KOREAN J. SOC. FOOD SCI.
Vol. 15, No. 4, November, 1999

동결 및 재가열이 녹두가루겔 및 빈대떡의 조직 특성에 미치는 영향

고하영 · 우자원
우석대학교 식품영양학과

Effects of Freezing and Reheating on the Textural Characteristics of Mungbean Flour Gels and Mungbean Cake(Bindaedduk)

Koh, Ha-Young and Woo, Ja-Won
Division of Food Nutrition and Technology, Woosuk University

Abstract

The textural characteristics of mungbean flour gels and mungbean cake(Bindaedduk) were investigated in steam and microwave reheating condition after 20°C, 5°C and -18°C storage. The hardness of mungbean flour gels were 2.36 kg in microwave reheating and 3.59 kg in steam reheating after 6 days frozen storage, respectively and its gumminess were increased after reheating. The hardness of mungbean flour gels did not significantly change with the storage temperature. The textural characteristics of mungbean cake made with 2 parts of mungbean flour and 1/2~1/8 parts of nonwaxy rice flour had the similar values in spite of the different compositions. Microwave reheated mungbean flour gels had the different hardness values of 4.13 kg in non package and 1.70 kg in polyethylene film wrap after 24 hours storage at 20°C. In sensory evaluation mungbean flour gels showed the high scores in hardness and the unpleasant flavor after reheating but mungbean cake of different compositions showed the good sensory qualities.

Key words: mungbean flour gels, frozen storage, microwave reheating, hardness, sensory evaluation

I. 서 론

동결 후 마이크로파를 이용한 가열 식품의 소비가 최근 그 편리성과 신속성 때문에 급속히 증가하고 있는데 전분이 많은 식품은 가열 후 조직의 경화가 문제가 되기도 한다[1,2]. 빵의 경우 일반적으로 마이크로파 가열은 열전도 가열에 비해 수분증발과 함께 hardness가 크게 증가되는데, 특히 빵의 수분함량이 33~44%이면 열전도 가열에 비해 hardness 증가가 크지 않지만 33% 이하이면 마이크로파 가열이 열전도 가열에 비해 경화가 현저히 촉진된다[3].

肥後 등[4]은 최초의 수분함량이 44%인 빵을 마이크로파 및 전열(電熱)로 재가열하고 각각 일정한 수분량에 도달시킨 후 32°C에서 30분부터 5시간까지 방치했을 때, 마이크로파 가열시 결합수량의 감소와 방치후의 hardness 증가가 모두 컸으며 열처리시간이 길어질수록 변동폭이 증대한다고 하였다. 함수율 약 40%의 덱스트린, 용성전분, 호화소맥전분 등의 연생지(練生地)를 전자레인지와 140°C항온기에서 일정온도까지 가열하고, 가열직후의 결합수량을 측정하면 마이크로파 가열한 쪽이 결합수량이 적은 것이 많았다[4,5].

시판 빵으로 유화제(모노글리세라이드)를 첨가한 빵과 무첨가 빵에 있어서 팽윤도 및 아밀로오스 용출율과 빵의 굳기와의 관계를 조사한 바 아밀로오스 용출율은 빵의 굳기에 대하여 정의 상관을 갖는다[3].

肥後 등[6]은 각종 서류에 있어서 경화의 정도를 마이크로파 가열과 전열(電熱)가열에 의해 구한 바, 고구마와 토란은 마이크로파 가열시 경화가 현저하였으나 감자와 마는 두 가열간에 경화의 차이가 크지 않았다. 또 경화가 현저한 고구마의 마이크로파 가열에서는 빵과 같이 아밀로오스의 겔 중에 미팽윤의 전분립이 관찰되었다고 한다.

감자의 전자레인지 가열의 연구는 다른 것과 비교하여 많다. 통상의 가열과 비교하면 전자레인지 조리가열시간은 찌는 경우 1/4~1/6로 단축된다[1]. 껍질을 벗기고 가열하는 경우 감자 표피부의 수분증발량이 특히 많으며,

辻野 등[7]에 의하면 40 g을 사용한 경우 수분증발에 의해 중량이 81.2%로 감소하였고, 200 g을 사용한 경우 중량 감소율이 커져 72.3%가 남았다. 또 감자를 넣은 용기와 주위의 공기에 열의 이동이 크고, 호화온도에 달하지 않는 부분이 생기는데 랩필름으로 표면을 덮으면 40 g의 경우 84.2%로, 200 g의 경우 84.5%로 수분증발에 의한 중량감소가 완화되며 가열시간도 단축시킨다고 한다.

