

가래떡의 노화 억제에 대한 말티톨의 효과

송재철

울산대 생활과학부

Suppression Effect of Maltitol on Retrogradation of Korean Rice Cake(Karedduk)

Jae-Chul Song

Dept. of Food Sci. & Nutri., University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

Abstract

This study was conducted to elucidate the functions of maltitol influencing retrogradation of starch and coagulation of *Karedduk*. The cooking conditions for *Karedduk* preparation were determined 25% water addition to rice flour, 10 hours of soaking time, 20 minutes of cooking and steaming time after preliminary experiments. It was found that maltitol exerts an influence on the texture change of *Karedduk* and that this texture change ends up suppressing retrogradation of *Karedduk*. Degree of color change of *Karedduk* with maltitol was shown to be lower than that of *Karedduk* without maltitol, so maltitol was estimated to influence the shelf life and organoleptic stability of *Karedduk*. Maltitol was observed to be highly effective at cold storage. According to the DSC analysis, the value of enthalpy in case of cold storage was revealed to be higher than at room temperature and increase with storage time. In sensory examination, maltitol brought forth a sensory change and this change resulted to suppressing retrogradation of *Karedduk*. In short, maltitol was concluded to exert a great influence on retrogradation of *Karedduk*.

Key words: suppression effect, maltitol, retrogradation, *Karedduk*

서 론

떡류의 식품성분은 저장과정에서 여러 가지 이화학적 변화가 일어난다. 식품성분 가운데 특히 고분자 성분은 식품 전체의 물성에 미치는 영향이 크므로, 떡류의 고분자의 구조 변화를 연구하는 일은 매우 중요하다. 그런데 떡류의 고분자 구조변화는 대부분 에너지의 수지에 의하여 일어나고 특히 떡류의 흡열반응시 나타나는 물성의 변화를 이해하기 위해서 떡의 열적 성질을 규명하는 것은 떡의 구조 안정성을 해명하는데 크게 도움이 된다. 이런 의미에서 전분의 호화-노화반응은 떡의 물성을 변화시키는 가장 대표적인 열적 현상의 하나라고 말할 수

있다.

떡류의 기본 구성성분은 전분이다. 전분은 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있으며 대략 10%-17%의 수분을 함유하고 있다. 또 부분적으로 결정형 영역(crystalline region)과 무정형 영역(amorphous region)을 가지고 있는 결정성 중합체(partially crystalline polymer)인데 전분입자를 가열·냉각하면 다양한 변화가 일어난다. 우선 전분을 가열하면 전분은 점도가 큰 투명하고, 유백색의 콜로이드 용액을 형성하며, 전분농도가 높거나 냉각할 때는 반고체의 겔을 형성한다(김동훈, 1988). 이런 경우에는 호화 전분을 저장하면 열역학적 비평형(non-equilibrium)상태의 여러 가지 물리, 화학적 변화가 수반하게 된다. 즉 레올로지(rheology) 특성의 변화와 더불어 호화과정 중 이용되었던 물분자의 손실, 전분분자의 재배열 및 인접한 분자간의 수소결합 형성에 의한 재결정화 등의 변화가 발생하는 소위

Corresponding author: Jae-Chul Song, Dept. of Food Sci. & Nutri., University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea
Phone: 82-52-259-2370 Fax: 82-52-259-2370
E-mail: jcsong2002@yahoo.co.kr

노화(retrogradation)가 일어난다(Hoover, 1995; Gudmundsson *et al.*, 1994). 이러한 전분의 노화는 품질을 저하시키는 중요한 원인인데 주요 변화는 호화된 전분의 재결정화이다. 노화는 전분의 종류, 아밀로오스나 아밀로펙틴의 비율과 구조, 수분함량, 저장온도와 첨가물질에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(Gudmundsson *et al.*, 1990). 수분함량이 50~60%인 전분겔은 최대의 결정성을 나타내고 있으며 20% 이하나 90% 이상일 때는 결정화는 억제되고, 저장온도에 따라서도 달라져 냉장온도에서 노화가 가장 잘 일어난다고 한다(Elliasson *et al.*, 1985).

Longton *et al.* (1981)은 4, 21, 30°C에서 저장된 밀전분겔의 결정성을 측정하였을 때 저장온도가 낮고 저장시간이 길어지면 결정성이 증가하였다고 하였으며 김(1994)은 50% 멥쌀과 찰쌀 전분겔을 비교하였을 때 두 전분겔 모두 냉장온도(4°C)에서 더 높은 노화도를 보였다고 하였다. 대부분 식품은 전분의 노화가 잘 일어나는 수분함량 범위에 속하기 때문에 노화를 억제하기 위해서는 저장온도를 높게 하거나 냉동시켜 보관해야 하므로 식품의 맛을 유지하는데 어려움이 있다. 그래서 첨가물질을 이용하여 노화를 억제하는 연구들이 진행되고 있다. 특히 지방산이나 계면활성제, 유화제 등은 아밀로오스나 아밀로펙틴과 복합체를 형성하여 노화를 억제한다고 하였으며(Kuip *et al.*, 1981), 탈지전분겔은 오히려 노화가 증가시킨다고 알려져 있다(Lagendijk *et al.*, 1970). 가열 조리된 전분질식품의 저장기간 중의 물리적 변화는 전분의 노화에 기인된다고 알려졌다며 저장된 식품은 맛과 품질이 떨어지므로 노화를 억제하기 위한 여러 방법을 사용하고 있으나 그에 따라 많은 문제점을 제시되고 있다. 현재까지 전분의 노화기전이 많이 밝혀져 있지만 그 중 전분 이외의 다른 성분 역할에 대해서는 많은 정보가 더 요구되는 실정이다. 특히 수분의 움직임은 매우 중요한 연구과제로 생각하고 있다(김 등, 1996).

따라서 본 연구에서는 당알코올류 중 수분과 친화적인 물리적 반응을 하며 수소결합의 형식이 다양한 말티톨을 대상으로 떡볶이떡의 노화억제에 관한 정도를 규명하여 떡의 장기저장을 도모하고자 실험을 계획하였다. 실험을 계획한 또 다른 이유는 말티톨이 가지고 있는 물성개량적 장점 때문이다. 우선 말티톨은 천연 탄수화물로부터 유래한 소재이며 인체내 이용활성이 높고 저칼로리이며 비피더스

균 증식인자로 사용되며 충치예방 등의 생리적 기능을 가지고 있을 뿐 만 아니라 물리, 화학적으로 우수한 가공 적성을 가지고 있다. 따라서 가공식품을 비롯한 일반 식품에 당, 당알코올, 설탕대용으로 널리 이용될 전망이며 그 수요도 증가할 것으로 예상되기 때문이다. 실제 말티톨의 노화에 관한 연구는 부족하다. 따라서 본 연구에서는 말티톨이 구조적으로 전분의 노화에 영향을 미칠 것으로 예상하고 말티톨과 떡의 노화관계를 검토하게 되었다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 멥쌀은 한림농협쌀을 사용하였고 말티톨은 삼양제넥스(주)에서 생산된 것으로 식품산업에 일반적으로 사용되는 식용(식품첨가물)의 것을 실험재료로 사용하였다.

