Korean J. Food & Nutr. Vol. 19. No. 4, 381~391 (2006)

THE KOREAN JOURNAL OF FOOD AND NUTRITION
한국식품영양학회

두유박 분말 첨가가 식빵 반죽에 미치는 영향

†신 두 호 · 이 연 화
우송공업대학 식품과학계열

Effect of Soybean Milk Residues Powder on the Quality of Dough

† Doo-Ho Shin and Yeon-Wha Lee
Dept. of Food Science and Technology, Woosong Technical College, Daejon 300-719, Korea

Abstract

The rheological properties of dough made the substitution of wheat flour(composite flour) at the levels of 0%, 5%, 10% and 15% soymilk residue flour, with addition of vital wheat gluten at the levels of 3, 6 and 9% were investigated. And nutrition contents of soymilk residue flour were analyzed. The results were as follows; Principal components of soymilk residue flour were 22.0% crude protein, 13.2% crude lipid, 54.3% carbohydrate, 27.2% dietary fiber and 220 ㎍/g isoflavones. Free amino acid component of soymilk residue were L-glutamic acid, L-leucine, L-lysine, L-valine, L-phenylalanine, L-isoleucine, L-threonine, L-methionine and L-cystine. Total dietary fiber content of bread with soymilk residue and wheat flour were 5% soymilk residue; 3.50%, 10% soymilk residues; 4.65%, 15% soymilk residues; 5.96%, and wheat flour bread: 2.1% respectively. Mixing water absorption capacity was increased by increasing amounts of added soymilk residue and vital wheat gluten. Dough development time was increased by increasing amounts of added soymilk residues, while decreased by increasing amounts of vital wheat gluten. The dough volume of composite flour with 5%, 10% and 15% soymilk residue flour were the smaller than wheat flour dough. But the dough volume was increased by added vital wheat gluten, and the composite flour with 5% soymilk residue flour and 9% vital wheat gluten was better than the others. This study proved that the dough volume of composite flour with 5% soymilk residue flour and 9% vital wheat gluten was better than the others. On the other hand, the soymilk residue flour contains dietary fiber, isoflavone, protein, lipid and carbohydrate. Therefore the soymilk residue flour will be very useful as food material.

Key words : dough, vital wheat gluten, soymilk residue powder, rheological properties, isoflavone

서 론

대두(大豆, soybean)는 쌀 및 보리와 함께 매우 중요한 식량 자원이며, 단백질 및 식용유의 주요 공급원이다[1]. 일반적으로 곡류는 단백질을 5~14% 함유하고 있으나, 이와 달리 대두는 단백질을 40~45%, 지방을 18~22%를 함유하고 있는 독특한 영양 성분 조성을 가진 우수한 단백질 식품으로 밭에서 나는 고기라고 일컬어지고 있다[1]. 두유나 두부 제조 과정에서 얻어지는 두유박(豆乳粕)에는 다량의 식이섬유와 단백질을 함유하고 있는데도 불구하고, 사료나 퇴비로 이용되거나 그대로 버려지고 있어 식품으로 재활용의 필요성이 제기되고 있다.

두유박의 영양 성분은 가공 방법에 따라 차이는 있

† Corresponding author : Doo-Ho Shin, Dept. of Food Science and Technology, Woosong Technical College, Daejon 300-719, Korea.
Tel : +82-42-629-6403, Fax : +82-42-629-6404, E-mail : shindh@wst.ac.kr

지만 김 등[2]은 조단백질 11.5%, 조지방 5.0%, 조섬유 3.1%, Ca 58.8 ㎎%, Fe 2.5 ㎎% 함유되었다고 하였으며 이 등[3]은 국산 대두 품종별 건조 비지에 대하여 성분 분석을 한 결과 품종 별로 차이는 없으며 평균적으로 단백질 37.6%, 지방 18.7%, 식이섬유 21.0%를 함유하고 있다고 하였다. 한편 이 등[4]은 기능성 성분인 isoflavone을 46품종의 대두에 대하여 분석한 결과 평균 809 ㎍/g을 그리고 여 등[5]은 탈지 대두박에 2216.6 ㎍/g을 함유하고 있다고 하였다. 이와 같이 대두박에는 단백질, 지방, 무기질, 식이섬유 및 isoflavone을 상당량 함유하고 있고 특히 isoflavone은 폐경기 증후군, 골다공증, 심혈관 질환, 유방암, 전립선암, 대장암 등[5]에 예방 효과가 있는 것으로 알려져 있기 때문에 대두박은 기능성 식품 소재로 활용할 만한 가치가 충분히 있다고 여겨진다.