감자의 연화에 있어서는 秋永 등[8]에 의하면 가열 후 일시적으로 급격히 감자의 hardness가 감소하고 일정한 연한 상태로 된 후 다시 경화가 시작된다. 중량이 작을수록 단시간에 급격히 연화와 경화가 일어나며 25 g의 작은 감자의 경우는 급격히 연한 상태에 도달한 후 다시 경화가 시작된다.

전자레인지 취반은 급격한 온도 상승으로 취반시간이 단축되는데, 마이크로파 조사 정지와 동시에 온도의 급강하가 일어난다. 鈴木 등[9]에 의하면 첨가수량 180%, 30분 침지 후 전자레인지로 취반 실험한 결과 밥은 완전히 호화되었고, 관능검사에 있어서도 95% 신뢰구간에서 가스취반기 취반과 비슷한 제품을 얻었다. 호화에 있어서도 전자레인지 취반과 가스취반기 취반간에 차이가 없이 모두 완전히 호화되었다고 하였다. 금 등(1996, 1996)[10,11]은 마이크로파 재가열시 쌀밥의 품질은 냉동저장이 hardness감소 효과가 가장 크다고 하였다.

전분입자는 마이크로파가 특히 통하기 쉬우며 식품의 내부도 동시에 가열된다. 가열이 지나치면 내부로부터 타게된다. 표면의 열이 외기로 나가서 내부온도가 더 높게 된다. 단시간 가열에서는 호화가 문제가 된다[2].

본 연구에서는 녹두가루를 원료로 하여 호화 녹두가루겔을 만든 후 이것을 저장 온도, 스팀(습열)과 마이크로파 가열 및 포장 유무에 따라서 동결 후 마이크로파 및 스팀 재가열 직후의 조직 특성과 상온에서 24시간 방치하는 기간 동안의 hardness 변화를 조사하고, 빈대떡은 녹두가루의 양과 멥쌀 첨가량별로 제조하여 냉동 후 재가열시의 조직특성을 규명하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 원료 처리

녹두는 건조한 녹두알의 형태로 구입한 후 씻어 거피한 후 마쇄하여 가루로 하였다. 시료의 수분함량은 습물기준으로 50%로 맞추고 이 원료 2 kg을 교반통의 깊이가 34 cm, 중앙부위의 넓이가 37 cm인 평날개 패들 교반기(HYVM-1214)를 이용하여 회전수 40 rpm의 속도로 30분간 반죽하였다. 이것을 80 g씩 칭량하여 직경 약 8 cm인 유리 petridish에 넣고 수분의 증발을 막기 위해 피이랩 2겹으로 싼 후 autoclave에서 스팀을 이용하여 100°C에서 10분간 가열하였다. 빈대떡은 녹두가루 2컵에 멥쌀가루 1/2~1/8컵의 비율로 혼합한 후 통상의 방법[12]에 따라 제조하였다.

2. 동결 후 열처리 및 실온 방치 시험

스팀(습열)가열된 녹두가루겔은 -18°C, 5°C와 20°C에서 6일간 저장 후 시료를 채취하여 스팀 재가열은 100°C에서 10분, 마이크로파 처리는 발진주파수가 2450 MHz인 전자레인지(700 W)로 중저에서 10분간 가열하였다. 빈대떡은 동결 후 3분간 마이크로파 처리하였다. 가열 후 5~6시간 방치한 후에 기계적 조직특성을 조사하였다. 또한 가열 후 실온에서 24시간 방치시 시간대별 hardness 변화를 포장 여부에 따라 조사하기 위하여 시료가 들어있는 petridish의 위 부분을 랩 2겹으로 포장한 것과 완전 개봉한 것으로 분류하여 측정하였다.

