

Agrobacterium spp. R259 KCTC 10197BP로부터 생산된 β-Glucan 함유 우유식빵 저장 중 품질특성

강은영¹ · 양윤형¹ · 오상희¹ · 이정희¹ · 장규섭² · 김미경³ · 조한영³ · 김미리^{1*}

¹충남대학교 식품영양학과

²충남대학교 식품공학과

³(주)더멋진바이오텍

Storage Quality Characteristics of Milk Bread Added with β-Glucan from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP

Eun-Young Kang¹, Yun-Hyoung Yang¹, Sang-Hee Oh¹, Jeung Hee Lee¹, Kyu-Seob Chang²,
Mi-Kyoung Kim³, Han-Young Cho³ and Mee Ree Kim^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, and ²Dept. of Food Science and Technology,
Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

³DMJ Biotech Corp., Chungnam 339-824, Korea

Abstract

This study was performed to evaluate the storage quality of milk bread added with β-glucan (10, 20 and 30%), which is a functional food material produced from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP. During storage (20°C, 40% relative humidity) the pH of all breads gradually increased, although there were no significant differences in pH of the β-glucan added milk bread from those of the control. During storage, the moisture content of all groups decreased, however, moisture contents in the β-glucan added breads were higher than that in the control. Hunter color values (L*, a* and b* value) of the milk bread added upto 20% β-glucan were not significantly different, but the lightness increased during storage. Rapid increase of hardness in the milk bread during storage was observed in control, while the hardness of β-glucan added bread increased slowly. Also, the degree of retrogradation of bread decreased as β-glucan addition amount increased. Sensory evaluation showed that the score of over-all acceptability of the bread added with 20% β-glucan was the highest among treated groups until four days of storage. This study confirmed that the addition of β-glucan to milk bread maintained the moisture content and delayed hardness during storage.

Key words: milk bread, β-glucan, quality, storage

서 론

소득수준이 높아지고 고령화 사회로 접어들면서 건강유지 및 건강증진에 대한 국민들의 관심이 꾸준히 증가되고 있다. 이에 따라 생리기능이 있는 식품소재 또는 성분을 함유한 식품을 선호하는 추세가 증대되고 있는데 β-glucan도 그 중 하나이다. 일반적으로 β-glucan은 버섯, 효모의 세포벽, 곡류의 배아에서 발견되며 최근 미생물의 세포벽 성분에서 발견되어 대량생산이 용이하고 실용화가 가능하게 되었다. *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP로부터 생산된 β-glucan의 분자량은 약 30만 정도로 β-1,3-glucoside 결합을 하고 있으며 면역증강 및 항암효과(1-4), 체지방 감소(5), 항세균, 항바이러스, 항염증 및 피부노화방지(6,7) 등

다양한 기능성을 나타내는 소재이다.

최근 식사대용으로 소비가 증가한 빵의 상업적 수명은 노화현상으로 인해 대개 2일 이내이다. 빵의 총 생산량의 약 8%가 노화에 의해 처음부터 상업성을 상실하게 된다고 하므로(8) 빵의 노화는 제빵업자를 비롯한 소비자에게도 경제적인 측면에서 중요성을 갖게 된다. 빵의 노화는 crust 및 crumb staling을 포함하며 crust staling은 수분의 이동에 의해 crust가 부드럽게 되는 현상인 반면, crumb staling은 복잡한 이화학적 변화에 기인하는데 가장 중요한 변화는 crumb의 단단해짐이다(8). 한편, 보리가루(9), 부추(10), 감잎분말(11), 솔잎추출물(12), 명계껍질(13), 볶은 콩가루(14), 볶은 홍화씨 분말(15), 녹차분말(16) 등 건강에 유용한 다양한 기능성 식품의 재료를 빵에 첨가한 연구들은 보고되고

*Corresponding author. E-mail: mrkim@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6837. Fax: 82-42-821-8887

있지만, 저장성 향상을 위한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식품에 응용되어 점증제, 수분보유제 및 보형제 효과를 부여할 수 있을 것으로 제안(17,18)된 β -glucan을 식빵에 첨가하여 제조(19)한 후 저장하면서 품질특성을 평가하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 밀가루(큐원, 강력분), 설탕은 삼양사 제품을 사용하였고, 무염버터는 롯데제품을 사용하였으며, 소금(청정원, 천일염), 우유(서울우유), 효모(오투기), 이스트푸드(S-500)는 대전 D상회에서 구입하여 사용하였다. β -Glucan은 (주)더멋진바이오텍에서 paste 형태의 제품을 제공 받았으며 일반성분은 단백질 1.4%, 지방 0.06%, 탄수화물(β -glucan) 10.7% 및 회분 0.1%이었고, 유해미생물과 중금속은 검출되지 않았다.

제빵 및 저장방법

본 연구에서는 페이스트상태의 β -glucan을 식품에 고함량으로 적용하기 위해 수차례 예비실험을 한 결과를 바탕으로 Table 1의 배합비를 결정하였다. 즉, 밀가루와 β -glucan의 함량을 기준으로 100%로 보았을 때, 팽창률에 가장 영향을 주는 효모와 제빵개량제는 동일한 비율로 첨가하였고 부재료들의 양은 베타글루칸을 첨가한 만큼 비례해서 줄여서 총 1,000 g을 맞추었는데, 특히 β -glucan 페이스트는 수분함량이 높았기 때문에 액체인 우유와 물의 양을 조정하여 식빵 반죽을 제조하였다. 우유식빵 반죽은 Table 1의 배합대로 재료를 섞어 직접반죽법(20)을 적용하여 식빵을 제조하였다. β -Glucan을 제외한 재료를 반죽기(Kitchen Aid, model K5SS, USA)를 이용해 저속(1단)으로 시작하여 중고속(3단)으로 반죽을 수화시킨 후 클린업단계에서 β -glucan을 소량씩 첨가하면서 혼합하였다. 1차 발효는 온도 $27 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $75 \pm 1\%$ 인 발효기(Dae Young Machinery Co., Korea)에서 이루어졌으며, 1차 발효 완료 후 이를 180 g으로 분할하여