밀가루의 dough 형성은 gliadin과 glutenin내에 존재하는 분자 내 -S-S- 결합이 산화에 의해 -S-S- 분자 간 결합으로 변화하여 망상 구조를 이룬다. 이 망상 구조 중에 전분, 지질 등이 둘러싸서 안정한 얇은 층상의 막을 형성하여 가스 보지성(保持性)을 갖게 된다. 빵의 발효 과정 중에 만들어진 탄산가스가 미세한 기포로 되고 가열에 의해 가스를 팽창시켜 미세한 거품 상태를 유지해서 적당한 기포를 내부에 만들게 하여 빵의 크럼을 이루게 된다. 가열에 의해 글루텐과 전분은 변성되어 겔화해서 망상 구조를 유지한 채로 굳어져서 빵의 형태를 이루게 된다[6,7]. 그러나 보리나 옥수수 가루 등이 혼합된 혼합분은 글루텐 함유량이 부족하여 반죽을 할 때 얇은 글루텐막이 제대로 형성되지 않아 관능 면에서 밀가루 빵과 같은 품질의 빵이 만들어지지 않는다. 따라서 이러한 결점을 보완하기 위해 활성 글루텐이나 검질, 유화제 등을 첨가하여 빵 반죽의 물성을 개선하기 위한 연구도 이루어지고 있다. 김 등[8]은 연근 분말을 첨가하여 반죽을 하면 첨가량이 증가할수록 흡수율은 감소하였고 반죽 형성 시간은 길어졌으며 호화 개시 온도, 최고 점도가 높아졌다고 하였으며 김 등[9]은 누에가루 첨가로 점도는 높아졌으나 반죽의 신전도와 저항도의 급격한 감소로 반죽의 글루텐 구조가 매우 약화되어 제빵성이 크게 저하되었다고 보고하였다. 또한 정 등[10,11]과 이 등[12] 그리고 유 등[13]은 메밀, 쌀보리빵 제조 때 활성 글루텐, CMC(carboxyl methyl cellulose)의 첨가로 반죽의 신장성이 증가하여 제빵성을 향상시켰다고 하였다. 이와 같이 건강빵 제조에 이용할 수 있는 식품 재료를 탐색하기 위한 연구가 다양하게 이루어지고 있으나 두유박을 이용한 연구는 미흡하다.

따라서 본 실험에서는 두유박의 영양학적 가치를 조사하고 밀가루의 일부를 두유박으로 대체한 빵을 제조하는데 있어 적정 조건을 규명하고자 두유박 분말 및 활성 글루텐 첨가에 따른 반죽의 물성 변화를 farinograph와 amylograph를 사용하여 분석하고 그 결과를 두유박을 제빵에 이용할 수 있는 기초 자료로 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 두유박은 대전광역시에 있는 재래식 두부 공장에서 수집하여 60℃에서 12시간 열풍건조한 후 100mesh로 분쇄하여 냉동 보관하면서 사용하였다. 밀가루는 강력 1등분[대한제분(주)], 활성 글루텐은 남영상사(주)에서 수입한 벨기에산을 사용했고 기타 생이스트[오뚜기식품(주)], 버터, 설탕, 소금 등을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 일반 성분 분석

두유박의 일반 성분 분석은 수분 정량 105℃ 상압가열 건조법, 조단백질 정량 Kjeldahl 질소 정량법, 지방 정량 Soxhlet 추출법, 총당 및 환원당 정량 Somogyi 변법 그리고 조회분 정량은 600℃ 회화법에 의해 측정하였다[14].

2) 총 식이섬유 분석

식이섬유 분석은 Proskey법[15]에 따라 정량하였다. 즉 시료를 1 g씩 2개의 비커에 취하고 0.05M-인산완충용액(pH 6.0) 40 ㎖씩 가한 후 내열성 α-amylase를 50 ㎕ 가하고 95℃ water bath에서 15분간 교반을 한 다음 25분 정치하였다. 그 다음 60℃로 냉각 후 0.17N-NaOH로 pH 7.5로 조정하여 protease를 100 ㎕씩 가하고 60℃ 항온 수조에서 교반하면서 30분 반응시켰다. 여기에 0.5N-HCl 5 ㎖ 가하여 혼합하고 60℃에서 pH 4.5~4.7로 조정한 다음 amyloglucosidase (22~570 units/g, SIGMA) 300 ㎕ 넣고 60℃에서 30분간 반응시켰다. 반

응이 끝난 비커에 95% 에탄올 4 배량을 가하여 60분간 방치한 다음 여과하였다. 잔사를 78% 에탄올, 95% 에탄올 그리고 아세톤을 각각 15 mℓ로 세척을 한 후 105℃ 건조기에서 하루 밤 건조시키고 무게를 달았다. 두 개의 시료 중 하나는 단백질 정량, 다른 하나는 회분 정량을 하여 제한량을 총 식이섬유량으로 하였다. 함량 계산은 다음과 같이 하였다.

$$\text{총 식이섬유량(\%)} = \frac{\text{잔사무게}(mg) - \text{단백질량}(mg) - \text{회분량}(mg) - blank}{\text{시료량}(mg)} \times 100$$

3) Isoflavones의 분석

Isoflavones 분석은 Wang[16] 등의 분석 방법에 준하여 다음과 같이 하였다. 시료 2g에 96% 에탄올 40 mℓ와 10N-HCl 10 mℓ를 가하여 혼합한 다음 10분간 sonicating을 한 후 3시간 동안 가열하여 가수 분해시켜 isoflavones을 추출하였다. 이때 가수 분해 과정 중 산화를 방지하기 위해 산화방지제 BHT를 가해서 0.05%가 되도록 하였다. 가수 분해 용액을 냉각한 후 여과하여 50 mℓ로 정용하였다. 이를 syringe filter(0.45 μm)로 여과하여 여액 10 μℓ를 HPLC로 분석하였다. 그리고 internal standard로 20 ppm의 isoflavones을 함유하도록 제조하였다. HPLC 분석 조건은 Table 1과 같다.

