

친수성콜로이드류의 떡 응고방지에 관한 연구

송재철[†] · 박현정*

울산대학교 생활과학부

*다손푸드팜

Functions of Various Hydrocolloids as Anticaking Agents in Korean Rice Cakes

Jae-Chul Song[†] and Hyun-Jeong Park*

College of Human Ecology, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

*Dason Foodpharm Corp., Ulsan 681-200, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate the influences of hydrocolloids on suppression of retrogradation in the Korean rice cake. Hydrocolloids were influenced to the textural characteristics of the Korean rice cake. In particular arabic gum and carrageenan had the effect of suppressing the retrogradation. Cohesiveness of the Korean rice cake added with hydrocolloids was shown to be high compared to control in organoleptic characteristics. Hydrocolloids exhibited slightly effective in retarding surface color change of the Korean rice cake. Onset temperature of gelatinization in thermal characteristics showed somewhat low in case of addition of arabic gum into the Korean rice cake and was followed by carrageenan, guar gum, gelatin and locust bean gum in onset temperature of gelatinization order. All samples added with hydrocolloids had low values in change of melting enthalpy and their range was 12.8~17.7 J/g. The Korean rice cake added with arabic gum was lowest in melting enthalpy. The recrystallinity of the Korean rice cake added with arabic gum was greatly low compared to rice cake without hydrocolloids. Melting spreadability of the Korean rice cake added with arabic gum or carrageenan was superior in thermal characteristics. The value of exponent of Avrami was 0.97~1.12 in study of Avrami equation. In conclusion carrageenan and arabic gum would have a suppressive effect of retrogradation in the Korean rice cake.

Key words: hydrocolloids, retrogradation, suppression, arabic gum-carrageenan, Korean rice cakes

서 론

현대인의 식생활이 간편화, 서구화됨에 따라서 급속히 쌀의 소비가 둔화되고 있다. 특히 주식으로서의 쌀의 의존도는 높으나 다양한 쌀가공품이 개발되지 못하고 또한 상품화가 잘 되지 않아 쌀 소비가 저하되고 쌀의 소비에 대한 인식 또한 낮아지는 경향을 보이고 있다. 따라서 쌀의 소비를 촉진하기 위해서는 쌀을 이용한 가공식품의 개발이 활발히 이루어져야 하는데 이에 따른 문제점도 간과할 수 없는 것이 현실이다. 우선 쌀 가공품 중 떡류는 청동기 시대 또는 초기 철기 시대에 등장하였으며 상고시대부터 명절음식 등으로 쓰여졌는데 오늘날 그 종류와 유형은 매우 다양한 편이다(1). 그러나 공통적 사항은 이들의 저장이나 유통과정에서 전분의 재결정화 또는 응고화, 즉 노화가 일어나 제품의 관능성과 상품성을 저하시키고 제품의 식미적 기호도를 급격히 떨어뜨리게 하는 등 많은 문제점을 노출시키고 있다. 그러나 일부

쌀가공식품에 대해서는 오히려 그 수요가 증가하고 있는데 그 품목이 바로 가래떡의 일종인 떡볶기떡이다.

떡볶기떡은 전통적으로 매운 양념을 기본으로 조리되어 젊은이들의 식미를 부추기고 있는데 그것의 주요한 이유는 특이한 매운 맛의 양념자체에도 있지만 떡자체의 유연성과 부드러움이 젊은이들의 기호에 부합되는 조직감이기 때문이다. 실제 떡볶기 떡은 가공 후 5시간이 경과하면 차츰 응고, 굳어지기 시작하여 24시간이 지나면 떡은 상미적(嘗味的)으로 그대로 먹을 수 없을 정도로 굳어져 버리기 때문에 떡을 먹기 위해서는 떡을 반드시 재가열하여야 한다. 이것이 떡이 가지고 있는 불편한 점이다(1).

떡 조직의 경시적 응고화는 떡을 가공제조하는 중소 식품 가공업체에도 많은 애로사항으로 지적되고 있는데 그것은 떡을 매일 만들어 그날 그날 시장에 공급 유통해야 하는, 소위 저장성이 "하루"라는 점이다. 실제 이러한 유통상 문제점은 떡볶기떡 자체의 상품적 경쟁력에서 큰 문제로 대두되고 있다.