각각 둥글리기 한 것을 실온에서 10분간 중간 발효하였다. 그 후 가스를 빼고 성형하여 팬닝하고 온도 $34 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $85 \pm 1\%$ 인 발효조건에서 2차 발효시켜 윗불 $190 \pm 1^\circ\text{C}$, 아랫불 $200 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 오븐(Dae Young Machinery Co., Korea)에서 구워내어 방냉시켰다. 제빵 공정을 마친 우유식빵은 비닐에 포장한 후 온도 $20 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $40 \pm 1\%$ 의 항온배양기에서 5일 동안 저장하면서 저장 중 노화도를 제외한 품질특성을 분석하였다. DSC를 통한 노화도는 노화속도를 가속화하기 위해 온도 $4 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 $40 \pm 3\%$ 의 항온배양기에서 4일 동안 저장한 후 평가하였다.

pH 변화

식빵의 pH는 AOAC method(21)를 적용하여 시료 15 g을 100 mL의 증류수와 함께 넣고 Bag Mixer(Model 400, Interscience, France)에서 speed 7로 2분 동안 균질화하고 25°C 에서 30분간 방치한 후 상층액을 실험에 사용하였다. pH는 pH meter(420 Benchtop, Orion Research Inc., USA)를 사용하여 측정하였다.

수분함량 변화

식빵의 수분함량을 측정하기 위해 식빵의 안쪽 부분을 1 cm^3 로 잘라서 적외선 수분 측정기(Sartorius, Germany)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

색상 변화

식빵의 겉질과 속을 분리하여 각각 blender(SQ-205, II Jin Corp., Korea)로 곱게 마쇄한 후 60 mesh의 체에 거른 후 5 g을 패트리디쉬($\phi 50 \times 12 \text{ mm}$)에 빈틈없이 담아 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. LTD., Japan)를 사용하여 Hunter L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L값이 90.47, a값이 0.15, b값이 3.36인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

조직감 변화

식빵의 조직감 특성을 알아보기 위하여 Texture analyser(TA/XT2, Microstable Systems Co., England)를 사용하여

Table 1. Ingredient of milk bread with different amount of β -glucan (g)

Ingredients	Contents of β -glucan paste (%)			
	0	10	20	30
Flour	543.0	521.1	464.6	408.1
β -Glucan paste	0.0 (100.0) ¹⁾	100.0 (100.0)	200.0 (100.0)	300.0 (100.0)
Yeast food (S-500)	5.4 (1.0)	6.3 (1.0)	6.8 (1.0)	7.0 (1.0)
Salt	9.1 (1.7)	9.1 (1.5)	9.3 (1.4)	8.9 (1.3)
Sugar	36.2 (6.7)	40.8 (6.6)	42.2 (6.4)	42.8 (6.0)
Milk	316.7 (58.3)	290.0 (46.7)	245.0 (36.9)	202.1 (28.5)
Yeast	13.6 (2.3)	14.5 (2.3)	15.2 (2.3)	15.6 (2.3)
Butter	21.7 (4.0)	18.1 (2.9)	16.9 (2.5)	15.9 (2.2)
Water	54.3	0.0	0.0	0.0
Total weight	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

¹⁾(): Percentage of flour and β -glucan paste weight.

빵의 crust 부분을 제거한 후 crumb 부분만 주사위 모양(1 cm³)으로 잘라서 사용하였다. Probe를 2회 연속적으로 눌렀을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로부터 경도, 씹힘성, 응집성 및 탄력성을 측정하였다. 이때 probe는 직경이 25 mm인 compression plate이었고 force threshold는 20 g, pre-test speed, post-test speed 및 test speed는 5.0 mm/s로 하였으며 압축시 변형율(strain)은 70%이었다.

Texture analyser를 통한 노화도

β-Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵의 노화도는 Texture analyser(TA/XT2, Microstable Systems Co., England)에 의해 측정된 경도(hardness)를 아래의 계산식에 대입하여 산출하였다(22).

$$\text{노화도}(\%) = \frac{\text{저장일별 경도값}}{\text{경도 중 최고값}} \times 100$$

DSC(differential scanning calorimetry)를 통한 노화도 제조한 우유식빵의 노화에 β-glucan이 미치는 영향을 조사하기 위하여 DSC(DSC2010, TA instruments, USA)를 사용하여 노화특성을 살펴보았다. 제빵 직후의 식빵과 4°C에서 5일 동안 저장한 식빵을 동결건조 및 분쇄한 후 시료(mg)의 2배 증류수(μL)를 혼합하여 large volume pan(900825.902, TA instruments, USA)에 넣고 수분이 증발하지 않도록 sample encapsulating press(TA instruments, USA)를 이용하여 재빨리 밀봉하였으며, reference pan에는 시료와 동량의 증류수를 가하여 사용하였다. 이때 시료는 10°C/min의 속도로 25°C에서 150°C까지 가열하였으며 감도는 16 μV/cm로 하였고 endothermic peak의 면적(ΔH) 및 T_o, T_p, T_c는 TA Universal Analysis 2000 program으로 분석하였다.

관능적 특성

β-Glucan을 첨가한 우유식빵의 관능적 특성을 평가하기 위해 빵에 관심이 있고, 품질 차이를 식별할 수 있는 충남대학교 식품영양학과 학생 10명의 경험이 있는 패널요원을 선발하여 9점 척도법을 사용하여 관능검사를 수행하였다. β-Glucan을 첨가한 우유식빵의 평가항목으로는 외관(부푼정도, 기공크기, crust의 갈색화 정도, crumb의 색), 냄새(이취), 맛(담백함, 우유맛), 질감(crust 경도, crumb 경도, 씹힘성)에 대하여 차이식별검사를 수행하였고, 또한 전반적인 수용도를 검사하였다(23). 본 실험에 앞서 예비훈련을 통하여 시료의 각 특성과 정의를 확립한 후 각 특성에 대한 판단기준이 확립되어 측정능력의 재현성이 인정되었을 때 본 실험에 임하도록 하였다. 각 항목에 대한 정의는 다음과 같다.