4) 아미노산 분석

시료 0.08 g을 15 mℓ 시험관에 달아서 6N-HCl 10 mℓ를 가하여 혼합한 후 질소 가스로 purge한 후 마개를 하여 110℃ 건조기에서 22시간 가수 분해시켰다. 냉각 후 농축 flask에 시료를 옮기고 60℃ water bath에서 감압건조 후 증류수를 가해 2회 이상 반복 농축하였다. 건조물을 완충 용액(pH 2.2) 5 mℓ씩 2번 가하여 용해시켜 50 mℓ 메스플라스크에 넣고 증류수로 수회 세척한 후 50 mℓ로 정용하였다. 이 용액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 amino acid analyzer로 분석하였다[17]. 아미노산 분석 조건은 Table 2와 같다.

Table 1. HPLC condition for isoflavones analysis

Items	Conditions
Instrument	HPLC(Young In Co.)
Column	YMC-Pack OSD-AM-303
Detector	UV detector(254 nm)
Mobile phase	A 용액 ; acetonitrile : D.W : acetic aicd(15:84.9:0.1) B 용액 ; acetonitrile : D.W : acetic aicd(35:64.9:0.1)
Flow rate	1.0 mℓ/min
Injection volume	10 μℓ

5) 식빵의 제조

제빵 재료들의 배합 구성은 Table 3과 같으며 베이커%로 나타냈다. 반죽 때 물의 첨가량은 밀가루의 수분함량과 첨가 재료들의 물성에 따라 다르기 때문에 최적 반죽 상태에 도달했을 때의 첨가 물량으로 하였다.

제빵법은 직접 반죽법(Straight dough method)[33]에 의해 만들었다. 반죽은 16분간하고 1차 발효는 27℃, 습도 75%인 발효기에서 50분간 하였다. 가스 빼기를

Table 2. Operating conditions of amino acid analyzer for analysis of amino acids

Items	Conditions
Instrument	Amino acid analyzer (SYCAM Co. German)
Buffer	A(pH 3.6)[1], B(pH 4.2)[2], C(pH 5.2)[3], D(pH 10.7)[4]
Buffer flow rate	0.4 mℓ/min
Derivation reagent flow rate	0.25 mℓ/min
Derivation reagent	Ninhydrin
Column	Cation separation
Column temp.	55℃
Reaction chamber temp.	125℃

1) pH-value 3.3, Normality 0.15, Na citrate 14.7 g, Citric acid 5 g, Methyl cellosolve 80 mℓ, Hydrochloric Acid 37% 11 mℓ.

2) pH-value 4.20,Normality 0.20, Na citrate 19.6g, Hydrochloric Acid 37%.

3) pH-value 5.20, Normality 0.20, Na citrate 19.6 g, Hydrochloric Acid 37% 6 mℓ.

4) pH-value 10.1, Normality 0.20, Na citrate 19.6 g, Boric Acid 4.0 g.

Table 3. Bread formula

Bread	Ingredient content(%)								
	Wheat flour	Soybean residue flour	Gluten	Sugar	Butter	Salt	Yeast	Skim milk powder	Water
Control	100	-	-	5	4	2	3.6	3	62
Flour 95%+SMR* 5%	95	5	-	5	4	2	3.6	3	68
Flour 90%+SMR 10%	90	10	-	5	4	2	3.6	3	74
Flour 85%+SMR 15%	85	15	-	5	4	2	3.6	3	80
Flour 95%+SMR 5%+Gl** 3%	95	5	3	5	4	2	3.6	3	69
Flour 95%+SMR 5%+Gl 6%	95	5	6	5	4	2	3.6	3	70
Flour 95%+SMR 5%+Gl 9%	95	5	9	5	4	2	3.6	3	71
Flour 90%+SMR 10%+Gl 3%	90	10	3	5	4	2	3.6	3	75
Flour 90%+SMR 10%+Gl 6%	90	10	6	5	4	2	3.6	3	76
Flour 90%+SMR 10%+Gl 9%	90	10	9	5	4	2	3.6	3	77
Flour 85%+SMR 15%+Gl 3%	85	15	3	5	4	2	3.6	3	81
Flour 85%+SMR 15%+Gl 6%	85	15	6	5	4	2	3.6	3	82
Flour 85%+SMR 15%+Gl 9%	85	15	9	5	4	2	3.6	3	83

*SMR : Soybean milk residue flour, **Gl : Vital gluten.

한 후 반죽 덩어리 420 g을 식빵 팬에 넣고 온도 35℃, 습도 85% 조건에서 40분간 2차 발효를 시킨 다음 170~190℃ 오븐에서 25분간 구웠다.

6) 두유박 및 혼합분의 물성 측정

(1) 수분 흡착력 측정

Artz 등[18]의 방법에 따라 비지 분말 시료 1 g을 50 ㎖ 원심 분리용 관에 넣고 증류수를 20 ㎖ 가한 후 10분간 방치한 다음 10분 간격으로 30초씩 3번 진탕한 후 10,000 rpm에서 25분간 원심 분리하여 수분을 제거하고 무게를 측정하여 원심 분리 전, 후의 무게 차이를 수분 흡착력(%)으로 나타냈다.

(2) Oil 흡착력 측정

Lin 등[19]의 방법에 따라 비지 분말 시료 1.0 g에 옥수수기름 10 ㎖를 원심 분리용 관에 넣고 10분간 방치한 다음 10분 간격으로 30초씩 3번 진탕한 후 10,000 rpm에서 원심 분리 후 기름을 제거하고 무게를 측정하여 원심 분리 전 후의 무게 차이를 oil 흡착력(%)으로 나타냈다.