떡시료의 제조 및 저장

한림농협쌀 500g을 상온의 물에 다양한 시간 침지하여 건져 낸 다음 방앗간에서 이를 분쇄, 쌀가루로 만들었다. 쌀가루 중량비로 25%에 해당하는 온수(70°C)와 식품첨가물인 말티톨을 쌀가루의 중량비로 0, 1, 2, 5, 10, 15%(w/w)씩 첨가한 후 반죽하고 알루미늄찜기(steamer)를 이용한 수증기로 일

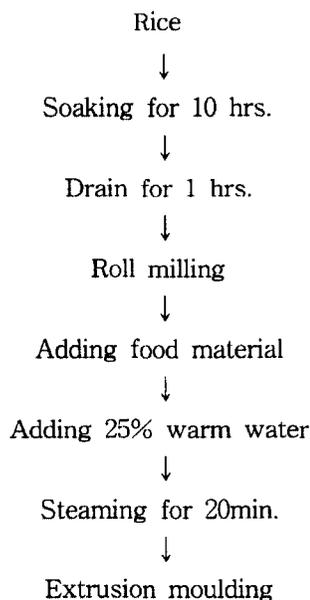


Fig. 1. Procedure of Karedduk preparation

정시간 상압 증자하여 호화시켰다. 가래떡은 압출 성형기(동아산업, 한국)를 이용하여 일정한 샘플(지름 1.5 cm × 길이 10 cm)로 제조하고(Fig. 1) 실온에서 약 30분 가량 냉각시킨 후 폴리에틸렌 랩(polyethylene wrap)으로 타이트 포장한 후 냉장(4°C)과 실온(25°C)조건에서 0, 1, 2, 3, 4일 저장한 후 시료로 사용하였다.

조직감 측정

시료의 조직을 측정하기 위하여 어떤 시료를 실온으로 평형되게 한 후 관능검사와 기기측정을 하였다. 조직은 Texture Analyser(Stable Micro Systems Co. Ltd., TA-XT2, England)와 Rheometer(Sun Scientific Co. Ltd., CR-200 D, Japan)를 이용하였다. 조직감 측정은 post-test speed: 10.0 mm/s, strain: 50%, time: 0.01 s, pre-test speed: 10.0 mm/s, test speed: 5.0 mm/s, trigger force: 5 g 조건으로 5회 이상 반복 시행하여 그 평균치를 채택하였다. 시료를 $\Phi 1.5 \times 1$ cm로 절단하여 직경이 5 cm인 원통형 plunger를 이용하여 힘-시간 곡선을 작성하여(Fig. 2) 견고성(H1), 탄력성(D2/D1), 응집성(A2/A1), 감성(H1 × A2/A1), 부서짐성(H1 × D2/D1 × A2/A1) 등을 구하였다.

색도 분석

색도는 가래떡 샘플을 저장할 때 탈수로 인한 조직의 비틀림과 함께 표면색깔이 변하여 상품적으로

문제가 되고 있음을 인지하고자 실제 유통제품의 상품성 개선을 위해 색도를 분석하였다. 시료는 냉장(4°C), 실온(25°C)에서 저장하면서 경시적으로 변하는 색도를 분석하였다. 색차계는 CIE색차계(Croma Meter CR-10, Minolta CO. LTD. JAPAN)를 이용하였는데 시료의 색도를 L*[어둠(0)-밝음(100)], a*[적색(60)-녹색(-60)], b*[노랑(60)-파랑(-60)]값으로 나타내었다.

관능검사

떡볶기떡의 관능적 특성을 결정하기 위하여 예비 관능검사를 통과한 검사원을 선발, 관능검사를 시하였다. 예비 관능검사는 triangle difference test를 행하였으며 건강, 성격, 실험에 대한 적응도를 고려하여 검사원을 선정하였다. 평가내용은 샘플에 따라 아이টে를 달리하였는데 전체적인 항목은 색깔(color), 맛(taste), 향기(flavor), 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 보습성(moistness), 삼킨 후의 느낌(after swallowing), 점탄성(viscoelasticity), 그리고 전반적인 선호도(overall acceptability) 등을 7점 채점법(7점: 매우 양호 또는 큼, 1점: 매우 나쁨 또는 작음)으로 평가하였다. 관능검사의 결과는 일부 유의성 검증을 위해 SPSS program으로 통계처리하였으며 시료간의 유의성은 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

DSC에 의한 노화도 측정

노화도 측정은 시차주사열량기(DSC, Differential Scanning Calorimetry, TA Instruments, Inc. Dupont DSC 2910 module)를 이용하였다. 시료를 5 mg되게 절단하여 알루미늄 시료 팬에 넣고 2시간동안 방치하여 시료가 균일하게 한 후 10°C/min의 가열속도로 20°C에서 180°C까지 가열하여 반응곡선을 얻었다.

결과 및 고찰

노화억제를 위한 취반조건

떡류의 저장성은 제조과정에 따라 달라진다. 따라서 본 연구에서는 예비실험을 통해 기본적인 조건 등을 검토하였다. 보통 취반조건은 팽윤정도와 증미조건을 결정하기 위해 실시하였다. 팽윤현상은 쌀의 호화와 노화에 영향을 미치는 물성으로 쌀의 종류와 수온, 물의 혼합비, 침지시간 등과 관련이 있다. 우선 반죽형성시 물의 혼합비는 밀가루입자

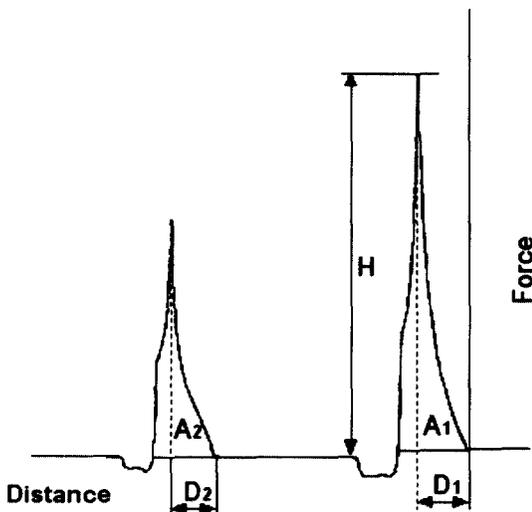


Fig. 2. Typical texture profile analysis curve

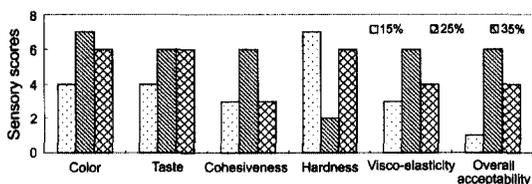


Fig. 3. Sensory characteristics of Karedduk formulated with various amounts of water addition (stored for 4 days at 25°C)