부푼정도: 제빵 전보다 증가한 제빵 후 빵의 크기(1, 매우 작다-9, 매우 크다)

기공크기: 제빵 후 빵 내부의 기공크기(1, 매우 작다-9, 매우 크다)

crust의 갈색화 정도: 제빵 후 빵 외부의 crust 색(1, 매우

얇다-9, 매우 진하다)

이취: 제빵 후 빵 고유의 향 이외의 냄새(1, 매우 약하다-9, 매우 강하다)

담백함: 빵을 섭취한 후 입안에 남아있는 산뜻한 맛(1, 매우 약하다-9, 매우 강하다)

우유맛: 빵을 섭취한 후 입안에 남아있는 우유맛(1, 매우 약하다-9, 매우 강하다)

crust 경도: 빵의 crust를 씹었을 때 느껴지는 단단한 정도(1, 매우 약하다-9, 매우 강하다)

crumb 경도: 빵의 내부를 씹었을 때 느껴지는 단단한 정도(1, 매우 약하다-9, 매우 강하다)

통계처리

β-Glucan을 첨가한 우유식빵의 이화학적, 관능적 특성치 실험은 3회 반복하였으며 실험 결과는 SAS program 중에서 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의차를 검증하였다(24).

결과 및 고찰

pH 변화

β-Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵을 저장하면서 측정된 pH 변화는 Fig. 1과 같다. 저장 전 대조군의 pH는 5.71이고 β-glucan 첨가군의 pH는 5.66~5.77으로 식빵의 pH는 β-glucan 첨가량에 따른 차이는 없었다. 또한 저장 5일째에도 대조군의 pH가 6.54이고 β-glucan 첨가군은 6.52~6.55로 차이를 나타내지 않았다. 실험을 통해 저장기간이 증가함에 따라 효모의 생육 및 단백질 분해로 pH가 증가함을 알 수 있었는데 이는 저장기간이 증가함에 따라 식빵의 pH가 감소하였다는 키토산 첨가 식빵에 대한 연구(25)와 상반된 결과였다.

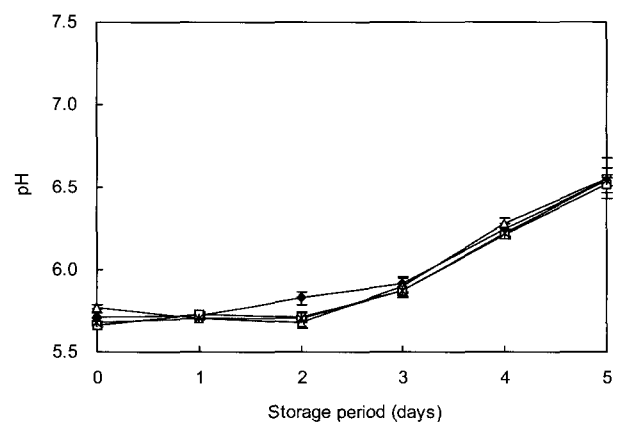


Fig. 1. Change in pH of the milk bread with different amount of β-glucan during storage.

◆: control, △: β-glucan paste 10%, □: β-glucan paste 20%, ×: β-glucan paste 30%.

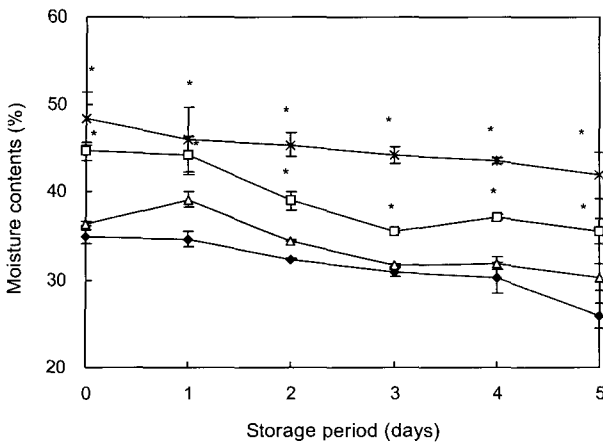


Fig. 2. Change in moisture contents of the milk bread with different amount of β-glucan during storage. ◆: control, △: β-glucan paste 10%, □: β-glucan paste 20%, ×: β-glucan paste 30%. *Stars above the data points mean significantly different at p<0.05.

수분함량 변화

β-Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵을 저장하면서 측정된 수분함량의 변화는 Fig. 2와 같다. 대조군과 β-

glucan 첨가군 모두 저장기간이 증가함에 따라 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었으며, 각 군간의 수분함량에 유의적인 차이가 있었는데(p<0.05), β-glucan 20 및 30% 첨가군은 저장 전 기간 동안 대조군보다 유의적으로 높은 수분함량을 나타내었다. 이러한 현상은 β-glucan이 지닌 수분 보유력에 의한 것으로 생각된다. 식빵에 키토산을 첨가한 경우 수분감소가 적어 노화를 방지하고 저장기간이 증가되었다는 보고(25)와 일치하였다.

색상변화

β-Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵을 저장하면서 측정된 색상변화는 Fig. 3 및 4에 나타내었다. 먼저 식빵의 내부(crumb)색상을 살펴보면 β-glucan 첨가함량이 증가할수록 제조직후 및 저장기간 동안 명도(lightness)가 유의적으로 낮게 나타났으나 적색도(redness) 및 황색도(yellowness)는 베타글루칸에 의한 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 색차지수의 경우 β-glucan 30% 첨가군은 제외하고 모든 군이 3이하로 육안으로 감지할 수 없을 정도의 차이를 나타내었고 저장기간이 증가함에 따라 그 차이는 줄어들었다. 식빵의 외부(crust)색상은 β-glucan 첨가에 따른 변화를