(3) Amylogram 측정

Amylogram 측정은 Amylo Viscometer(ASG6 Amylo-Viscometer, Brabender Co. Germany)로 다음과 같이 측정하였다. 즉, 시료 65 g(수분 함량 14% 기준)을 450 ㎖ 증류수에 현탁시킨 후 볼에 넣고 75 rpm으로 회전시키면서 현탁액을 1.5℃/min로 25℃에서 95℃까지 가열하여 측정한 Amylogram으로부터 호화 개시 온도, 최고 점도와 최고 점도시의 온도 등을 분석하였다[13].

(4) Farinogram 측정

Brabender T150 Farinograph(Brabender Co. Germany)로 Farinogram을 다음과 같이 측정하였다. 즉 시료 300 g(수분 함량 14% 기준)을 볼에 넣고 볼의 온도가

30℃가 되도록 유지하면서 물을 가하여 반죽하였다. 반죽하는 동안 커브의 중심이 500 BU에 도달할 때까지 흡수량을 조절하였다. Farinogram으로부터 흡수율, 반죽 시간, 안정도, 연화도 등을 분석하였다[10].

7) Dough의 발효 팽창력 측정

1차 발효 후 반죽 50 g을 취하여 1 ℓ 메스실린더에 넣고 온도 28℃, 습도 85% 발효기에서 50분 발효시킨 후 부피를 측정하였다[20].

8) 통계 처리

실험 결과는 SAS 프로그램을 이용하여 ANOVA 분석을 한 다음 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 시료 간 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

1. 두유박의 이화학적 특성

비지를 열풍 건조하여 분쇄한 두유박에 대하여 일반 성분 및 식이섬유를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 두유박의 성분은 수분 7.3%, 단백질 22.0%, 지방 13.2%, 환원당 4.8%, 총당 54.3% 그리고 회분 3.25%이었다. 정 등[21]은 압착 여과하여 얻은 냉동 건조한 두유박에는 수분 8.2%, 단백질 26.55%, 지방 12.50%, 탄수화물 49.17% 그리고 회분 4.04%를 함유하고 있다고 하였고, 조 등[22]은 단백질 38.3%, 지방 9.1%, 회분 0.9%를 함유하고 있다고 하여 본 실험과는 차이를 나타냈다.

이는 두부 제조 때 두유를 만드는 방법의 차이에 의한 것으로 생각된다. 특히 두유박의 식이섬유 함량은 27.2%로 강력분 2.4%보다 약 10배 정도 높았으며 조 등[23]이 보고한 쌀보리와 겉보리의 14.9%와 7.3%보다도 월등히 높았지만 녹차의 26.23%와 비슷했다[24]. 만성 질환 예방에 효과가 있다고 하여 주목을 받고 있는 isoflavone은 두유박에 220 ㎍/g을 함유하고 있으나 대두의 809 ㎍/g[4], 탈지 대두박 2216.6 ㎍/g[5] 과는 큰 차이를 나타냈다. 이는 두부 제조를 할 때 수용성의 isoflavone이 대부분 두유로 용출되었기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 비록 두유박은 두유와 두부를 만들고 남은 부산물이기는 하지만 이처럼 식이섬유, isoflavone을 상당량 함유하고 있어 식품 소재로서 이용할 만한 가치가 있다고 생각된다.

2. 두유박의 아미노산 조성

두유박의 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 아미노산 조성은 감칠맛을 내는 glutamic acid

Table 5. Amino acid content of soymilk residue

Amino acid	Content(%)
Aspartic acid	2.75
Threonine	1.05
Serine	1.39
Glutamic acid	4.69
Proline	2.35
Glycine	1.02
Alanine	1.02
Valine	1.28
Isoleucine	1.19
Leucine	1.94
Tyrosine	0.61
Phenylalanine	1.24
Histidine	0.70
Lysine	1.68
Arginine	1.76
Cystine	0.56
Methionine	0.54

Table 4. Chemical composition of soy milk residue flour

Moisture (%)	Crude protein(%)	Crude lipid(%)	Carbohydrate(%)		Total dietary fiber(%)	Isoflavones (㎍/g)	Ash(%)
			Total sugar	Reducing sugar			
7.3	22.0	13.2	54.3	4.8	27.2	220	3.25

4.69%로 가장 많았으며 그 다음이 aspartic acid 2.75%, proline 2.35%, leucine 1.94%, 순이었다. 함황아미노산은 cystine 0.56%, methionine 0.54%를 함유하고 있었으며 필수아미노산인 leucine 1.94%, lysine 1.68%, valine 1.28%, phenylalanine 1.24%, isoleucine 1.19%, threonine 1.05% 그리고 methionine 0.54% 함유하고 있었다.

3. 두유박 식빵의 식이섬유 함량

두유박을 혼합하여 식빵을 만들었을 경우 식이섬유 함량이 얼마나 존재하는지 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 밀가루 식빵은 2.10%였으나 두유박 혼합 식빵은 두유박의 혼합 비율이 높아질수록 식이섬유 함량도 증가하여 5% 혼합은 3.57%, 10% 혼합은 4.6%, 15% 혼합은 6.0%이었다.

두유박 5% 혼합식빵 한 조각(28 g)에는 식이섬유 1.4 g을 함유하고 있다. 따라서 한 끼 식사로 3조각을 먹을 경우 식이섬유 섭취량은 4.2 g으로 우리나라 식이섬유 1일 섭취 권장량(25~30 g)의 16.8%이며 10% 혼합 식빵은 20.8%, 그리고 15% 혼합 식빵은 26.4%에 해당되었다.