3. 품질 평가

조직 특성은 Instron(Instron Co.,Instron 1000, U.K.)을 이용하여 texture profile analysis(TPA) 방법으로 측정하였는데, 두께가 15 mm인 시료를 직경 9.55 mm인 실린더형 plunger로 6 mm깊이까지 compression하여, 이때 나타나는 힘의 변형곡선으로부터 hardness(경도), adhesiveness(부착성), cohesiveness(응집성) 및 gumminess(껌성)를 조사하였다. Instron의 cross head speed와 chart speed는 각각 100 mm/min 및 200 mm/min이었다[13-15]. 중량감소율은 초기 무게에 대한 감소 무게를 측정하여 이것의 감소율을 백분율로 환산하여 표시하였다. 수분함량은 상압가열법으로 측정하여 습물기준으로 표시하였다[16]. 관능검사는 식품영양학과 조교와 대학 3, 4학년생 6명을 대상으로 2회에 걸쳐 조직감과 풍미에 대하여 가장 좋은 것을 5점, 중간을 0점 그리고 가장 나쁜 것을 -5점으로 하여 기호척도법으로 평가하였다[17]. 통계분석은 SPSS 7.5 통계 프로그램에 의해 ANOVA test 후 처리구간 F 검정을 하였고 시료간에는 Duncan의 다중검정을 구하였다[18,19].

III. 결과 및 고찰

1. 동결 및 열처리에 따른 조직의 변화

녹두가루겔을 스팀(습열)으로 10분간 가열 후 동결 저장하며 마이크로파 및 스팀으로 재가열하여 조직 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. hardness는 스팀 재가열시 3.59 kg으로 저장 전 초기 상태의 대조구의 3.05 kg보다 약간 높았고 마이크로파 재가열시의 2.36 kg에 비

Table 1. Effects of reheating methods on textural characteristics of frozen mungbean flour gels(50%MC)

Reheating methods	Hardness (kg)	Adhesiveness (kg · mm)	Cohesiveness	Gumminess (kg)
Control(NO Storage)	3.05 ± 0.59[1]	1.54 ± 0.29	1.20 ± 0.07	4.63 ± 1.59
Steam	3.59 ± 1.63	1.44 ± 0.35	1.34 ± 0.05	7.01 ± 1.56
Microwave	2.36 ± 0.38	1.06 ± 0.35	1.21 ± 0.13	6.62 ± 1.86
Significance	NS	NS	NS	*

[1]Mean ± standard deviation of 9 measurements after 6 hours of heating treatments.
*$p < 0.05$, NS = non significant($p > 0.05$).

Table 2. Effects of storage temperature on hardness of mungbean flour gels(50%MC) after 6 day storage (unit:kg)

Control (No Storage)	-18°C		5°C		20°C	
	Steam	Microwave	Steam	Microwave	Steam	Microwave
3.05 ± 0.59[1]	3.59 ± 1.63	2.36 ± 0.38	3.27 ± 0.71	2.67 ± 0.68	2.74 ± 0.72	3.22 ± 0.41

[1]Mean values and standard deviations of 9 replicates.

Table 3. Textural characteristics of mungbean cake(Bindaedduk) reheated by steam and microwave after 6 days storage

Components	Heat source	Hardness (kg)	Adhesiveness (kg · mm)	Cohesiveness	Gumminess (kg)
		Control(No Storage)			
MB[1] 2 : rice 1/2		3.85 ± 0.55	0.380 ± 0.207*	1.52 ± 0.31	5.89 ± 1.38
MB 2 : rice 1/4		3.42 ± 0.27	0.174 ± 0.119	1.68 ± 1.41	5.24 ± 0.84
MB 2 : rice 1/8		3.77 ± 0.19	0.157 ± 0.054	1.19 ± 0.40	4.04 ± 1.19
		-18°C storage			
MB 2 : rice 1/2	Steam	4.37 ± 0.49	0.518 ± 0.146*	1.90 ± 0.80	6.96 ± 2.21
MB 2 : rice 1/4	Steam	3.55 ± 0.43	0.155 ± 0.132	1.58 ± 0.16	5.24 ± 0.84
	Microwave	3.04 ± 0.57	0.133 ± 0.101	1.55 ± 0.27	4.89 ± 0.75
MB 2 : rice 1/8	Steam	3.93 ± 0.42	0.135 ± 0.069	1.68 ± 0.45	4.78 ± 1.72

[1]MB: mungbean, *Mean ± standard deviations of 8 replicates($p < 0.05$).