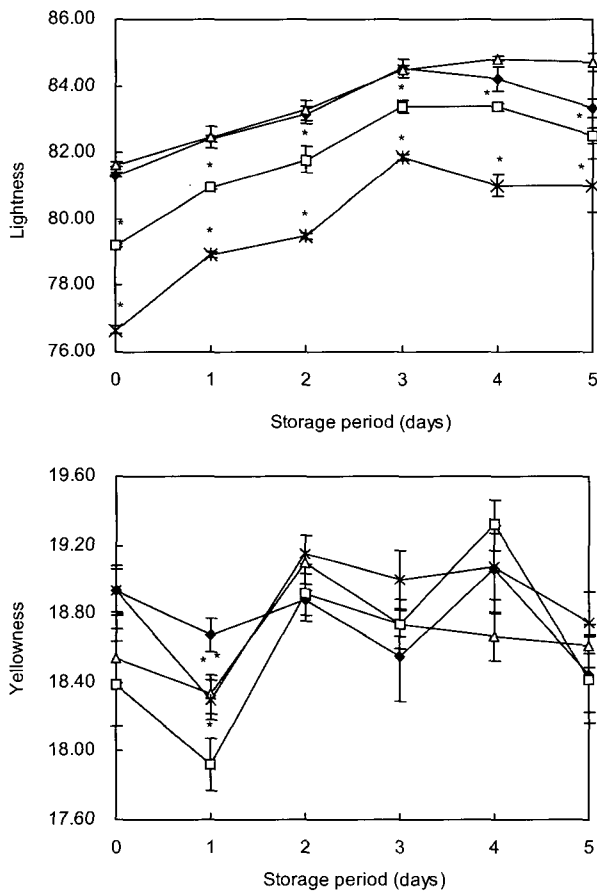


Fig. 3. Change in Hunter color value of crumb of the milk bread with different amount of β-glucan during storage. ◆: control, △: β-glucan paste 10%, □: β-glucan paste 20%, ×: β-glucan paste 30%. *Stars above the data points mean significantly different at p<0.05.

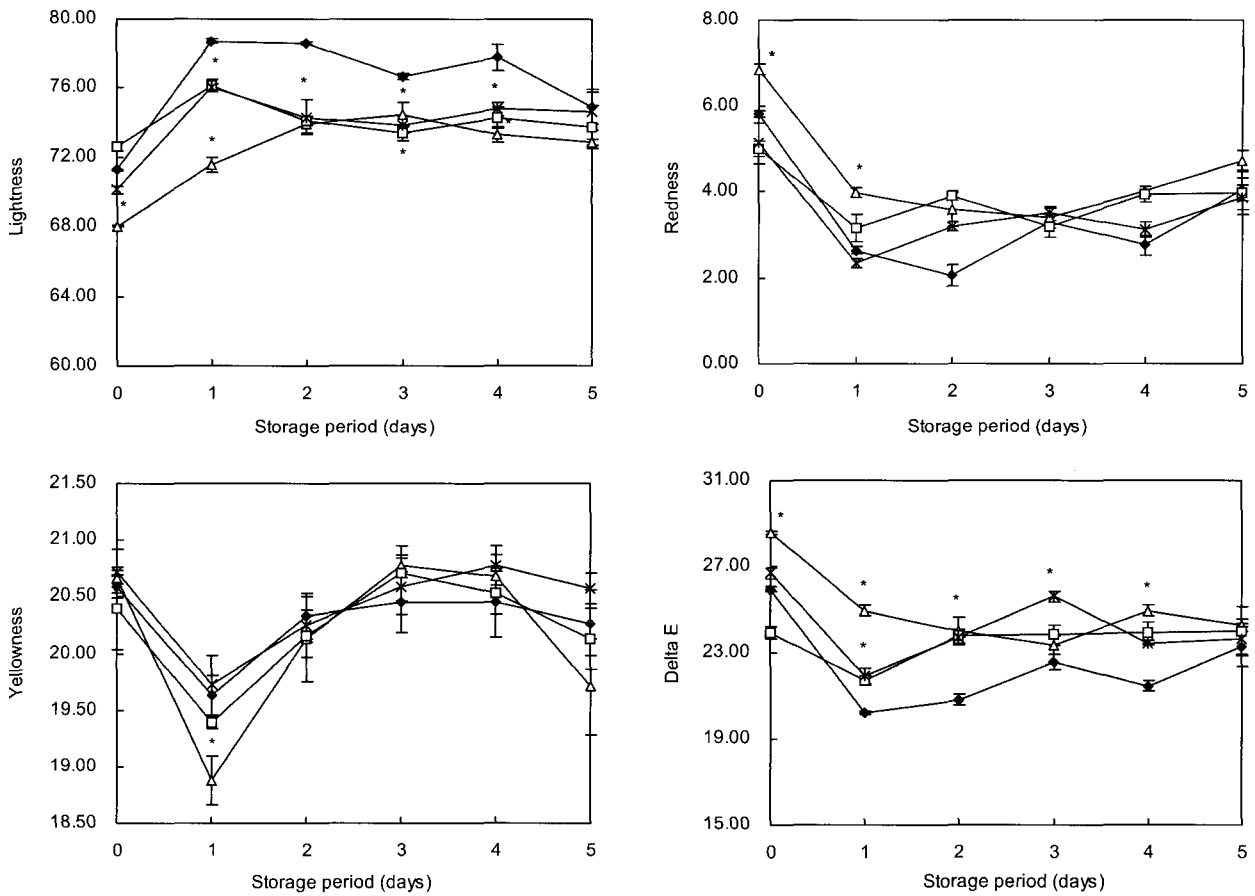


Fig. 4. Change in Hunter color value of crust of the milk bread with different amount of β -glucan during storage. ◆: control, Δ : β -glucan paste 10%, \square : β -glucan paste 20%, \times : β -glucan paste 30%. *Stars above the data points mean significantly different at $p < 0.05$.

찾아볼 수 없었고 저장기간이 증가함에 따라 명도가 증가하고 적색도가 다소 감소하였으며, 황색도는 저장 1일을 기점으로 감소하다가 증가하였다. 색차지수는 다소 불규칙한 변화를 보였으나 저장기간이 증가함에 따라 군 간의 차이가 감소하는 것을 볼 수 있었다.