4. 두유박 혼합분의 물성

1) 수분 및 Oil 흡착력

두유박과 글루텐 첨가량에 따른 수분과 oil 흡착력을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 두유박의 수분 흡수력은 515.96%로 강력분의 3배, 활성 글루텐의 4.4배나 강했으며 강력분은 활성 글루텐보다 1.5배 강했다. Oil 흡착력은 두유박 100.13%로 강력분과 활성 글루텐보다 유의적으로 강했다. 두유박 첨가량에 따른 수분과

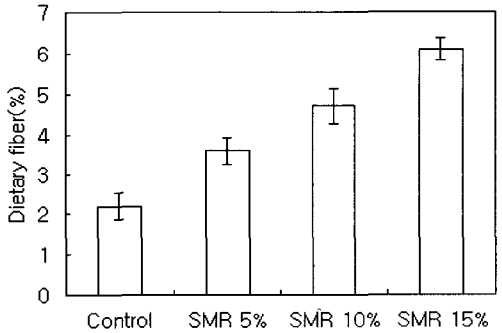

Fig. 1 Dietary fiber content of bread made with soymilk residues.
SMR : Soymilk residues flour.

oil 흡착력은 첨가량이 증가함에 따라 높아지는경향을 나타냈으며, 수분 흡착력이 oil 흡착력보다 더욱 컸다. Chen 등[25]은 사과 식이섬유의 첨가량과 흡수력은 직선적인 상관 관계는 없으나 섬유소와 글루텐의 상호작용에 의해 흡수력에 영향을 주며 식이섬유 함량이 많고 입자가 작을수록 수분 흡수 지수가 높다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서도 두유박에 함유된 식이섬유량과 글루텐 첨가량이 많을수록 수분과 oil 흡착력이 커지는 경향을 나타냈으며, 반죽 물성에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

2) Farinogram 특성

두유박의 혼합과 글루텐의 첨가 비율을 달리하였을 때 farinogram을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 밀가루의 수분 흡수율은 단백질이 증가하거나 등급이 낮을수록 증가한다고 한다[26]. 두유박 혼합분 반죽의 수분 흡수율은 대조구가 165.39 mℓ로 두유박 혼합 비율이 증가할수록 높아져 15% 혼합은 195.63 mℓ 이었다. 이는 두유박에 함유된 식이섬유의 강한 흡착력에 기인한 것으로 생각되며 흰찰보리가루의 첨가 비율이 높을수록 수분 흡수율이 증가하였다는 유[13]의 연구 보고와 같은 경향을 나타냈다. 그리고 두유박 혼합분에 글루텐을 첨가한 것은 첨가 비율이 높을수록 수분 흡수율이 증가하였는데 이는 글루텐의 강한 흡수력 때문인 것으로 생각된다[10].

반죽 시간은 빵 재료를 완전히 혼합하여 반죽의 굳기가 최고점에 도달하는 시간을 말하며, 완전히 형성된 반죽은 매끈하고 윤기있고 탄력있는 외관을 가지며 잡아 늘려 펴면 망상 구조 형태를 보인다. 그러나 이 단계를 넘어서면 탄력성을 잃고 쳐져 버리기 때문에 반죽 시간은 매우 중요하다. 반죽 시간은 단백질 함량과 밀가루 등급이 낮아질수록, 그리고 흡수율이 증가할수록 짧아진다[27]. 본 실험에서는 두유박의 혼합 비율이 높아질수록 글루텐 함량이 상대적으로 감소를 일으키고 흡수율은 증가하였는데도 불구하고 두유박 혼합 비율이 높아질수록 반죽 시간은 5% 혼합한 것은 5분이었는데 15% 혼합은 18분으로 길어져 이와 반대의 현상을 나타냈다. 이는 밀가루의 흡습성과 반죽 형성은 빵 제조에 사용되는 각종 원료들의 성분에 따라 결정된다. 따라서 두유박 식이섬유의 강한 수분 흡착으로 인한 밀가루 단백질의 수분 흡수 지연이나 흡수력 저하에 의한 반죽 지연에 영향을 주었기 때문인 것

Table 6. Oil and water absorption characteristics of blends with wheat flour and soymilk residue

Group	Water absorption(%)	Oil absorption(%)
Wheat flour	165.39± 6.13^{bf}	80.09± 2.44^{c}
SMR*	515.96± 4.17^{a}	100.13± 1.86^{a}
Vital gluten	107.49± 0.70^{c}	94.54± 0.76^{b}
Flour 95% + SMR 5%	168.66± 1.60^{f}	75.93± 1.53^{d}
Flour 90% + SMR 10%	181.67± 8.86^{ef}	77.96± 0.34^{d}
Flour 85% + SMR 15%	195.63±12.59^{cde}	79.93± 1.43^{d}
Flour 95% + SMR 5% + Gl** 3%	172.09± 7.14^{ef}	76.79± 2.31^{d}
Flour 95% + SMR 5% + Gl 6%	176.86± 3.37^{ef}	98.25± 2.30^{c}
Flour 95% + SMR 5% + Gl 9%	180.26± 3.30^{def}	108.12± 5.00^{bc}
Flour 90% + SMR 10% + Gl 3%	185.72± 4.00^{aef}	112.85± 9.00^{abc}
Flour 90% + SMR 10% + Gl 6%	203.33± 6.00^{bcd}	117.43± 9.00^{ab}
Flour 90% + SMR 10% + Gl 9%	212.89± 4.67^{abc}	119.60±10.00^{ab}
Flour 85% + SMR 15% + Gl 3%	217.26± 3.50^{abc}	121.49± 4.00^{ab}
Flour 85% + SMR 15% + Gl 6%	226.16±35.70^{ab}	126.65±30.00^{ab}
Flour 85% + SMR 15% + Gl 9%	231.48±42.00^{a}	128.01±26.49^{a}

*SMR : Soybean milk residue flour, **Gl : Vital gluten.