[†]Corresponding author. E-mail: jcsong2002@yahoo.co.kr
Phone: 82-52-259-2370, Fax: 82-52-259-2370

떡볶기떡의 응고화는 학술적으로 떡의 노화현상이라 부른다(2,3). 실제 떡볶기떡의 노화진행은 상품 가치에 결정적 문제를 일으키며 풍미를 저하시키고 보수성을 떨어뜨려 식미감을 낮추는데 크게 영향을 미친다. 이러한 노화는 온도에 매우 민감하여 저온 냉장고에 보관할 경우에는 더욱 심각하게 진행된다. 그렇다고 실온에 방치하게 되면 미생물의 오염으로 더 큰 위험한 문제에 직면하게 된다. 최근의 연구자들은 식품 노화를 억제하여 제품을 촉촉하고 부드럽게 만들며 보존성을 증가시키고 제품의 보습성을 높이려는데 노력을 경주하고 있다. 이러한 노력은 Baker 등(4)이 이미 glucose, sucrose, fructose 등과 같은 당류를 첨가하여 문제를 해결하려고 노력한 바 있으며 Wang과 Jane(5)은 glucose, fructose, maltose, sucrose, maltodextrin 등의 첨가 효과를 검토하였다. 또 전분노화를 지연시키는 부재료로 당알콜류(6), 유지류(7), 식이섬유(8), 유화제(9,10), 올리고당(11), 효소류(12), 지방질(13), 명반(14), 셀룰로오스(15) 등을 이용하기도 하였다. 이와 같은 연구 결과들은 떡볶기떡의 실질적 응고방지에 부족함이 많고 떡볶기떡의 제조방식을 변경하는데 전혀 도움이 되지 않았다. 떡의 단점을 해소하기 위한 특허도 여러 가지 소개되었는데 우선 효소를 이용하는 방법으로 내열성 β -amylase(16)를 사용하거나 그 외 α -amylase, β -amylase, pullulanase(17,18) 등을 사용하기도 하였다. 탄수화물류로는 dextrin, powder syrup, glucose, sucrose(18) 등을 비롯하여 starch acetate, hydroxypropyl starch(17) 등 전분유도체인 변형전분(modified starch)을 첨가하거나 carrageenan, agar 등의 첨가방법(16), vegetable hydrolysis protein(18)을 첨가하는 방법 등 다양한 방법들이 제시되었다. 또한 전분의 노화를 억제하기 위해 전분의 일부를 찰보리 대맥가루로 대체하고 다당류를 첨가하는 방법(19), octenyl starch sodium succinate과 maltose, maltotetraose, isomalto oligosaccharide 등을 단독 또는 혼합 이용한 방법(20), polyphosphate 용액을 첨가하는 방법(21) 등이 소개되었지만 실제 떡의 응고화가 해결된 것은 아닌 실정이다.

이와 같이 아직도 떡의 노화를 억제하는 결정적인 결과를 얻지 못하는 현실에서 본 연구는 기능이 다양하고 음이온 또는 중성 복합다당류이면서 떡류와 결합양식이 다양할 것으로 예상되는 친수성콜로이드를 선택, 떡의 노화방지에 적용하려고 하였다. 친수성콜로이드는 대부분이 분산성, 용해성, 점성, 유화성, 겔화성 영향을 미치는 구조를 하고 있기 때문에 전분과 수분(22), 단백질과의 상호결합에 큰 영향을 미칠 것으로 예상하지만 실제 친수성콜로이드에 관한 떡의 노화 억제효과는 그렇게 많이 연구되지 못한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 식품에의 이용성이 증가될 것으로 기대되는 친수성 콜로이드가 떡의 저장 중 일어나는 조직과 표면의 변화, 관능적 변화, 열특성의 변화에 어떤 영향을 미치는지를 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 시중에서 사용되고 있는 멥쌀 중 아끼바레 계인 한림 농협쌀을 사용하였다. 본 실험에 사용한 친수성콜로이드(hydrocolloid)는 식품첨가물로 그 기능이 우수하고 제품의 점성을 증가시키고 노화속도를 늦추며 물성과 조직에 영향을 미치는 것으로 알려진 것을 실험 대상으로 하였는데 종류로는 arabic gum(AG), locust bean gum(LBG), guar gum(GG), gelatin(GL), carrageenan(CR) 등이었다(이후에는 경우에 따라 약자도 사용함). 이들은 모두 식용으로 현재 식품공업에서 사용되는 것들이다. 친수성콜로이드 중에서 arabic gum과 guar gum은 냉수에도 용해되지만 본 실험에서는 모두 온수를 사용하여 용해한 후 첨가하였으며 첨가량은 이미 검증된 결과를 근거로 떡의 물성, 조직 등을 고려하여 미곡류에 대해서 중량비로 하였다.