조직감 변화

β -Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵의 조직감 변화를 texture analyser에 의하여 TPA를 측정된 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 제조직후 식빵의 경도(hardness)는 대조군과 β -glucan 첨가군 사이에 차이가 없었다. 그러나 대조군은 저장 1일부터 경도가 증가하기 시작하여 저장 5일째에는 664.5 g을 나타낸 반면에 β -glucan 10 및 20% 첨가군은 경도가 소폭 상승하였으며 저장 5일째에도 각각 468.5 및 436.0 g으로 대조군에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내었다($p < 0.05$). β -Glucan 30% 첨가군은 저장 전 기간 내내 높은 경도를 유지하였는데 이는 노화로 인한 것이 아니라 β -glucan이 밀가루의 글루텐 형성을 방해하여 빵이 잘 부풀지 못함에서 기인한 경도의 증가로 해석되어진다. 높은 호박분말, 흑미가루의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였다는

결과와는 상반된 결과(26,27)이며 감잎분말의 첨가군이 대조군에 비해 경도가 낮게 유지된 결과와는 일치하였다(28). Chabot(29)은 빵의 경도에 미치는 요인으로 빵의 수분함량, 기공의 발달정도, 부피 등이 있는데 기공이 잘 발달된 빵일수록 부피가 크고 softness가 증가하여 경도가 낮아진다고 보고하였고 Sych 등(30)은 빵의 감촉에 영향을 미치는 인자 중의 하나인 수분함량은 높을수록 촉촉하고 부드러우며 빵의 노화를 감소시킨다고 보고하였다. 씹힘성(chewiness)도 경도와 마찬가지로 제빵 직후에는 대조군과 β -glucan 첨가군간에 차이가 없었다. 그러나 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며 β -glucan 30% 첨가군은 전 저장기간 동안 가장 높은 값을 나타내었다. 탄력성(springiness)은 제빵 직후 대조군이 β -glucan 첨가군보다 높게 나타났으나 저장 1일 경과 시부터 대조군의 탄력성은 급격히 떨어져 저장 5일에는 0.650이었으며 β -glucan 10, 20% 첨가군은 저장 5일까지도 일정하게 유지되어 0.797~0.862를 나타내었다. β -Glucan 30% 첨가군은 제빵 직후에도 탄력성이 0.830으로 높았으며 저장기간이 증가함에 따라 다소 감소하였으나 비교적 높은 값을 유지하여 저장 5일 경과시 0.728을

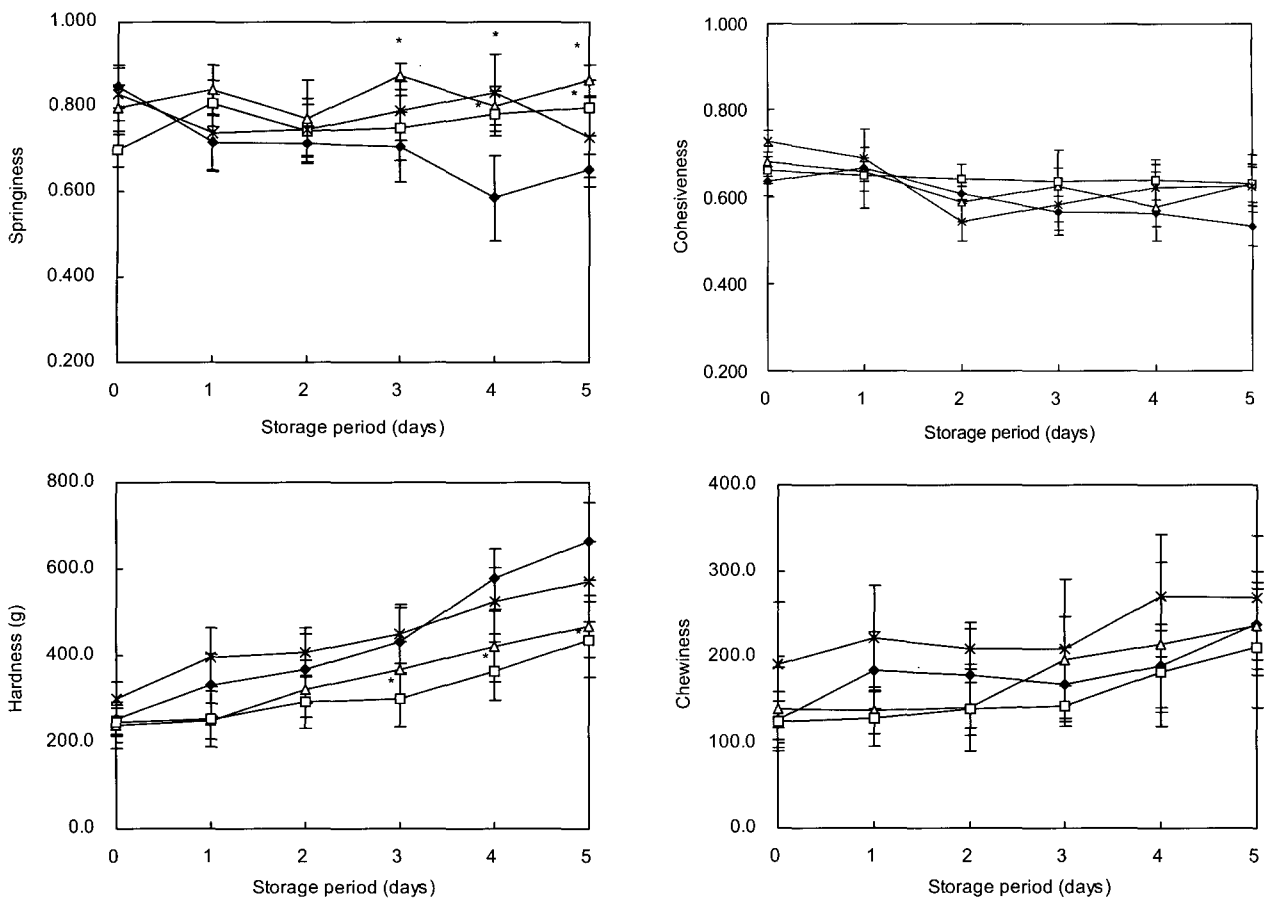


Fig. 5. Change in springiness, cohesiveness, hardness and chewiness of the milk bread with different amount of β -glucan during storage.

◆: control, △: β -glucan paste 10%, □: β -glucan paste 20%, ×: β -glucan paste 30%.

*Stars above the data points mean significantly different at $p < 0.05$.