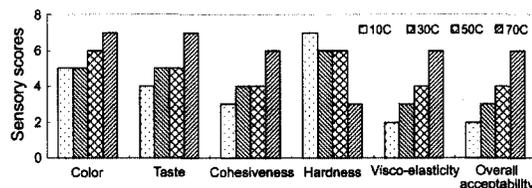


Fig. 4. Sensory characteristics of Karedduk applied various temperatures of water to rice flour (stored for 4 days at 25°C)

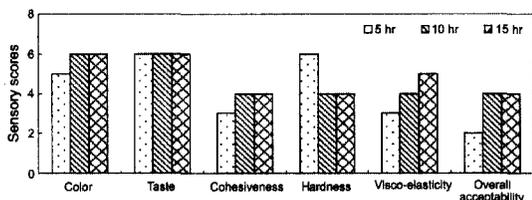


Fig. 5. Sensory characteristics of Karedduk applied various soaking times for swelling (stored for 4 days at 25°C)

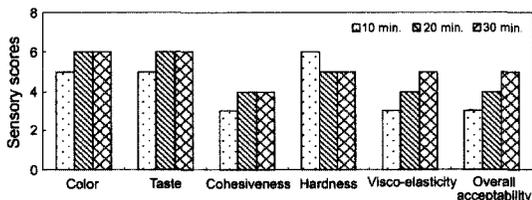


Fig. 6. Sensory characteristics of Karedduk applied various steaming times of mixture (stored for 4 days at 25°C)

간의 결합력에 영향을 미치며 밀가루성분간의 수화 정도와 수화속도를 결정하는 것이기 때문에 반죽을 형성할 때 우선 검토하는 인자이다(윤숙자, 2000). 물첨가량은 반죽이 가능한 15%-35% 범위로 하여 떡볶기떡의 가공적성을 검토한 결과 25%의 온수를 사용하는 것이 가장 적당한 것으로 나타나서(Fig. 3) 모든 실험에는 수분첨가량을 쌀가루 중량에 대해 25%로 정하였다. 윤(2000)의 보고에 의하면 35% 수분첨가구의 경우가 노화진행은 천천히 이루어진다

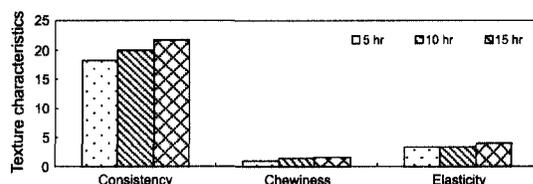


Fig. 7. Texture characteristics Karedduk applied various soaking times for swelling (stored for 4 days at 25°C)

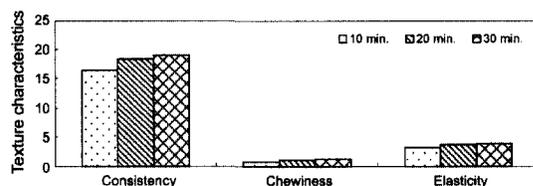


Fig. 8. Texture characteristics Karedduk applied various steaming times of mixture (stored for 4 days at 25°C)

고 발표하였다. 수온은 10, 30, 50, 70°C 등을 검토 하였는데 본 연구에서는 70°C로 결정하였다(Fig. 4). 또 팽윤시간은 5시간, 10시간, 15시간으로 하여 20분 증자한 후 떡을 만들어 실험을 실시하였다. 그 결과 10시간이후에는 큰 차이가 없어 침지시간을 10시간으로 결정하였다(Fig. 5, 7). 이는 박 등(1992)과 Shin (1991)이 발표한 절편제조시 침지시간을 12시간으로 한 것이 관능특성에서 좋았다고 한 것과 거의 일치하였다. 또 증미시간은 10, 20, 30분으로 상압증자하여 실험한 결과 증미시간이 길수록 다소 떡의 물성이 좋은 것으로 나타났으나 큰 차이가 없어 최종적으로 20분으로 결정하였다(Fig. 6, 8). 최종적으로 떡을 제조한 조건은 물첨가량 25%, 수온 70°C, 팽윤시간 10시간, 증미시간 20분으로 결정하여 전체 실험에 적용하였다.

말티톨 첨가와 저장 중 가래떡의 조직감의 변화

가래떡의 취반조건을 확정된 후 말티톨 첨가 효과를 검토하기 위하여 두 종류의 온도인 저온(4°C), 실온(25°C)을 실험대상으로 설정하였다. 그 이유는 산업체에서 가래떡을 상온에서 장기간 유통시키고자 하는 바람 때문이다. 그러나 실제 유통되고 있는 현실은 저온에서 유통되고 있기 때문에 본 연구에서는 저온과 실온조건에서의 가래떡의 응고상태를 비교하고자 하였다. 따라서 제조한 가래떡을 저온과 실온에서 0, 1, 2, 3, 4일간 저장하면서 나타나는 물성과 조직의 변화를 검토하였다. 가래떡의 경시적 조직변화는 hardness(견고성, H1), springness

(탄성, D2/D1), cohesiveness (응집성, A2/A1), gumminess (검성, H1×A2/A1), chewiness(씹힘성, H1×D2/D1×A2/A1)를 기기로 측정하여 분산분석하고 Duncan's multiple range test로 검정하였다. Table 1은 실온에서 저장한 가래떡의 조직을 나타낸 것이다. 우선 견고성(hardness)의 경우는 부드러움과 단단함을 나타내는 지표인데 식품의 거식적인 조직, 구조나 상태에 유래된 식감으로 지각되어 지는 특성이다. 본 연구에서 말티톨을 첨가할 경우 견고성은 감소하였고, 저장기간에 따라서도 경시적으로 감

소하였다. 특히 10% 첨가시 견고성의 감소가 더 뚜렷하였으며 말티톨을 첨가하지 않은 가래떡은 저장기간에 따라 저장기간이 길어질수록 그리고 첨가량이 증가할수록 가래떡의 노화에 유의적인 영향을 미쳤다. 냉장저장(4°C)한 가래떡의 경우(Table 2)에는 실온저장(25°C)의 경우보다 시간에 따른 견고성의 증가가 컸으며, 말티톨의 첨가량이 많을수록 견고성의 증가가 억제되었다. 견고성의 증가폭을 비교해 볼 때 실온저장시 말티톨의 억제효과가 냉장시보다 다소 높은 경향을 나타내었다. 또한 저장기

Table 1. Mechanical characteristics of the *Karedduk* formulated with different concentrations of maltitol through storage at 25°C