하여 높았으나 통계적으로는 유의성이 없었다($p>0.05$). gumminess는 저장 전 대조구의 4.63 kg에 비해 스팀 재가열시 7.01 kg 그리고 마이크로파 재가열시 6.62 kg으로 증가하였다. adhesivess는 통계적으로 유의성은 없지만 대조구의 1.54 kg에 비해서 스팀 재가열시 1.44 kg 그리고 마이크로파 재가열시 1.06 kg으로 약간 작았다. cohesiveness는 처리구간에 전혀 차이가 없었다. 따라서 녹두가루겔의 동결 및 재가열 처리에 따른 조직의 유의적인 변화는 뭉치는 성질(gumminess)의 증가라고 할 수 있으며, 스팀 및 마이크로파의 두 재가열 방법간에는 유의적인 차이가 없었다.

저장 온도에 따른 녹두가루겔의 hardness를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 저장 온도(-18°C, 5°C 및 20°C)에 따른 녹두가루겔의 hardness 차이가 거의 없는데 이는 곡물 가공품들이 일반적으로 5°C에서 노화가 가장 잘 일어나는 것과는 대조적이다. 이는 녹두가 두류에 속해 단백질 함량이 21.2%[20]로 곡류보다는 많기 때문일 뿐만 아니라 녹두의 전분, 단백질, 지질 등의 성분 조성 및 형태 등에 기인한 복합적인 물성인자의 영향일 것으로 사료된다.

원료의 조성을 달리하여 제조한 빈대떡을 동결 및 마이크로파 처리하여 조직의 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 빈대떡은 녹두가루 2대 쌀가루 1/2~1/8로 변화시켜 제조하였으며, 제조한 직후나 동결 저장 후 열처리 방법에 따른 조직특성에 차이는 거의 없었다.

녹두가루겔을 동결 후 스팀(습열)과 전자파로 재가열하

여 20°C에서 24시간 방치하며 hardness의 변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 녹두가루겔은 스팀 재가열시 초기 hardness가 무포장의 경우 1.17 kg인데 비해 PE랩 포장구는 0.63 kg으로 낮았으며 24시간 방치 후에도 전자가 3.85 kg, 후자가 2.37 kg으로 차이가 났다. 전자파 구는 10분 재가열시 초기 hardness가 무포장의 경우 0.67 kg, PE랩 포장구가 0.76 kg으로 별 차이가 없었으나 24시간 후에는 전자가 4.13 kg, 후자가 1.70 kg으로 포장구의 hardness가 매우 낮아 초기와 비슷한 상태를 유지하였다. 이는 전자파 가열시 특히 식는 과정에서 수분 손실 여부에 따라 조직의 hardness가 크게 변화됨을 알 수 있는데 특히 전자파 가열 후 방치시 조직 보존을 잘 하기 위해서는 포장을 하는 것이 좋은 것으로 나타났다.

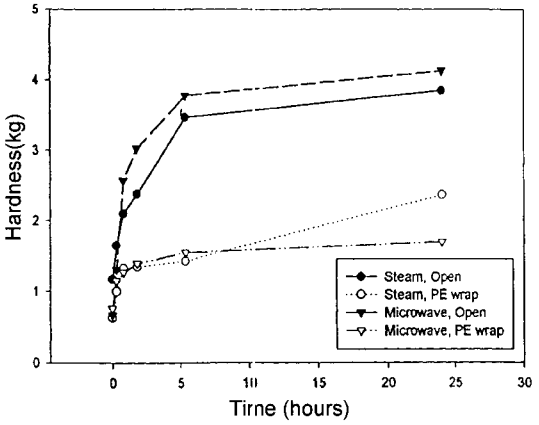

Fig. 1. Effects of reheating methods on hardness changes of frozen mungbean flourgels for 24 hours at 20°C.