나타내었다. 응집성(cohesiveness)은 대조군과 β -glucan 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다. 대조군은 0.636에서 저장 1일 경과 시 0.665로 조금 증가했다가 저장 5일까지 급격히 감소하여 0.531을 나타내었으며 저장 1일후부터 노화가 진행되면서 응집성이 급격히 감소하는 것으로 해석되어진다. β -Glucan 20 및 30% 첨가군은 제빵 직후부터 저장 5일까지 0.577~0.681의 범위에서 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. 모든 항목을 종합적으로 볼 때 대조군은 빠른 노화의 진행으로 경도, 탄력성 및 응집성의 감소가 급격히 이루어진 데 반해 β -glucan 10 및 20% 첨가군은 비교적 완만한 속도로 감소하였다. β -Glucan 30% 첨가군은 글루텐 형성이 불충분할 뿐 아니라 발효시에도 잘 부풀지 않아 제빵 후 실제 식빵과는 전혀 다른 물성을 가지고 있어 제빵에 부적합한 것으로 판단된다.

Texture analyser를 통한 노화도

식빵의 노화특성을 알아보기 위한 방법으로 β -glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵을 저장하면서 측정된 경도의 변화를 계산한 결과는 Table 2와 같다. 경도의 변화가 가장 컸던 대조군의 5일 동안의 경도변화를 100%로 간주하

Table 2. Change in degree of retrogradation¹⁾ of the milk bread with different amount of β -glucan during storage (%)

Contents of β -glucan paste (%)	Storage period (days)					
	0	1	2	3	4	5
0	38.0	50.1	55.6	65.1	86.9	100.0
10	35.9	37.4	48.6	55.2	63.4	70.5
20	36.9	38.2	44.1	44.9	54.8	65.6
30	45.2	59.7	61.3	67.6	79.2	86.1

¹⁾Degree of retrogradation (%) = (hardness of each day / hardness of control at 5 days) × 100.

였을 때, β -glucan 10, 20% 첨가군의 경도변화는 100%에 미치지 못하는 70.5, 65.6%를 나타내었다. 한편 β -glucan 30% 첨가군은 저장 초기부터 45.2%의 높은 노화도를 나타내었다. 조직감에서도 언급했듯이 β -glucan 30% 첨가군은 글루텐 형성이 불충분할 뿐 아니라 발효시에도 잘 부풀지 않아 제빵 후 실제 식빵과는 전혀 다른 물성을 가지고 있으며 저장 중 변화의 경향도 대별되었다.

DSC를 통한 노화도

식빵의 저장성을 알아보기 위한 방법으로 제빵 직후와 4°C

Table 3. DSC properties of the milk bread with different amount of β-glucan after 0 and 5 days storage at 4°C

Contents of β-glucan paste (%)	0 day				5 days			
	T _o ¹⁾	T _p ²⁾	T _c ³⁾	ΔH ⁴⁾ (J/g)	T _o	T _p	T _c	ΔH (J/g)
0	31.65	37.53	51.70	4.26	32.13	39.75	59.82	6.98
10	30.71	38.30	50.33	3.92	31.71	38.14	52.67	6.05
20	30.28	37.45	48.15	2.52	30.59	37.59	53.33	5.24
30	29.86	37.61	45.74	1.31	30.03	39.22	55.67	6.07

¹⁾T_o: onset temperature (°C).

²⁾T_p: peak temperature (°C).

³⁾T_c: conclusion temperature (°C).

⁴⁾ΔH: enthalpy.

에서 5일 동안 저장한 후의 식빵을 DSC로 측정하였다. 결과는 Table 3에 나타내었다. 노화정도는 endothermic peak의 면적을 측정하여 상대적인 노화도를 비교하였다. 제빵 직후의 우유식빵은 대조군과 β-glucan 10% 첨가군은 비슷한 enthalpy를 보인데 반해 β-glucan 20 및 30% 첨가군은 enthalpy가 낮게 나타났다. 또한 T_o, T_c값은 감소하는 경향을 나타내었다. 저장기간에 따라 enthalpy는 증가함을 보였는데, 이는 Hyun 등(31) 및 Lee와 Lee(32)의 연구결과와 일치함을 보였다. 즉, 베타글루칸이 우유식빵의 노화도를 감소시키는 것을 알 수 있었다. 한편, 베타글루칸 첨가로 인한 밀가루 양의 감소도 enthalpy를 낮추는데 일조한 것으로 사료된다.

관능적 특성

β-Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 우유식빵의 관능적 특성변화를 Table 4에 나타내었다. 저장 전 식빵의 외관 중 부피, 기공크기, 식빵의 외·내부 색상은 대조군과 β-glucan 10, 20% 첨가군 사이에 차이가 없었다. 그러나 β-glucan 30% 첨가군은 부피가 작고 기공크기가 크며 식빵의 색상이 진하다는 평가를 받았다. 저장 4일째에도 부피, 기공크기, 식빵색상에 있어 대조군과 β-glucan 10 및 20% 첨가군 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 한편, β-glucan 30% 첨가군은 저장 전보다 부피가 많이 줄고 색이 진해졌다는

평가를 받았다. 우유식빵의 냄새향목인 이취는 저장 전 β-glucan 30% 첨가군이 5.8점으로 나머지 군(2.9~3.0점)에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 뿐만 아니라 저장 후에도 β-glucan 30% 첨가군의 이취(6.8점)만 유의적으로 높았으므로 β-glucan 20%이하의 첨가 시 이취로 인한 품질저하를 막을 수 있을 것으로 사료된다. 우유식빵의 맛에 관한 항목으로는 단백질과 우유맛의 정도를 평가하게 하였는데 β-glucan 함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나 β-glucan 30% 첨가군을 제외하고는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 저장 4일째 식빵의 단백질은 6.4~6.8점으로 대조군과 β-glucan 10 및 20% 첨가군 사이에 차이가 없었고 β-glucan 30% 첨가군은 유의적으로 낮은 점수(4.0점)를 받았다. 우유맛의 정도는 저장 전보다 줄어들었으나 β-glucan 30% 첨가군을 제외하고는 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 조직감 중 식빵의 외부(crust) 경도는 β-glucan 첨가량이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으며 β-glucan 30% 첨가군만이 대조군에 비해 유의적으로 높았다. 또한 내부(crumb) 경도와 씹힘성에 있어서는 β-glucan 첨가에 따른 차이가 없었다. 그러나 저장 4일째 대조군은 β-glucan 첨가군에 비해 외부경도가 감소하고 내부경도가 증가하는 변화를 보였다. 씹힘성은 저장 전과 후 모두 군 간에 유의적인 차이가 없었다. 신선초를 첨가한 식빵이 저장 중 변화가 대