떡의 제조

실험에 사용한 떡은 소비가 많이 되고 현재 유통상 노화로 인한 문제가 제기되는 떡볶기떡을 선택하였다(이하 떡이라 칭함). 떡은 쌀 500 g(수화전 쌀가루의 수분함량 13.9%, 단백질 6.8%, 총 amylose 17.8%)을 상온의 물에 실험에 의도한 시간동안 침지한 후 건져 낸 다음 이를 방앗간 roll grinder(SE 1100, 1,420 rpm, 1.5 HP, 동아전기)를 이용하여 분쇄, 쌀가루로 만들었다. 쌀가루 중량비 25%의 온수(70°C, 쌀가루 중량비로 25%)와 각종 hydrocolloid류를 일정한 양(0.125%) 첨가하여 반죽하고 autoclave를 이용한 수증기로 30분간 증자하여 호화시켰다. 이를 압출성형기(Multifunctional extruder, 동아산업, 한국)를 이용하여 떡 샘플(지름 1.5 cm × 길이 10 cm)을 제조하고 실온에서 약 30분 가량 냉각시킨 후 폴리에틸렌 랩(polyethylene wrap)으로 포장한 후 실온(20°C)에 저장하면서 원하는 실험 시료로 사용하였다.

물성조직 측정

객관적 물성조직 측정은 실온에 저장 중인 시료를 취하여 실시하였으며 객관성을 기하기 위하여 기기를 이용하였다. 본 실험에서는 떡의 굳기 정도를 측정하기 위해 Texture Analyser(Stable Micro Systems Co. Ltd., TA-XT2, England)를 이용하였다. 모든 측정은 post-test speed: 10.0 mm/s, pre-test speed: 10.0 mm/s, test speed: 5.0 mm/s, force units: grams, strain: 50%, distance format: strain, time: 0.01 s, trigger force: 5 g 조건에서 행하였으며 2회 반복압착 시험을 택하여 그 평균치를 채택하였다. 시료를 $\phi 1.5 \times 1$ cm로 절단하여 직경이 5 cm인 원통형 plunger를 이용하여 force-time curve를 얻고 이 curve에 의해 통상적인 방법으로 견고성(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 겹성(견고성 × 응집성, gumminess), 부서짐성(견고성 × 탄력성 × 응집성, fracturability) 등을 구하였다. 실험결과는 경시

적인 조직 변화를 쉽게 이해하기 위하여 조직변화율로 표시하였는데 조직변화율은 2일간의 조직 분석치의 차이를 처음 조직 분석치로 나눈 값을 백분율 %로 나타내어 도해하였다.

관능검사

본 연구에서는 주관적 물성과 조직을 보다 정확하게 검토하기 위하여 Spearman의 순위상관계수가 0.85이상인 관능 검사요원을 선발, 측정을 일관되게 하도록 하였다. 평가내용은 떡의 상품성을 고려하여 색깔(color), 맛(taste), 표면끈기(cohesiveness), 경도(hardness), 점탄성(viscoelasticity), 그리고 전반적인 기호성(overall acceptability) 등을 7점 채점법(7점: 매우 양호, 1점: 매우 나쁨)으로 하여 3회 평균값을 측정하여 떡의 관능특성을 서술적으로 묘사한 정량적 특성 묘사시험법(quantitative description analysis, QDA)을 이용하여 도해하였다(23).