Texture parameter	Storage time (hour)	Maltitol addition (%)				
		0	1	2	5	10
Hardness	3	^x 12.81 ^b	^x 11.80 ^b	^x 10.40 ^a	^x 13.88 ^c	^x 10.31 ^a
	24	^y 34.20 ^c	^y 30.12 ^c	^y 21.54 ^b	^{xy} 19.17 ^a	^y 18.08 ^a
	48	^y 39.83 ^b	^y 39.20 ^b	^z 36.26 ^b	^y 28.89 ^a	^z 26.34 ^a
	72	^z 45.35 ^d	^z 42.99 ^c	^w 40.35 ^c	^z 36.11 ^a	^{zw} 37.13 ^b
	96	^z 55.21 ^d	^z 45.17 ^c	^w 43.45 ^b	^w 45.64 ^b	^w 41.02 ^a
Cohesiveness	3	^z 0.87 ^a	^z 0.94 ^c	^w 0.91 ^c	^y 0.85 ^a	^z 0.94 ^c
	24	^z 0.83 ^b	^y 0.81 ^a	^z 0.84 ^b	^y 0.83 ^b	^y 0.89 ^c
	48	^y 0.57 ^a	^y 0.69 ^b	^z 0.79 ^c	^y 0.81 ^d	^y 0.82 ^d
	72	^y 0.47 ^a	^y 0.60 ^b	^{xy} 0.65 ^b	^y 0.75 ^c	^y 0.75 ^c
	96	^x 0.36 ^a	^x 0.49 ^b	^x 0.53 ^c	^x 0.64 ^d	^x 0.69 ^d
Springness	3	^w 4.62 ^b	^w 4.37 ^a	^z 4.61 ^b	^w 4.62 ^b	^z 4.54 ^b
	24	^z 2.54 ^b	^z 2.01 ^a	^y 2.80 ^c	^z 3.89 ^d	^y 3.84 ^d
	48	^z 2.25 ^b	^y 1.58 ^a	^y 2.48 ^{bc}	^y 2.20 ^b	^y 2.82 ^c
	72	^y 1.85 ^c	^y 1.46 ^b	^x 1.27 ^a	^{xy} 1.70 ^c	^{xy} 2.61 ^d
Gumminess	3	^x 11.14 ^{ab}	^x 11.09 ^a	^x 11.73 ^c	^x 11.30 ^b	^x 11.11 ^a
	24	^y 20.00 ^c	^y 20.10 ^c	^y 14.80 ^a	^y 15.95 ^b	^y 15.41 ^a
	48	^y 20.42 ^d	^y 20.15 ^d	^y 18.68 ^c	^{xy} 17.21 ^b	^y 15.80 ^a
	72	^y 22.36 ^d	^y 21.59 ^c	^{yz} 20.65 ^c	^y 18.08 ^b	^z 17.24 ^a
	96	^z 28.98 ^d	^z 25.25 ^{cd}	^z 22.95 ^c	^z 21.08 ^b	^z 19.25 ^a
Chewiness	3	^w 78.30 ^c	^w 75.45 ^c	^w 75.95 ^b	^w 74.02 ^a	^w 76.65 ^b
	24	^z 67.38 ^b	^{zw} 66.47 ^a	^w 74.58 ^c	^{zw} 67.75 ^b	^w 71.96 ^c
	48	^z 52.90 ^b	^z 51.98 ^b	^z 64.73 ^a	^z 56.42 ^c	^z 65.54 ^a
	72	^y 33.75 ^b	^y 35.52 ^b	^y 34.83 ^b	^y 30.54 ^a	^y 35.85 ^b
	96	^x 11.59 ^a	^x 26.25 ^b	^x 31.18 ^c	^x 23.79 ^d	^x 29.64 ^d

Numericals having same shoulder letter are not significantly different at $p < 0.05$

*a, b, c and mean Duncan's multiple range test for the amount of maltitol added

*x, y, z and w mean Duncan's multiple range test for storage time

간에 따른 견고성의 증가도 말티톨의 첨가량이 증가함에 따라 감소되었다.

응집성(cohesiveness)은 부서짐성, 씹힘성, 검성과 관련된 특성으로 거친, 눅진한, 죽같은 표현으로 나타내어지는 1차 조직특성이다. 따라서 떡의 조직감을 결정하는데는 매우 중요한 요인이다. 실온저장의 경우에는 저장 1일까지는 초기수준을 유지하다 2일째부터 응집성이 급격히 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 말티톨을 첨가하면 응집성은 다소 증가하는 것으로 나타났다. 냉장저장의 경우에는 경시적으로 응집성은 매우 감소하였고 이 감소 정도

는 말티톨을 첨가하면 완화될 수 있었다. 특히 저장 1일 이후부터 응집성의 경시적 변화는 유의성을 나타내었다. 탄성(springness)은 강인성(stiffness)을 나타내는 지표로 떡을 압축할 때 나타나는 물성이다. 실온저장한 경우에는 maltitol을 첨가한 가래떡의 탄성정도가 첨가하지 않은 떡에 비해 대체로 높은 편이었는데 특히 저장 1일 후 급격하게 감소하였으나 경시적인 변화는 다소 서서히 일어났다. 탄성은 저장초기에 크게 변화였다. 냉장저장의 경우에도 실온의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 검성(gumminess)의 변화양상은 견고성×응집성으로 나

Table 2. Mechanical characteristics of the Karedduk formulated with different concentrations of maltitol through storage at 4°C