Table 4. Change in mean scores of sensory characteristics of the milk bread with different amount of β-glucan during storage

Characteristics	0 day				4 days			
	0% ¹⁾	10%	20%	30%	0%	10%	20%	30%
Volume	7.3±0.9 ^{b2)}	6.6±1.0 ^b	6.9±1.1 ^b	2.4±1.0 ^a	7.4±1.3 ^B	7.2±0.5 ^B	6.8±0.8 ^B	1.4±0.5 ^A
Hole size	3.3±1.5 ^a	4.3±1.1 ^{ab}	5.4±1.1 ^{ab}	5.8±2.9 ^b	3.4±1.1 ^A	3.2±0.8 ^A	3.6±1.1 ^A	7.0±1.4 ^B
Crust color	4.1±1.7 ^a	4.1±1.7 ^a	4.2±2.0 ^a	7.8±0.8 ^b	5.0±1.2 ^A	5.2±0.8 ^A	4.6±1.1 ^A	7.2±2.2 ^B
Crumb color	3.2±1.8 ^a	3.8±1.3 ^a	3.7±1.4 ^a	7.6±0.5 ^b	4.6±1.1 ^A	4.8±0.8 ^A	4.3±0.5 ^A	8.3±1.0 ^B
Off-flavor	2.9±2.6 ^a	3.0±1.6 ^a	2.9±1.3 ^a	5.8±2.0 ^b	2.6±2.5 ^A	3.3±3.2 ^{AB}	3.5±2.9 ^{AB}	6.8±2.2 ^B
Plain taste	6.6±0.9 ^b	5.6±0.9 ^{ab}	5.8±1.3 ^{ab}	5.0±1.5 ^a	6.8±0.8 ^B	6.4±1.1 ^B	6.8±1.1 ^B	4.0±2.2 ^A
Milk taste	5.0±1.7 ^b	5.0±0.9 ^b	4.3±1.4 ^{ab}	3.2±1.6 ^a	4.5±0.6 ^B	4.8±0.5 ^B	4.0±0.8 ^B	2.3±1.3 ^A
Crust hardness	4.6±1.4 ^a	5.0±1.3 ^a	5.1±1.8 ^a	6.6±1.7 ^b	3.5±1.3 ^{AB}	5.8±1.5 ^B	5.6±1.5 ^A	8.4±0.9 ^C
Crumb hardness	4.8±1.4 ^b	3.9±1.1 ^{ab}	3.3±1.3 ^a	3.4±1.5 ^{ab}	6.0±1.6 ^A	4.8±1.0 ^A	4.6±1.5 ^A	5.6±1.1 ^A
Chewiness	5.1±1.1 ^a	4.7±0.7 ^a	5.0±1.7 ^a	5.8±1.8 ^a	5.0±1.4 ^A	5.4±1.5 ^A	6.0±1.6 ^A	6.8±1.8 ^A
Over-all acceptability	6.8±1.1 ^b	6.9±1.6 ^b	6.9±0.8 ^b	3.4±2.6 ^a	6.6±0.5 ^B	6.4±0.9 ^B	7.6±0.5 ^C	1.8±0.8 ^A

¹⁾Contents of β-glucan paste.

²⁾Means in the same storage period with the same letters are not significantly different at p<0.05.

조균보다 적었다는 결과(33)와 일치하였으며 이는 식빵에 β -glucan 10 또는 20% 첨가시 저장 중에 나타나는 단점이 다소 보완될 것으로 사료된다. 우유식빵의 저장 전 전반적인 수용도는 β -glucan 30% 첨가군이 3.4점으로 가장 낮은 점수를 받고 대조군과 β -glucan 10, 20% 첨가군은 6.8~6.9 점을 받았다. 그러나 저장 4일 경과 후에는 β -glucan 20% 첨가군이 7.6점으로 가장 높았고 대조군, β -glucan 10% 첨가군, β -glucan 30% 첨가군의 순으로 각각 6.6, 6.4 및 1.8점을 받았다. 10 또는 20%의 β -glucan이 첨가된 식빵은 4일 저장 후에도 경도가 높지 않고 수분함량이 높아 촉촉한 식감을 갖게 하기 때문으로 생각된다. 한편 β -glucan 30% 이상의 첨가는 외관은 물론 냄새와 조직감에도 좋지 않은 영향을 주어 제빵에 적합하지 못하다. Cho와 Lee(9)의 연구에서도 빵 제조 시 식이섬유가 풍부한 쌀보리가루를 밀가루에 10% 첨가하였을 때 빵의 외형, 내부의 촉감, 입에서의 감촉, 전체적인 기호도 등 빵의 관능적 특성은 크게 변화되지 않았으며, 고식이섬유빵에 보리가루를 이용할 수 있다고 보고하였다.

요 약

기능성 식품소재인 β -glucan을 우유식빵에 첨가하여 제조한 우유식빵을 항온배양기(온도 20°C, 습도 40%)에 저장하면서 이화학적, 관능적 특성을 분석하였다. 우유식빵의 수분함량은 저장하면서 감소하는 경향을 나타내었는데 β -glucan 첨가량이 증가할수록 높은 값을 나타내었다. 기계적 조직감을 TPA로 측정된 결과, 저장 전 우유식빵의 경도는 대조군과 차이가 없었으나 저장기간이 경과됨에 따라 β -glucan 첨가량이 많을수록 경도증가가 적어 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. 저장전 빵의 색상은 crumb와 crust 모두 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)가 β -glucan 30% 첨가군을 제외하고 유의적인 차이가 없었으나, 저장기간이 증가함에 따라 명도가 증가하는 경향을 나타내었다. 노화도는 TPA와 DSC를 통해 알아보았는데, β -glucan 20 및 30% 첨가군에서 유의적으로 낮았다. 관능검사(9점 척도법) 결과, 저장기간이 증가함에 따라 부피, 향, 단백질, 우유맛, 껍질경도가 감소하고 색상, 이취, 경도 및 씹힘성이 증가하였다. 또한, 저장 4일째 전반적인 기호도는 대조군과 β -glucan 10% 첨가군이 6.6, 6.4점인데 반해 β -glucan 20% 첨가군이 7.6점으로 높게 나타났으며 β -glucan 30% 첨가군은 부피, 빵의 안팎의 색상 및 질감에 있어 품질이 저하되어 전반적인 수용도에서 가장 낮은 점수(1.8점)를 받았다. 이상의 결과로부터 β -glucan 20%를 우유식빵에 첨가할 때 저장 중 식빵내 수분을 유지시켜주고, 조직감이 단단해지는 것을 막아주는 효과가 있어 우유식빵의 저장기간을 연장시켜줄 수 있었다.