Means with the same superscripts of each row are not significantly different at $p<0.05$ level by Duncan's multiple range test.

Table 7. Farinogram data of wheat flour dough with or without soymilk residues and gluten

Group	Absorption(%)	Mixing time(min)	Stability(min)	Weakness(BU)
Control	65.7	3.5	20.0	15
Flour95% + SMR* 5%	70.6	5.0	18.0	10
Flour90% + SMR 10%	76.0	14.0	16.5	20
Flour 85% + SMR 15%	80.0	18.0	14.0	20
Flour 95% + SMR 5% + Gl** 3%	75.0	4.0	18.5	15
Flour 95% + SMR 5% + Gl 6%	78.9	4.5	21.0	20
Flour 95% + SMR 5% + Gl 9%	83.0	4.5	18.0	20
Flour 90% + SMR 10% + Gl 3%	81.0	13.5	18.0	10
Flour 90% + SMR 10% + Gl 6%	85.0	12.5	17.5	10
Flour 90% + SMR 10% + Gl 9%	89.0	10.0	17.5	20
Flour 85% + SMR 15% + Gl 3%	85.2	15.0	15.0	10
Flour 85% + SMR 15% + Gl 6%	89.5	14.5	16.0	20
Flour 85% + SMR 15% + Gl 9%	98.0	14.0	16.5	20

*SMR : Soymilk residue flour, **Gl : Vital gluten.

으로 생각된다[28]. 반죽 형성 시간은 밀가루 단백질의 품질 지표를 나타내며[13] 강력분은 박력분보다 반죽 시간이 길며 길면 제빵 적성이 좋다고 한다[29,30]. 그러나 두유박 혼합분은 반죽 시간이 길었음에도 불구하고 10%, 15% 첨가구에서 dough의 부피가 각각 195 mℓ와 175 mℓ로 대조구 245 mℓ보다 감소되어 유 등[13]의 연구와 같은 결과를 나타냈다. 한편 글루텐을 첨가한 혼합분에서는 첨가하지 않은 것보다 반죽 시간이 길어지고 제빵성도 향상되었으며 정[31], Ozen 등[32]의 연구와 같은 경향을 나타냈다. 반죽의 안정도는 반죽의 힘이나 강도를 나타내는 것으로 반죽의 힘이 강하면 안정도가 높고 힘이 약하면 낮다고 한다[33]. 즉, 일반적으로 강력분은 흡수력도 크고 반죽의 안정도도 크다[24]. 반죽의 안정도가 낮으면 발효된 반죽이 일정한 형태를 유지하기 어려우며 오븐 스프링 위축을 일으킨다[33]. 본 실험에서는 두유박 혼합분의 반죽 안정도는 혼합 비율이 높을수록 낮았으며 두유박 15%를 혼합한 것은 반죽 안정도가 14분으로 대조구 20분보다 크게 낮았으나 글루텐의 첨가로 무첨가에 비해 안정도가 증가하는 경향을 나타냈으며 첨가량별로는 별 차이가 없었다.

3) Amylogram 특성

두유박 혼합과 활성 글루텐 첨가 비율을 달리하였을 때 amylograph에 의한 호화 개시 온도, 최고 점도 및 최고 점도 때 온도를 측정한 결과는 Table 8과 같다. 호화 개시 온도는 강력분 60℃였으며 두유박이나 활성 글루텐의 첨가에 따른 변화는 볼 수 없었다. 한편 최고 점도 때 온도는 강력분 92.5℃인데 두유박 5% 혼합 92.0℃, 10% 혼합 91.5℃, 그리고 15% 혼합 91.5℃로 낮아지는 경향을 나타냈으나 활성 글루텐의 첨가에 따른 차이는 없었다. 또한 최고 점도는 강력분이 740BU인데 비해 두유박 5% 혼합 635BU, 10% 혼합 605BU, 그리고 15% 혼합은 580BU로 첨가량이 증가함에 따라 감소의 경향을 나타냈다. 이는 두유박 첨가량만큼 상대적으로 강력분의 전분 함량이 감소되었기 때문인 것으로 생각된다.