Texture parameter	Storage time (hour)	Maltitol addition (%)				
		0	1	2	5	10
Hardness	3	^x 14.12 ^b	^x 13.84 ^b	^x 13.64 ^a	^y 14.65 ^b	^x 14.98 ^c
	24	^y 38.54 ^c	^y 37.65 ^c	^y 36.54 ^{bc}	^y 34.98 ^b	^y 30.25 ^a
	48	^z 45.25 ^b	^z 50.54 ^c	^y 42.86 ^b	^z 58.47 ^d	^{yz} 38.46 ^a
	72	^w 59.21 ^b	^w 68.69 ^d	^z 53.84 ^a	^{wz} 64.25 ^c	^z 52.78 ^a
	96	^w 78.65 ^b	^w 78.64 ^b	^w 64.73 ^a	^w 74.98 ^b	^w 60.28 ^a
Cohesiveness	3	^w 0.88 ^a	^w 0.91 ^b	^z 0.85 ^a	^w 0.89 ^a	^z 0.97 ^b
	24	^z 0.71 ^a	^z 0.75 ^b	^z 0.70 ^a	^z 0.77 ^b	^z 0.86 ^c
	48	^y 0.50 ^b	^y 0.44 ^a	^{yz} 0.51 ^b	^{yz} 0.60 ^c	^y 0.64 ^c
	72	^y 0.44 ^a	^y 0.40 ^a	^y 0.48 ^b	^y 0.46 ^b	^y 0.57 ^c
	96	^x 0.22 ^b	^x 0.21 ^b	^x 0.14 ^a	^x 0.22 ^b	^x 0.37 ^c
Springness	3	^z 4.54 ^{cd}	^z 4.50 ^d	^w 4.42 ^c	^w 4.10 ^b	^z 4.05 ^a
	24	^y 1.65 ^b	^y 1.60 ^a	^z 2.01 ^c	^z 2.05 ^c	^y 2.25 ^c
	48	^y 1.15 ^a	^y 1.10 ^a	^y 1.54 ^b	^z 2.01 ^c	^y 2.02 ^c
	72	^y 1.05 ^a	^y 1.04 ^a	^y 1.24 ^b	^y 1.08 ^a	^x 1.21 ^b
	96	^x 0.74 ^a	^x 0.84 ^b	^x 1.16 ^c	^x 0.54 ^a	^x 1.01 ^b
Gumminess	3	^x 10.00 ^a	^x 10.87 ^b	^x 10.78 ^b	^x 10.54 ^b	^x 10.25 ^a
	24	^{xy} 11.59 ^{bc}	^{xy} 12.35 ^c	^{xy} 13.00 ^a	^y 14.65 ^c	^y 15.38 ^c
	48	^y 17.25 ^a	^y 19.25 ^{bc}	^y 18.56 ^b	^y 17.20 ^a	^z 20.54 ^c
	72	^z 24.43 ^d	^z 23.25 ^c	^y 19.12 ^a	^z 20.65 ^b	^z 21.35 ^{bc}
	96	^w 25.21 ^c	^z 25.07 ^c	^z 21.17 ^a	^z 21.57 ^a	^w 23.94 ^b
Chewiness	3	^w 72.58 ^a	^w 74.08 ^b	^w 77.27 ^c	^w 77.58 ^c	^w 78.54 ^c
	24	^w 71.05 ^b	^w 70.71 ^b	^z 68.64 ^a	^w 70.81 ^b	^w 69.75 ^a
	48	^z 67.20 ^d	^z 60.25 ^b	^z 65.28 ^c	^z 66.64 ^c	^z 56.65 ^a
	72	^y 28.75 ^a	^y 36.21 ^b	^y 56.97 ^c	^y 54.14 ^c	^y 47.80 ^d
	96	^x 12.59 ^a	^x 13.25 ^a	^x 28.72 ^c	^x 21.21 ^b	^x 20.64 ^b

Numericals having same shoulder letter are not significantly different at p<0.05

* a, b, c and mean Duncan's multiple range test for the amount of maltitol added

* x, y, z and w mean Duncan's multiple range test for storage time

타내는데, 실온저장한 가래떡의 경우 저장 1일째부터 급격히 높아졌으며, 말티톨을 첨가하지 않은 가래떡의 경우 저장 3일째부터 검성은 말티톨을 첨가한 가래떡보다 매우 높게 나타났다. 냉장저장한 가래떡의 경우에도 말티톨을 첨가한 가래떡은 대체적으로 첨가하지 않은 가래떡에 비해 높은 수치를 보

였으며 말티톨을 첨가하지 않은 가래떡은 저장기간에 따라 높은 검성을 나타내었다. 씹힘성(chewiness)은 실온에서 저장한 가래떡의 경우 저장기간이 길어질수록 낮았으며 저장초기에는 큰 차이를 보이지 않았으나 저장 1일 이후 점차 차이가 크게 나타났다. 그리고 말티톨 첨가량을 증가시킴으로써 해서 그

Table 3. Changes in the colorimeter parameter of *Karedduk* stored at 4°C and 25°C for 4 days.

Storage period (day)	Temp	Color value	Maltitol addition				
			control	Maltitol 1%	Maltitol 2%	Maltitol 5%	Maltitol 10%
0 day	25°C	L*	86.4	86.5	87.2	87.7	89.7
		a*	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
		b*	8.67	9.33	9.64	9.92	10.12
	4°C	L*	86.5	87.0	87.6	87.8	88.7
		a*	0.7	0.7	0.7	0.6	0.8
		b*	8.90	9.22	9.53	9.71	10.36
1 days	25°C	L*	82.4	83.2	83.8	84.3	84.3
		a*	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2
		b*	10.78	10.88	10.25	10.94	11.25
	4°C	L*	84.5	84.7	84.1	85.9	86.2
		a*	0.7	0.7	0.6	0.3	0.5
		b*	11.23	11.03	10.36	10.29	11.04
2 days	25°C	L*	82.6	83.1	83.4	83.0	84.9
		a*	-0.2	-0.2	0.2	-0.1	-0.1
		b*	11.10	11.67	10.48	10.88	11.21
	4°C	L*	83.3	83.0	83.1	84.9	84.9
		a*	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	0.1
		b*	12.02	12.56	10.95	11.58	12.58
3 days	25°C	L*	82.8	81.9	82.5	83.7	84.7
		a*	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
		b*	13.02	13.04	13.41	11.21	12.81
	4°C	L*	82.6	83.0	83.8	84.9	84.9
		a*	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1
		b*	12.34	13.29	13.72	13.74	14.53
4 days	25°C	L*	82.0	81.9	81.8	81.3	84.7
		a*	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
		b*	12.62	12.93	13.56	12.48	14.98
	4°C	L*	82.2	83.9	83.6	82.5	82.8
		a*	-0.56	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
		b*	12.64	13.16	13.61	14.45	14.66

L*: lightness, a*: redness, b*: yellowness

차이가 점차 적어졌으며, 냉장저장한 가래떡에서도 실온에서 저장한 가래떡과 같이 저장 초기에는 크게 차이를 보이지 않으나, 저장기간이 길어질수록 경시적으로 감소하였다. 상기와 같이 말티톨은 떡의 조직감을 변화시키는데 영향을 미치며 이러한 조직의 변화가 결국 노화를 억제하는 것으로 나타났다.

말티톨 첨가와 저장 중 가래떡의 색도변화

가래떡은 시간에 따라 표면의 조직과 물성이 변하게 된다. 공기와 수분과의 접촉을 통해 수분의 유출과 각종 이화학적 반응이 일어나기 때문이다. 이러한 변화의 한 부분이 떡의 표면 색깔의 변화이다. 산화반응과 탈수에 의한 떡의 색깔변화는 그 정도가 적다 할지라도 관능적 가치에는 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 떡의 표면 색깔 변화를 방지하기 위해 말티톨을 첨가하게 되었다. 그것은 말티톨이 수화력이 강하고 공기와 떡간의 표면에 존재하여 공기와의 접촉을 막아주기 때문이다. 그 결과 실온저장시 대조구의 경우 1일 저장후부터 L*값이 급격히 낮아지고 그 후는 거의 변화가 없음을 알 수 있다(Table 3). 그러나 말티톨을 첨가한 떡의 경우에는 첨가량에 따라 색도는 더 밝게 나타났다. a*값의 경우에는 실온에서 저장한 경우 저장 1일째 까지는 변화가 없다가 2일째부터는 급격히 낮아졌으며 말티톨 첨가로 a*값은 다소 낮아지는 것으로 나타났다. b*값의 경우에는 실온저장의 경우에는 1일까지는 초기수준을 유지하다 2일째부터 높아지는 경향을 나타내었으며 경시적, 말티톨 첨가에 따라 아주 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 단지 냉장저장시의 경우 말티톨 첨가하여도 2일째 부터는 저장기간에 영향을 미치지 못하였다. 이상과 같이 가래떡에 말티톨을 첨가하는 것이 첨가하지 않는 경우보다 전체적으로 색도의 변화가 적어 말티톨이 가래떡의 저장성과 관능적 품질 안정화에 다소 기여하는 것으로 판단

되었다. 그 효과는 냉장보관시에 크게 나타나는 것으로 관찰되었다.