색도분석

색도는 떡을 저장할 때 탈수로 인한 조직의 비틀림과 함께 표면색깔이 변하여 상품으로 문제가 되고 있음을 인지하고자 실제 유통제품의 상품성 개선을 위해 색도를 분석하였다(24). 첨가량과 각종 조건을 달리한 떡을 저장하면서 경시적으로 변하는 색도를 분석하였다. 색도는 색차계(Color Reader, CR-10, Minolta Co. Ltd., Japan)를 이용하여 시료의 색도를 L*[어둠(0)-밝음(100)], a*[적색(60)-녹색(-60)], b*[황색(60)-청색(-60)] 값으로 나타내었고 3회이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 색깔의 변화를 알기 쉽게 이해하기 위하여 색깔변화율을 결정하였는데 이것은 2일간의 색깔변화율 처음 값으로 나눈 것을 백분율로 나타내었다. 모든 실험은 떡 제조후 2일을 기준으로 하였는데 그 이유는 2일이 지난 떡은 실제 상품으로서 가치가 전혀 없기 때문이었다.

열물성 측정

떡의 열특성은 시차주사열량기(DSC, differential scanning calorimeter, TA Instruments, Inc. Dupont DSC 2910 module)와 전자레인지(microwave oven, MR-M253, LG전자)를 이용하여 검토하였다. 시차주사열량기를 이용한 떡의 열특성은 전분과 같은 중합체의 용융이나 결정성의 변화같은 물리적 상태의 변화와 분자수준의 반응에서 생기는 열의 수지 흡·발열반응의 enthalpy를 정량적으로 측정하여 전분의 호화와 노화과정 정도를 열역학적으로 해석하였다. 시료는 10 mg으로 절단하여 알루미늄시료 팬에 넣고 2시간동안 방치하여 시료를 균일하게 한 후 10°C/min의 가열속도로 20°C에서 180°C(25-27)까지 가열하여 열반응곡선을 얻은 후 호화개시온도, 최고호화온도와 용융엔탈피를 결정하였다(28, 29). 재결정도(recrystallinity %)는 초기용융엔탈피에 대하여 1일간 재결정한 것의 용융엔탈피를 고려하여 결정하였다 (ΔH for retrograded one/ ΔH for native one)×100. 전자레인지에 이용한 떡의 용융정도는 떡이 녹을 때 나타나는 용융 상태를 관찰하여 떡 내부의 결합정도, 성분간의 결합상태 등

을 유추하기 위하여 실시하였다. Petri dish에 직경 1 cm×높이 0.5 cm되는 원통형의 떡을 넣고 2,450 MHz의 전자파를 1분간 처리했을 때 나타나는 용융상태를 Martin직경으로 측정하여 결정하였다(30). 노화속도는 Avrami식(31,32)에 의해서 분석하고 이로부터 노화속도를 산출하였다. Avrami식은 다음과 같다.

$$\theta = \exp(-kt^n) \tag{1}$$

θ : t시간후 남아있는 비결정부분, k(day⁻ⁿ): 속도상수, n: Avrami지수, t: 저장기간(day)

$$\theta = (E_L - E_t) / (E_L - L_0) = \exp(-kt^n) \tag{2}$$

(단, L₀: 초기상태의 노화도, E_t: t시간후의 노화도, E_L: 최대노화도, 본 연구에서는 상온에서 10일간 저장한 시료로부터 구함)

상기 식에서 자연로그와 상용로그를 취하여 정리하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t) / (E_L - L_0) = -kt^n$$

$$\log(-\ln(E_L - E_t) / (E_L - L_0)) = \log k + n \log t \tag{3}$$

상기 식에서 식의 절편으로부터 속도상수 k를, 결정화 양상을 나타내는 Avrami지수 n를 식의 기울기로부터 각각 구하여 떡의 노화특성을 규명하였다.