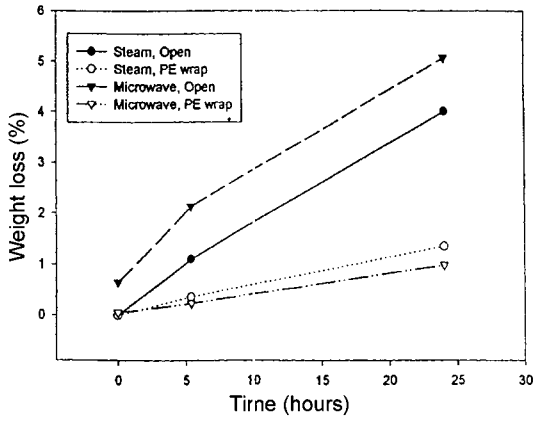

Fig. 2. Effects of reheating methods on weight loss of frozen mungbean flour gels for 24 hours at 20°C.

2. 동결 및 열처리에 따른 무게의 변화

가열방법, 포장방법 및 저장 온도 등을 달리하면서 녹두가루겔의 무게 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 肥後[4,5]에 의하면 덱스트린, 용성전분, 호화소맥전분은 전자렌지와 140°C의 항온기에서 일정온도로 가열시 가열직후의 결합수량은 마이크로파 가열의 경우에 결합수량이 적은 편이 많다고 하였다. 또한 열전도적 가열의 경우 함수율이 높은 쪽이 수분증발이 빠르고, 함수율이 낮으면 물의 확산속도가 저하하여 열전도가 떨어져 표면 경화에 의해 증발속도가 지연된다. 그러나, 마이크로파 가열의 경우는 승온속도 증가 및 팽화에 의한 기공의 증가에 따라 물의 증발 속도가 빨라진다고 하였다[3,6].

본 실험에서 녹두가루겔의 마이크로파 재가열이나 스팀(습열) 재가열에 의한 물의 증발을 측정한 결과, 피이랩 2겹 포장구의 경우 재가열 전후에 무게 변화가 거의 나타나지 않아 상온저장 1일 동안에도 수분감소량이 1% 부근이었다. 이에 비해 무포장구의 경우는 저장 1일 동안 총수분 손실율은 스팀 재가열이 4.01%, 마이크로파 재가열이 5.07%로 포장구에 비해 약 3~4% 정도 높았다. 이와 같이 무포장구와 포장구 사이의 무게감소율 차이는 2.69~4.09% 정도이었지만 표면 경화와 관련된 hardness의 증가에 많은 영향을 미친 것으로 사료된다.

3. 동결 및 열처리에 따른 기호도의 변화

녹두가루겔 및 빈대떡을 3일간 동결 저장한 후 마이크로파 및 스팀(습열)으로 재가열하여 관능검사한 결과는 Table 4와 같다. 녹두가루겔의 조직감은 두 방법 모두에서 아주 낮은 평가를 받았으며, 풍미에 있어서도 마이크

Table 4. Sensory evaluation of mungbean flour gels(50%MC) reheated by microwave and steam after 6 days storage

Food items	Texture			Flavor		
	Control	Steam	Microwave	Control	Steam	Microwave
Mungbea flour gels	0[a]	-3.2[b]	-4.4[b]	0[a]	-1.3[b]	-4.7[c]
Mungbean cake	4.6	4.0	4.0	4.5	4.0	3.8

[a]Significance; $p<0.05$.

로파 재가열의 경우 나쁜 냄새가 발생되어 아주 낮은 평점을 받았다. 빈대떡의 경우는 저장 전 4.5점 부근에서 냉동저장 후 재가열시 3.8~4.0점대로 약간 낮아졌으나 재가열 방법간에 유의적인 차이를 보이지는 않았다 ($p>0.05$).