용융엔탈피와 노화

시차주사열량기(DSC)에 의한 노화의 측정은 전분의 호화시에 일어나는 흡열반응으로부터 enthalpy를 측정하여 열역학적으로 설명하는 것인데 본 실험에서 enthalpy는 경시적으로는 증가하고 말티톨 첨가에 따라 감소하는 경향을 나타내었다(Table 4).

노화과정에서의 열이동은 호화과정에서 가해진 만큼 제거되는데 결정성 영역의 용융 상태가 다시 결정성 상태로 복원되는 열이동이 일어난다(Jang *et al.*, 2001). 이와 같은 열이동에 따라서 수분이동이 일어나고 이 수분이동은 그 시스템의 온도변화에 많은 영향을 받을 것으로 생각된다. 실제 실온과 저온저장의 경우를 비교하면 저온저장의 경우가 실온의 경우보다 enthalpy가 높은 것으로 나타났다. 가래떡의 enthalpy가 경시적, 저온저장시 증가한 것은 저장기간이 경과하고 저온일수록 전분분자들이 재결합하여 노화현상이 더 심하게 일어나기 때문이다. 이 현상은 가열 중 용출된 amylose에 의해 이루어지며 amylopectin이 결합하여 전분결정의 crystallinity가 저장 후 계속적으로 서서히 진행됨을 의미한다. 그러나 maltitol을 첨가하면 이것이 전분의 amylose complex 형성을 저지한다. Maltitol 첨가효과는 전분이 호화된 후 정상적인 전분분자의 재배열을 하는 과정에서 가래떡의 전분분자입자들 사이에 끼어들어 complex형성을 방해하며, amylose 및 amylopectin의 일부와 결합해서 전분분자들의 amylose-amylopectin complex가 생성되어 수소결합을 방해하기 때문에 사료된다. 일반적으로 당은 antiplasticizer로 작용하여 전분겔 matrix의 유리전이 온도를 더 높은 온도범위로 옮겨 주고 증가된 유리전이온도는 결정핵의 성장률을 낮추는 결과를 가져오게 되어 전분의 노화를 억제한다 하는데(Jang *et al.*, 2001 ; 장재권, 1996) 말티톨의 경우도 비슷한

Table 4. DSC properties of retrograded rice cakes stored at 25°C

(unit: enthalpy, Δh (J/g))

Storage period (day)	0 day		1 day		2 days		3 days		4 days		
	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	
	0	21.31	24.81	22.05	25.22	22.43	25.83	22.68	26.14	24.00	27.22
Maltitol addition (%)	1	21.12	24.32	21.88	24.62	21.77	24.91	22.45	25.32	22.66	27.03
	2	21.09	23.94	21.63	24.10	21.65	24.20	22.31	24.61	22.55	26.44
	5	20.88	23.15	21.34	23.52	21.45	23.52	22.05	24.30	22.09	26.31
	10	20.67	22.77	21.09	22.83	21.11	23.15	21.66	24.13	22.04	25.90

Table 5. Sensory characteristics of the *Karedduk* formulated with different concentrations of maltitol and then, stored at 25°C for 4 days

Sensory parameter	Storage time (hour)	Maltitol addition (%)				
		0	1	2	5	10
Hardness	0	^x 2.250 ^b	^x 2.000 ^b	^x 1.583 ^a	^x 1.417 ^a	^x 1.250 ^a
	24	^y 6.000 ^d	^y 5.750 ^d	^y 4.583 ^c	^y 3.750 ^b	^y 2.583 ^a
	48	^z 6.667 ^c	^z 6.500 ^c	^z 5.750 ^b	^z 3.750 ^a	^z 3.750 ^a
	72	^w 6.917 ^c	^w 6.750 ^c	^w 6.333 ^c	^w 5.417 ^b	^w 4.500 ^a
Moistness	0	^x 2.083 ^b	^x 1.833 ^b	^x 1.500 ^b	^x 1.250 ^a	^x 1.250 ^a
	24	^y 6.083 ^d	^y 6.000 ^d	^y 4.500 ^c	^y 3.500 ^b	^y 2.417 ^a
	48	^z 6.750 ^c	^z 6.667 ^c	^z 5.667 ^b	^z 3.583 ^a	^z 3.583 ^a
	72	^w 6.667 ^b	^w 6.583 ^b	^w 6.167 ^b	^w 4.833 ^a	^w 4.333 ^a
Cohesiveness	0	^x 1.833 ^b	^x 1.750 ^b	^x 1.583 ^{ab}	^x 1.250 ^a	^x 1.250 ^a
	24	^y 6.083 ^d	^y 5.750 ^d	^y 4.417 ^c	^y 3.500 ^b	^y 2.167 ^a
	48	^z 6.833 ^c	^z 6.500 ^c	^z 5.583 ^b	^z 3.417 ^a	^z 3.250 ^a
	72	^w 6.917 ^d	^w 6.833 ^d	^w 6.250 ^c	^w 5.000 ^b	^w 4.333 ^a
After swallowing	0	^x 1.917 ^a	^x 1.750 ^a	^x 1.750 ^a	^x 1.667 ^a	^x 1.667 ^a
	24	^y 6.083 ^c	^y 5.750 ^c	^y 4.250 ^b	^y 3.833 ^b	^y 2.417 ^a
	48	^z 6.667 ^c	^z 6.667 ^c	^z 5.750 ^b	^z 4.500 ^a	^z 3.833 ^a
	72	^w 7.000 ^b	^w 7.000 ^b	^w 6.917 ^{ab}	^w 6.667 ^{ab}	^w 6.583 ^a
Overall acceptability	0	^x 2.250 ^b	^x 1.750 ^{ab}	^x 1.667 ^{ab}	^x 1.833 ^{ab}	^x 1.500 ^a
	24	^y 6.617 ^c	^y 6.000 ^c	^y 4.583 ^b	^y 3.667 ^{ab}	^y 2.333 ^a
	48	^z 6.583 ^c	^z 6.500 ^c	^z 5.417 ^b	^z 3.667 ^a	^z 3.500 ^a
	72	^w 6.833 ^b	^w 6.833 ^b	^w 6.417 ^b	^w 5.917 ^a	^w 5.833 ^a
Color	0	^x 2.750 ^{ab}	^x 3.167 ^{ab}	^x 3.000 ^{ab}	^x 2.583 ^a	^x 3.417 ^b
	24	^y 3.583 ^b	^y 3.250 ^{ab}	^y 2.917 ^a	^y 2.833 ^a	^y 3.417 ^{ab}
	48	^z 4.000 ^b	^z 4.250 ^b	^z 3.750 ^a	^z 3.750 ^a	^z 3.920 ^a
	72	^w 5.417 ^{ab}	^w 5.500 ^b	^w 5.583 ^b	^w 4.750 ^a	^w 5.083 ^b
Flavor	0	^x 3.250 ^a	^x 3.333 ^a	^x 3.417 ^a	^x 3.417 ^a	^x 3.250 ^a
	24	^y 3.833 ^b	^y 3.667 ^b	^y 3.500 ^a	^y 3.333 ^a	^y 3.167 ^a
	48	^z 4.833 ^b	^z 4.667 ^b	^z 4.500 ^b	^z 3.917 ^a	^z 4.250 ^b
	72	^w 6.083 ^a	^w 6.000 ^a	^w 6.167 ^a	^w 6.167 ^a	^w 6.167 ^a