5. Dough의 발효 팽창에 미치는 두유박 및 글루텐의 영향

Table 8. Amylogram data of the wheat flour with or without soymilk residues and gluten

Group	Gelatinization temp.(℃)	Temp. atMaximum viscosity(℃)	Maximum viscosity(BU)
Control	60.0	92.5	740
Flour 95% + SMR* 5%	59.5	92.0	635
Flour 90% + SMR 10%	60.5	91.5	605
Flour 85% + SMR 15%	60.0	91.5	580
Flour 95% + SMR 5% + Gl** 3%	60.0	91.0	640
Flour 95% + SMR 5% + Gl 6%	60.0	91.0	600
Flour 95% + SMR 5% + Gl 9%	61.0	91.0	565
Flour 90% + SMR 10% + Gl 3%	60.0	91.0	570
Flour 90% + SMR 10% + Gl 6%	60.0	91.0	540
Flour 90% + SMR 10% + Gl 9%	61.0	91.0	500
Flour 85% + SMR 15% + Gl 3%	59.0	91.0	530
Flour 85% + SMR 15% + Gl 6%	60.5	91.0	480
Flour 85% + SMR 15% + Gl 9%	60.5	91.0	450

*SMR : Soybean milk residue flour, **Gl : Vital gluten.

Dough의 팽창은 반죽을 할 때 글루텐 단백질이 물리적, 기계적 작용을 받아 형성된 크고, 작은 가스 포막(泡膜)이 이스트의 발효 작용으로 생성된 탄산가스에 의해 신장력(伸張力)과 항장력(抗張力)이 평형을 유지해서 팽창이 진행된다. 가스 포막의 구성 성분은 글루텐과 전분이며 건물량으로 해서 45%의 단백질을 함유하고 있고 최초 용적의 10배까지 팽창을 일으킨다. Dough의 팽창을 유효하게 하기 위해서는 가스 빼기 조작으로 큰 가스포를 파괴해서 작고 수가 많은 가스포로 분산시켜 재차 가스포를 생성시켜야 한다. 이때 dough의 팽창이 잘 진행되도록 하기 위해서는 얇은 가스포의 막 신전이 잘 진행되도록 글루텐을 끌어들여 포의 표면을 덮어 기밀도 높은 가스포의 막이 되도록 제빵 조건을 만들어 주어야 한다[33].

두유박 혼합과 글루텐의 첨가량이 dough의 발효 팽창에 미치는 영향을 조사하기 위하여 반죽한 dough를 1차 발효시킨 후 부피 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 대조구의 부피는 245 ㎖로 두유박 5% 첨가구 240 ㎖와는 차이가 없으나 10%, 15% 첨가구는 195와 175 ㎖로 혼합 비율이 높을수록 유의적으로 감소의 경향을 나타냈다. 한편 5%, 10%와 15% 두유박 혼합분에 활성 글루텐을 3, 6, 9% 혼합한 경우는 첨가 비율이 높을수록 부피가 증가하는 경향을 나타냈으며 두유박 5%에 활성 글루텐 9%를 혼합한 것이 250 ㎖로 팽창력이 향상되어 대조구 245 ㎖ 보다 크지만 유의적인 차이는 없었다. 이와 같이 두유박의 혼합 비율이 높을수록 dough의 팽창이 감소한 것은 혼합 비율이 높아질수록 상대적으로 글루텐 함량이 줄어들어 가스포의 막 생성이 균일하게 이루어지지 못했기 때문이며, 글루텐의 첨가로 부피 증가 효과를 나타낸 것은 부족한 글루텐이 보충되어 가스 포막의 신장력과 항장력이 개선되어서 제빵성이 향상되었기 때문인 것으로 생각된다.

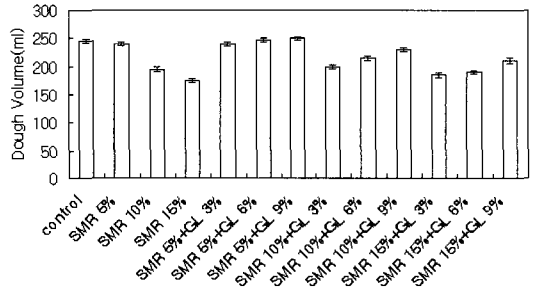

Fig. 2. Effect of soymilk residue and gluten on volume of dough.

요약 및 결론

강력분에 두유박 분말을 5, 10, 15% 혼합한 혼합분과 반죽 물성을 개선하기 위해 활성 글루텐을 3, 6, 9% 첨가한 것에 대하여 반죽의 물리적 성질을 조사하고 두유박의 영양 성분을 분석하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 두유박의 영양 성분은 조단백질 22.0%, 조지방 13.2%, 탄수화물 54.3%, 식이섬유 27.2% 그리고 isoflavones 220 ㎍/g이었다.
2. 두유박 식빵의 식이섬유 함량은 두유박 혼합 비율이 높아질수록 증가하였으며 5% 혼합은 3.57%, 10% 혼합은 4.6%, 15% 혼합은 6.0%이었다.
3. 두유박의 수분 흡수력과 Oil 흡수력은 강력분과 활성 글루텐보다 높았다.
4. 활성 글루텐 첨가로 수분 흡수력과 Oil 흡수력이 높아졌다.
5. Farinogram의 측정에 의한 수분 흡수율 두유박과 활성 글루텐 첨가량이 많을수록 증가하여 강력분은 65.7%였으나 두유박 15%에 활성 글루텐 9% 첨가는 98.0%였다.
6. Amylogram에 의한 호화온도와 점도는 두유박 첨가 비율이 높아짐에 따라 낮아져 강력분 92.5℃에서 740BU일 때 두유박 15%에 활성 글루텐 9.0% 첨가는 91.0℃에서 450BU 이었다.
7. Dough의 부피는 두유박 첨가량이 증가할수록 작아졌고 활성 글루텐의 첨가로 증가하는 경향을 나타내어 두유박 5% 첨가 때 활성 글루텐 9.0% 첨가한 것이 250 ㎖로 대조군의 245 ㎖보다 크지만 유의적인 차이는 없었다.