IV. 요 약

녹두가루겔(수분함량 50%)과 녹두가루를 주성분으로 하여 만든 빈대떡을 스팀 처리한 후 실온, 저온 및 냉동 보관한 후 스팀 및 마이크로파로 재가열했을 때의 조직 특성을 조사하였다. 냉동 보관한 녹두가루겔의 hardness는 스팀 재가열시 3.59 kg으로 저장 전 초기 상태인 대조구의 3.05 kg보다 약간 높았고 마이크로파 재가열시의 2.36 kg에 비하여 상당히 높아 다른 전분성 식품과는 아주 다른 경향을 보였다. gumminess는 재가열시 증가하는 경향을 보였다. 저장 온도에 따른 녹두가루겔의 hardness는 다른 전분성 식품과는 달리 저장 전의 대조구에 비해서 저장온도에 따른 차이가 거의 없었다. 녹두가루 2대 쌀가루 1/2~1/8로 변화시켜 제조한 빈대떡의 제조 직후나 동결 저장 후에도 텍스쳐에는 거의 변화가 없었다. 마이크로파로 10분간 재가열시 초기 hardness는 무포장과 랩포장에서 각각 0.67 kg과 0.76 kg으로 비슷하였으나 방치 시간이 경과함에 따라 차이가 커져 24시간 후에는 각각 4.13 kg와 1.70 kg으로 나타났다. 조직감 기호도는 녹두가루겔의 경우 재가열 방법에 관계없이 아주 단단한 상태를 보여 낮게 평가되었고, 풍미도 낮은 평가를 받았는데 특히 마이크로파로 재가열시 나쁜 냄새가 발생되었다. 녹두를 주성분으로 한 빈대떡은 조직감이나 풍미 기호도 평점이 모두 4점대로 나타나 재가열 방법에 관계없이 좋은 상태를 유지하였다.

참고문헌

1. 肥後溫子: 電子 range, micro波 食品 handbook, 日本工業新聞社, p. 33(1987).
2. 橫山理雄, 門屋卓: 전자레인지식품 용기응용핸드북, Sci. Forum, p. 204(1988).
3. 肥後溫子, 野口駿, 中澤文子, 島崎通夫: マイクロ波加熱による食品の硬化現象について (第8報)でんぷん粒の變化とパンの硬さとの關係, 家政學雜誌, **34:** 83(1983).
4. 肥後溫子, 島崎通夫, 野口駿, 中澤文子: マイクロ波加熱による食品の硬化現象について (第10報) パンの硬化に伴結合水量の 變動,家政學雜誌, **34:** 474(1983).
5. 肥後溫子, 島崎通夫, 中澤文子, 野口駿: 各種糖質における結合水量の變化, 家政學雜誌, **35:** 178(1984).
6. 肥後溫子, 島崎通夫: マイクロ波加熱による食品の硬化現象について (第7報) いも類の硬さとでんぷん成分の變化, 家政學雜誌, **33:** 33(1982).
7. 辻野, 澄子, 馬場美智: 大阪女子大學園短大紀要 第11 (1967).
8. 秋永優子, 香西みどり, 畑江敬子, 島田淳子: 電子レンジ調理におけるジャガイモの軟化に及ぼす調理條件の影響, 家政學雜誌, **37:** 955(1986).
9. 鈴木綾子, 堀越フサエ, 檜作進, 二國二郎: 家政學雜誌, 18 (1967).
10. 금준석, 한억, 김용환: 마이크로파 재가열이 쌀밥의 품질에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, **25:** 504(1996).
11. 금준석, 이창호, 이상효, 이현유: 무균포장밥의 Microwave reheating 후의 품질 특성에 관한 연구, 한국식품과학회지, **28:** 528(1996).
12. 안승춘: 튀김과 후라이팬 요리. 주부생활 (1988).
13. Faridi, H. and Faubion J.M.: Fundamentals of dough rheology. AACC Inc., Minnesota (1986).
14. Conford, S.J., Axford, D.W.E. and Elton, G.A.H.: The elastic modulus of bread crumb in linear compression in relation to staling. Cereal Chem., **41:** 216 (1964).
15. Peleg, M. and Bagley, E.B.: Physical properties of foods. AVI(1983).
16. A.O.A.C.: Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. (1980).
17. 김광옥, 김상숙, 성내경, 이영춘: 관능검사 방법 및 응용. 신광출판사(1997).
18. M.J. Nurusis: SPSS/PC+, SPSS Inc., Chicago, USA.(1986).
19. 조재형, 장권열: 실험통계분석법. 향문사, p. 97(1987)
20. 농촌진흥청: 식품성분표, 농촌진흥청 농촌영양개선연수원, p. 24(1986).

(1999년 4월 26일 접수)