Numericals having same shoulder letter are not significantly different at $p < 0.05$

*a, b, c and mean Duncan's multiple range test for the amount of maltitol added

*x, y, z and w mean Duncan's multiple range test for storage time

작용에 의해 노화를 억제하는 것으로 생각된다.

Maltitol의 첨가에 따른 저장 중의 가래떡의 관능 변화

말티톨의 첨가량을 달리한 가래떡의 관능검사 결과는 Table 5에 나타나 있다. 실온에서 저장한 가래떡의 견고성(hardness)은 말티톨의 첨가와 관계없이 경시적으로 증가하였는데 대조구와 비교할 때 말티톨을 첨가한 경우가 훨씬 적은 값을 나타내었다. 즉 말티톨 첨가의 경우는 대조구와 비교할 때 유의적인 차이를 나타내었다. 결론적으로 말티톨을 많이 첨가할수록 조직은 유연하였으며 노화도 억제되는 것으로 나타났다. 저장기간이 경과함에 따라 견고성은 증가하지만 말티톨을 첨가하면 다소 가래떡의

유연성은 유지되는 것으로 생각된다. 냉장저장(Table 6)의 경우에도 저장초기에 견고성이 높게 나타났으나 말티톨을 첨가하면 점차 그 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 보습성(moistness)은 실온에서 저장한 가래떡일 경우 저장초기에는 매우 높은 값을 나타내었으나 저장기간이 증가함에 따라 서서히 감소하였다. 그리고 말티톨 첨가량을 증가시킴에 따라 보습성도 점차 감소되었다. 냉장저장한 가래떡일 경우에는 가래떡의 제조직후에는 크게 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 저장 1일째부터 10% 첨가군과 0, 1, 2, 5% 첨가군에서 유의성을 나타내었다.

응집성(cohesiveness)은 제조직후부터 5% 첨가한 가래떡과 10% 첨가한 가래떡에서 유의성을 나타내

Table 6. Sensory characteristics of the *Karedduk* formulated with different concentrations of maltitol at 4°C for 4 days

Sensory parameter	Storage time (hour)	Maltitol addition (%)				
		0	1	2	5	10
Hardness	0	^x 4.658 ^c	^x 4.000 ^b	^x 4.843 ^c	^x 3.417 ^a	^x 3.250 ^a
	24	^y 7.000 ^d	^y 6.258 ^b	^y 6.504 ^b	^y 6.242 ^b	^y 5.583 ^a
	48	^y 7.000 ^b	^z 7.000 ^b	^z 7.000 ^b	^y 6.215 ^a	^y 6.350 ^a
	72	^y 7.000 ^d	^z 7.000 ^d	^z 7.000 ^c	^y 6.010 ^a	^y 6.500 ^b
Moistness	0	^x 3.184 ^a	^x 3.585 ^a	^x 3.500 ^a	^x 3.681 ^a	^x 3.382 ^a
	24	^y 6.545 ^c	^z 6.440 ^c	^y 5.525 ^b	^y 5.480 ^b	^y 4.434 ^a
	48	^y 6.688 ^c	^y 6.357 ^c	^y 5.970 ^b	^y 5.768 ^b	^y 5.564 ^a
	72	^z 6.945 ^b	^y 6.253 ^b	^z 6.612 ^b	^z 6.833 ^b	^z 5.979 ^a
Cohesiveness	0	^x 4.833 ^c	^x 4.795 ^c	^x 3.384 ^{ab}	^x 3.642 ^b	^x 2.543 ^a
	24	^y 6.257 ^c	^y 6.750 ^c	^y 4.417 ^b	^y 3.905 ^b	^y 3.157 ^a
	48	^z 7.000 ^c	^z 7.000 ^c	^z 5.583 ^b	^y 4.970 ^a	^y 4.852 ^a
	72	^z 7.000 ^c	^z 7.000 ^c	^z 6.250 ^b	^z 5.000 ^b	^y 4.849 ^a
After swallowing	0	^x 3.645 ^b	^x 3.548 ^{ab}	^x 3.050 ^a	^x 3.667 ^b	^x 3.104 ^a
	24	^y 7.000 ^c	^y 7.000 ^c	^y 6.345 ^b	^y 6.281 ^b	^y 4.921 ^a
	48	^y 7.000 ^c	^y 7.000 ^c	^y 6.548 ^b	^y 6.500 ^b	^y 5.562 ^a
	72	^y 7.000 ^b	^y 7.000 ^b	^z 7.000 ^b	^z 7.000 ^b	^z 6.583 ^a
Overall acceptability	0	^x 3.458 ^{ab}	^x 3.975 ^b	^x 3.942 ^b	^x 3.082 ^a	^x 2.782 ^a
	24	^y 5.254 ^{bc}	^y 5.684 ^c	^y 6.381 ^d	^y 4.258 ^b	^y 3.053 ^a
	48	^y 5.354 ^b	^y 6.257 ^c	^y 6.085 ^c	^y 5.250 ^b	^y 3.270 ^a
	72	^y 5.854 ^a	^y 6.980 ^b	^y 6.648 ^b	^y 5.879 ^a	^z 5.833 ^a
Color	0	^x 2.849 ^a	^x 3.354 ^a	^x 3.082 ^a	^x 2.504 ^a	^x 2.557 ^a
	24	^x 3.657 ^a	^x 3.085 ^a	^y 3.548 ^a	^x 2.810 ^a	^x 2.607 ^a
	48	^y 4.215 ^c	^y 4.843 ^c	^y 3.720 ^b	^x 3.041 ^a	^x 3.080 ^a
	72	^y 5.946 ^b	^y 5.324 ^b	^z 4.514 ^{ab}	^y 4.040 ^a	^y 4.005 ^a
Flavor	0	^x 3.673 ^b	^x 3.354 ^{ab}	^x 3.240 ^{ab}	^x 2.852 ^a	^x 2.250 ^a
	24	^x 4.364 ^c	^x 3.684 ^{bc}	^x 3.615 ^{ab}	^x 3.278 ^{ab}	^x 3.167 ^a
	48	^x 4.833 ^c	^y 4.248 ^{bc}	^y 4.555 ^{bc}	^x 3.377 ^{ab}	^x 3.250 ^a
	72	^y 5.256 ^{bc}	^z 6.672 ^c	^z 5.055 ^{bc}	^y 6.085 ^a	^y 4.952 ^a

