. and Samuelsson, B. : On the organization and mechanism of prostaglandin synthetase. *J. Biol. Chem.*, **248**, 5673 (1973)
  4. Nutgeren, D. H. : Arachidonate lipoxxygenase in blood platelets. *Biochim. Biophys. Acta*, **380**, 299 (1975)
  5. Eskin, N. A. M. : Biochemistry of lipoxxygenase in relation to food quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, p.1 (1977)
  6. Arens, D., Seilmeier, W., Weber, F., Kloos, G. and Grosch, W. : Purification and properties of a carotene co-oxidizing lipoxxygenase from peas. *Biochim. Biophys. Acta*, **327**, 295 (1973)
  7. Holden, M. : Chlorophyll bleaching by legume seeds. *J. Sci. Food Agric.*, **16**, 312 (1965)
  8. Logan, J. L. and Learmonth, E. M. : Gluten oxidizing capacity of Soya. *Chem. Ind.*, p.1220 (1955)
  9. Frazier, P. J., Brimblecombe, F. A., Daniels, N. W. R. and Russell Eggitt, P. W. : The effect of lipoxxygenase action on the mechanical development of doughs from fat-extracted and reconstituted wheat flours. *J. Sci. Food Agric.*, **28**, 247 (1977)
  10. Hosenev, R. C., Faubion, J. and Sidhu, J. S. : Mixograph studies. IV. The mechanism by which lipoxxygenase increase mixing tolerance. *Cereal Chem.*, **57** (3), 163 (1980)
  11. 김영수, 김용휘, 우창명, 이서래 : 국산원료를 활용한 복합분 및 제품개발에 관한연구, 제 2보 복합분을 이용한 제빵시험. *한국식품과학회지*, **5** (1), 16 (1973)
  12. 문정원 : 감자가루 복합분의 제빵성에 관한 연구. *부산여자전문대학교 논문집*, 13집, 175 (1992)
  13. Rasper, V., Rasper, J. and Mabey, G. L. : Functional properties of non-wheat flour substitutes in composite flours. I. The effect of non-wheat starches in composite doughs. *Food Sci. Technol. J.*, **7** (2), 86 (1974)
  14. A.A.C.C. : *American association of cereal chemists. Approved methods*. 8th ed., American Association of Cereal Chemists. U.S.A. (1983)
  15. Kim, Y. M., Lee, C. W. and Park, K. W. : Purification and thermal inactivation of two lipoxxygenase isoenzymes from potato tubers. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **19** (5), 397 (1987)
  16. Joan, M. W. and Edward, L. W. : Lipoxxygenase from wheat : An examination of its reaction characteristics. *J. Agric. Food Chem.*, **23** (2), 146 (1975)
  17. Holmer, G., Ory, R. L. and Hoy, C. E. : Changes in lipid composition of germinating barley embryo. *Lipids*, **8**, 277 (1973)
  18. Hamed, M. G. E., Hussein, M. F., Refai, F. Y. and El-Samahy, S. K. : Preparation and chemical composition of sweet potato flour. *Cereal Chem.*, **50**, 133 (1973)
  19. Watanabe, T., Yokozawa, I. and Koizumi, U. : White flour from sweet potatoes treated with sulfurous acid. *Rep. Food Res. Inst (Tokyo)*, **2**, 2 (1953) *Chem. Abstr.*, **47**, 7134 (1953)
  20. Barrett, F. F. : Enzyme uses in milling and baking industries. In "Enzymes in food processing" Reed, G. (ed.) 2nd ed. Academic Press, New York, p.324 (1975)
  21. Schroeder, L. F. and Hosenev, R. C. : Mixograph studies. II. Effect of activated double-bond compounds on dough-mixing properties. *Cereal Chem.*, **55**, 348 (1978)
  22. Sidhu, J. S., Nordin, P. and Hosenev, R. C. : The mechanism by which lipoxxygenase increase mixing tolerance. Mixograph studies. IV. *Cereal Chem.*, **57**, 159 (1980)
  23. Hosenev, R. C., Rao, H., Faubion, J. and Sidhu, J. S. : Mixograph studies. III. Reaction of fumaric acid with gluten protein during dough mixing. *Cereal Chem.*, **57** (3), 163 (1980)

(1993년 12월 7일 접수)