감사의 글

본 연구 논문은 (주)더멋진바이오텍의 지원에 의해서 수행된 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Di Luzio NR, Williams DL, Mcnamee RP, Edwards BF, Kitahama A. 1979. Comparative tumor-inhibitory and anti-bacterial activity of soluble and particulate glucan. *Int J Cancer* 24: 774-779.
2. Petersen RD, Reinhold W, Tyborczyk J. 1997. Cytokines in cosmetology. *Cosmetics Toiletries Magazine* 112: 165-169.
3. Michael M, David M, Deborah BR, Matthew L, Kristen L, William G, Myra P, William M. 1998. Activation of rat macrophages by betafectin PGG-glucan requires cross-linking of membrane receptors distinct from complement receptor three (CR3). *J Leukocyte Biology* 64: 337-344.
4. Jorgensen JB, Robertsen B. 1995. Yeast β -glucan stimulates respiratory burst activity of Atlantic salmon macrophages. *Dev Comp Immunol* 19: 43-57.
5. Kang SA, Jang KH, Choi WA, Jung KH, Lee IY. 2002. Effects of dietary β -glucan on adiposity and serum lipids levels in obese rats induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1052-1057.
6. Bowers GJ, Patchen ML, Macvittie TJ, Hirsch EF, Fink MP. 1989. Glucan enhances survival in an intraabdominal infection model. *J Surg Res* 47: 183-188.
7. Pelley RP, Srickland FM. 2000. Plants, polysaccharides and the treatment and prevention of neoplasia. *Crit Rev Oncol* 11: 189-225.
8. Kim SK. 1976. On bread staling with emphasis on the role of starch. *Korean J Food Sci Technol* 8: 185-190.
9. Cho MK, Lee WJ. 1996. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J Food Sci Technol* 28: 702-706.
10. Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS. 1999. Effect of leek (*Allium tuberosum*) on physicochemical and sensory characteristics of breads. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 113-117.
11. Kang WW, Kim GY, Kim JK, Oh SL. 2000. Quality characteristics of the bread persimmon leaves powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 16: 336-341.
12. Kim EJ, Kim SM. 1998. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 30: 542-547.
13. Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. 2000. Rheological of wheat flour dough and qualities of bread prepared dietary fiber purified from ascidian (*Haalocynthia roretzi*) tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 387-395.
14. Jung HO, Lim SS, Jung BM. 1997. A study on the sensory and texture of bread with roasted soybean powder. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 13: 266-271.
15. Kim JH, Choi MS, Moon KD. 2000. Quality characteristics of bread prepared the addition of roasted safflower seed powder. *Korean J Food Sci Technol* 7: 80-83.
16. Im JG, Kim YH. 1999. Effect of green tea addition on the quality of white bread. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 15: 395-400.
17. Seong HM, Kim SR, Choi HD, Kim HM. 2002. Effects of β -glucan-enriched barley fraction on the lipid and cholesterol contents of plasma and feces in rat. *Korean J Food*

- Sci Technol* 34: 678-683.
18. Burkus Z, Temelli F. 2000. Stabilization of emulsions and foams using barley β -glucan. *Food Res Int* 33: 27-33.
 19. Yang YH, Kang EY, Kim MK, Cho HY, Kim MR. 2006. Physicochemical and sensory characteristics of milk bread substituted with high amount of β -glucan. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 22: 204-212.
 20. AACC. 1983. *Approved Method of the AACC*. 8th ed. American association of cereal chemist, St. Paul.
 21. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Virginia. p 918.
 22. Kang MY, Choi YH, Choi HC. 1997. Interrelation between physicochemical properties of milled rice and retrogradation of rice bread during cold storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 886-891.
 23. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. 1991. *Sensory evaluation techniques*. 2nd ed. CRC press, New York. p 53.
 24. SAS. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6.2th ed. SAS Institute, Inc, Cary, NC, USA.
 25. Kim JS. 2004. Effect of chitosan addition on the shelf-life of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 17: 388-392.
 26. Moon HK, Han JH, Kim JH, Kim JK, Kang WW, Kim GY. 2004. Quality characteristics of the breads added with freeze dried old pumpkin powders. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20: 126-132.
 27. Jung DS, Lee FZ, Eun JB. 2002. Quality properties of bread made of wheat flour and black rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34: 232-237.
 28. Bae JH, Woo HS, Choi HJ, Choi C. 2001. Qualities of bread added with Korean persimmon (*Diospyros kaki* L. folium) leaf powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 882-887.
 29. Chabot JF. 1976. Preparation of food science sample for SEM. *Scanning Electron Microscopy* 3: 279-283.
 30. Sych J, Castaigne F, Lacroix C. 1987. Effects of initial moisture and storage relative humidity on textural changes of layer cakes during storage. *J Food Sci* 53: 1604-1607.
 31. Hyun CK, Kim YB, Park GH, Yoon IH. 1988. Differential scanning calorimetry of rice starch. *Korean J Food Sci Technol* 20: 331-337.
 32. Lee KH, Lee YC. 1997. Effect of carboxymethyl chitosan on quality of fermented pan bread. *Korean J Food Sci Technol* 29: 96-100.
 33. Choi OJ, Jung HS, Ko MS, Kim YD, Kang SK, Lee HC. 1999. Variation of retrogradation and preference of bread with added flour of *Angelica keiskei* Koidz during the storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 126-131.

(2006년 1월 11일 접수; 2006년 5월 10일 채택)