Numericals having same shoulder letter are not significantly different at $p < 0.05$

*a, b, c and mean Duncan's multiple range test for the amount of maltitol added

*x, y, z and w mean Duncan's multiple range test for storage time

지 않았으나 0, 1% 첨가군에서는 유의적인 차이를 나타내어 말티톨의 첨가로 응집성이 점차 감소되었다. 냉장저장시에는 저장기간이 증가함에 따라 저장 1일, 2일까지는 유의성을 나타내었으나 저장 2일, 3일에는 유의성을 나타내지 않았다. 삼킨 후의 느낌(after swallowing)은 제조직후에는 첨가량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으나 24시간, 48시간 경과한 경우는 1%, 2% 첨가군에서 높은 값을 보였고 저장 72시간 후에는 0, 1% 첨가군과 2, 5, 10% 첨가군에서는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 0, 1% 첨가군과 10% 첨가군에서는 유의적인 차이가 나타났다. 전반적인 품질의 선호도(overall acceptability)는 5%, 10% 첨가군이 다소 높게 나타났고 말티톨 첨가량을 증가시킬수록 품질은 바람직

하게 나타났다. 또 냉장저장한 가래떡의 경우 첨가량을 증가시킬수록 전반적인 선호도는 증가하는 것으로 나타났다. 색깔(color)은 제조직 후와 1일 경과 후에도 유의적인 차이를 보이지 않았으나 저장기간이 길어질수록 유의적인 차이를 나타내었다. 특히 저장기간 2일째 2, 5, 10% 첨가한 가래떡은 0, 1%를 첨가한 가래떡과 그 차이가 뚜렷하게 나타났다. 냉장저장한 가래떡도 저장초기에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 저장기간 2일째부터 점차 5, 10% 첨가군은 0, 1, 2% 첨가한 가래떡에 비해 유의적인 차이가 뚜렷하게 나타났다. 향기(flavor)는 제조직 후에는 유의적인 차이가 없었으나 저장 1일째부터 2, 5, 10%첨가한 가래떡은 0, 1%첨가한 가래떡에 비해 유의적인 차이를 나타내었다. 그러나 저

장기간이 점차 경과하여 저장 4일째부터는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 냉장저장한 가래떡의 경우 저장초기에 말티톨을 첨가한 가래떡은 첨가하지 않은 가래떡에 비해 유의적인 차이를 나타내었으나 저장기간이 길어질수록 5, 10%한 가래떡은 0, 1, 2% 첨가한 가래떡에 비해 유의적인 차이를 나타내었다. 이상과 같이 말티톨은 가래떡의 관능성에 변화를 가져오며 이 변화는 떡의 노화를 억제하는 것으로 나타나 가래떡의 제조시 말티톨의 첨가를 긍정적으로 받아들일 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 말티톨이 구조적으로 전분의 노화에 영향을 미칠 것으로 예상하고 말티톨과 떡의 노화관계를 검토하였다. 취반조건은 물첨가량 25%, 수온 70°C, 팽윤시간 10시간, 증미시간 20분으로 하였다. 말티톨은 떡의 조직감을 변화시키는데 영향을 미치며 조직의 변화가 결국 노화를 억제하는 것으로 나타났다. 색도 변화의 경우에는 가래떡에 말티톨을 첨가하는 것이 첨가하지 않는 경우보다 색도의 변화가 적어 말티톨이 가래떡의 저장성과 관능적 품질 안정화에 다소 기여하는 것으로 판단되었다. 그 효과는 냉장보관시에 크게 나타나는 것으로 관찰되었다. DSC의 분석 결과로는 저온저장의 경우가 실온의 경우보다 enthalpy가 높게 나타나고 경시적으로 증가한 것으로 나타났다. 또 관능성 검사에서 말티톨은 가래떡의 관능성에 변화를 가져오며 이 변화는 떡의 노화를 억제하는 것으로 나타났다. 결론적으로 따라서 가래떡의 노화억제에 말티톨이 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

문 헌

- 김동훈. 1988. 식품화학(전정증보판), 탐구당. 서울, p. 401
- 김정옥. 1994. 저장온도와 수분함량이 쌀 전분겔의 노화에 미치는 영향. 전남대학교, 전남대학교 석사학위논문
- 김정옥, 최차란, 신말식, 김성근, 이상규, 김왕수. 1996. 쌀전분겔의 노화에 수분함량과 저장온도가 미치는 영향. 한국식품과학회지 **28**(3): 552
- 박미원, 김명희, 장명숙. 1992. 쌀의 수침시간에 따른 절편의 특성, *Kor. J. Soc. Food Sci.* **8**(3): 315-321
- 윤숙자. 2000. 수분첨가량에 따른 절편의 노화도에 관한 연구, *Kor. J. Soc. Food Sci.* **16**(5): 402-409
- 장재권. 1996. 밀전분의 유리전이 및 노화에 관한 연구, 연세대학교 대학원 박사학위논문
- Elliasson, A.C. 1985. Retrogradation of starch as measured by differential scanning calorimetry. *In New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates*
- Gudmundsson, M. 1994. Retrogradation of starch and the role of its components. *Thermochimica Acta.* **246**: 329
- Gudmundsson, M. and Eliasson, A.C. 1990. Retrogradation of amylopectin and effects of amylose and added surfactants/emulsifiers. *Carbohydr. Polym.* **13**: 295. Hill, R.D and Munck, L(ed.), Elsevier Science Pub., p. 93
- Hoover, R. 1995. Starch Retrogradation. *Food Reviews International* **11**(2): 331
- Jang, J.K., Lee, S.H., Cho, S.C. and Pyun, Y.R. 2001. Effect of sucrose on glass transition, gelatinization, and retrogradation of wheat starch, *Cereal Chem.* **78**(2): 186-192
- Kuip, K. and Ponte, Jr. J.G. 1981. Staling of wheat pan bread: Fundamental cause. *CRC Critical Reviews Food Sci. Nutri.* **15**: 1
- Legendijk, J. and Penning, S.H.J. 1970. Relation between complex formation of starch with monoglycerides and firmness of bread. *Cereal Sci. Today* **15**: 354
- Longton, J. and LeGrys, G.A. 1981. Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels. *Starch* **33**: 410
- Shin, M.S. 1991. Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation, *Kor. J. Soc. Food Sci.* **23**(1): 116-121