본 연구 결과 두유박에는 식이섬유, isoflavone, 단백질, 지질, 탄수화물이 함유되어 있어 식품 소재로 활용할 가치가 있으며 두유박 5% 첨가에 활성 글루텐 9% 첨가한 혼합분이 dough 부피가 큰 것이 확인되었다.

참고문헌

1. 宋在撤. 식품 재료학, pp. 246. 教文社. 2000

2. Kim, DS and Seo, MH. Changes in quality of soybean curd residue as affected by different drying methods. *J. Food Sci. Food Nutr.* 25(3):453-454. 1996
3. Lee, WJ, Choi, MR and Frank W. Sosulski. Separation of Tobu-residue(biji) into dietary fiber and protein fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24(1): 97-100. 1992
4. Lee, MH, Park, YH, Oh, HS and Kwak, TS. Isoflavone content in soybean and its processed products. *Korean J. Food Sci. Technol* 34(3):365- 369.2002
5. Yeo, KE and Kim, WJ. Effect of acid hydrolysis on isoflavone of defatted soybean flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34(5):916-918. 2002
6. 이성우, 김광수, 김순동. 삼고 식품화학, pp. 118. 수학사. 1996
7. 五十嵐 脩, 宮澤 陽夫. 食品の機能化學, pp. 54. 弘學出版. 2002
8. Kim, YS, Chun, SS, Tae, JS and Kim, RY. Effect of lotus powder on the quality of dough. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18(6):573-578. 2002
9. Kim, YH, Cho, NJ and Imm, MH. Rheological properties of dough and quality characteristics of bread added with silkworm powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(3):337-388. 2005
10. Chung, JY and Kim, CS. Development of buckwheat bread: 1. Effect of vital wheat gluten and water- soluble gums on dough rheological properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 14(2):140-147. 1998
11. Chung, JY and Kim, CS. Development of buckwheat bread: 2. Effect of vital wheat gluten and water- soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 14(2):168-176. 1998
12. Rhee, C, Bae, SW and Yang, HC. Study on bread-baking properties of naked barley flour and naked barley-wheat flour blends. *Korean J. Food Sci. Technol.* 15(2):112-117. 1983
13. Ryu, CH. Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(5):1034-1043. 1999
14. 菅原龍幸. 食品學實驗書, pp. 43, 54, 64, 70. 健帛社. 1995
15. 青柳康夫, 伊藤光軍子, 上田侃男, 栗原文南, 鈴木巧. 食品學 室驗書, pp. 68. 建帛社. 1995
16. Wang, G, Kuan, S, Francis, O, Ware, G and Carman, AS. A simplified HPLC method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products. *Agricultural Food Chemy.* 38: 185-190,1990
17. 농촌진흥청 축산기술연구소. 사료 표준 분석법, pp.40-43. 2001
18. Artz, WE, Co., and Villota, Ri. Twin-screw extrusion modification of a corn fiber and corn starch extruded blend. *Food Sci.* 55:746, 1990
19. Lin. MJY, Humbert, ES. and Sosulski, FW. Certain functional properties of sunflower meal products. *Food Sci.* 39:368, 1974
20. Lee, YW and Shin, DH. Bread properties utilizing extracts of mume. *Korean J. Food & Nutr.* 14(4): 305-310. 2001
21. Chung, SS, Chang, HN and Park, MY. Dehydration of soybean residue by hot-air in conjunction with filter pressing. *Korean J. Food Sci. Tech.* 10(1): 1-7. 1978
22. Cho, MK and Lee, WJ. Preparation of high-fiber bread with soybean curd residue and makkolli(rice Wine) Residue. *J. Korean Soc Food Sci. Nutr.* 25(4): 632-636. 1996
23. Cho, MK and Lee, WJ. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(4):702-706. 1996
24. 정지영. 메밀을 이용한 건강빵 개발에 있어서 활성 글루텐과 검 물질이 제빵 적성에 미치는 효과. 창원대학교 석사학위논문. 1997
25. Chen, H, Rubenthaler, GL and Schanus, EG. Effects of apple fiber and cellulose on the physical properties of wheat flour. *Food Sci.* : 53, 304,1998
26. 김성곤. 製粉과 밀가루의 利用. pp. 189. 한국제분공업협회. 1990
27. 송재철, 박현정. 식품물성학. pp. 141. 울산대학교 출판부. 1996
28. 松本傳. 製パンの 科學. pp.1～10,62. 日本 製パン技術研究所.1992
29. 이혜숙. 메밀가루와 송화가루의 첨가가 우리 밀

식빵의 품질 특성에 미치는 영향. 순천대학교 석사 학위논문. 2001

30. Bae, JH, Woo, HS, Choi, HJ and Choi, C. Qualities of bread added with Korean persimmon leaf powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30(5):882-887. 2001
31. Hyun-Sil Jung, Kyung-Hee Noh, Mee-Kyung Go and Young-sun Song. Effect of leek powder on physicochemical and sensory characteristic of breads. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(1):113-117. 1999
32. Ozen, O and Hamit, K. Unexpected strengthening effects of a coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality. *Cereal Sci.* 25.: 77-82, 1997
33. 藤山論吉. 製パン 理論と實際. pp. 56. 日本パン技術研究所. 1981

(2006년 10월 2일 접수; 2006년 11월 29일 채택)