결과 및 고찰

친수성콜로이드의 떡 조직 영향

친수성콜로이드는 중합 교질물질로 식품에 농후제, 겔화제, 현탁제, 유화제, 안정제, 피막제 등의 용도로 사용되고 있다. 이 물질은 수분과의 반응성 때문에 수화성과 보수성이 강하여 많은 식품에 물성개량 첨가제로 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서 친수성콜로이드가 떡의 응고억제에 어떤 영향을 미치는지를 검토하기 위하여 떡제조 후 2일까지 그 응고억제 정도를 검토하였다. 떡의 응고현상은 단순한 조직의 변화가 아니고 물성적 변화와 표면의 광택, 설탕, 수축정도 등과 관련된 복합적인 것이므로 조직변화, 관능적 변화, 표면의 변화, 용융특성 등을 다양하게 검토하여야 한다. 따라서 우선 조직감의 변화를 경시적으로 관찰하였다.

응고현상은 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess), 부서짐성(brittleness) 등과 관련이 있는 식품의 복합적 변화를 의미한다. 경도의 경우에는(Fig. 1) 친수성콜로이드를 떡에 첨가한 경우 대조구와 비교했을 때 견고성의 변화가 일어났는데 친수성콜로이드의 종류에 따라 큰 차이를 나타내었다. 큰 효과가 나타난 것은 arabic gum으로 경시적으로 경도의 변화가 적은 상태로 처음의 조직을 그대로 유지하고 있었다. 그 다음은 carrageenan, guar gum 순으로 효과가 조금 나타났으며 gelatin과 locust bean gum은 별로 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 경도는 변형에 대한 저항으로 표시되는데 보통 강인성,

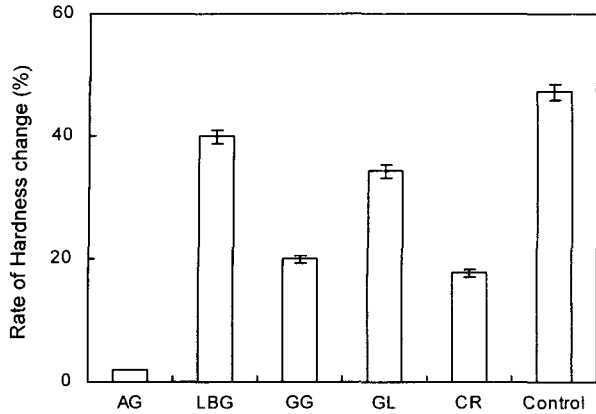


Fig. 1. Change of hardness of a Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR). Values are mean \pm SD (n=2).

강직성 등도 함께 나타내는 지표로 떡의 품질 평가에 가장 중요한 요소이며 주로 수분의 함량과 관련이 있다. Arabic gum이 떡의 유연성에 도움이 되는 것은 구조 중 음이온의 물에 대한 높은 용해성이 떡에 대한 수분친화성을 높여주기 때문으로 생각된다(24).

응집성은 떡 내부의 결합력을 측정하는 지표로 떡의 씹을 때의 치아에 전해지는 치질감과 관련이 있다. 응집성은 guar gum을 제외하고는 대부분 대조구에 비해서 덜 감소하였다 (Fig. 2). 즉 친수성콜로이드를 첨가한 떡은 내부의 결합력이 원래 상태를 유지하였는데 그 중 arabic gum과 carrageenan이 좋은 효과를 나타내었다. 그러나 guar gum의 경우에는 응집성이 오히려 경시적으로 크게 증가하여 조직이 거칠고 녹진녹진한 상태를 나타내었다. 탄력성의 경우에는 시간이 지나면서 대조구는 매우 저하되었으나 친수성콜로이드를 첨가한 것은 크게 떨어지지 않은 것으로 나타났다(Fig. 3) 그 중 arabic gum, guar gum, carrageenan 등은 탄력성이 가장 적게 저하되어 말랑말랑한 조직감을 얻는데 도움이 되는 것으로 생각되었다. 점성(Fig. 4)과 씹힘성(Fig. 5)은 비슷한 경

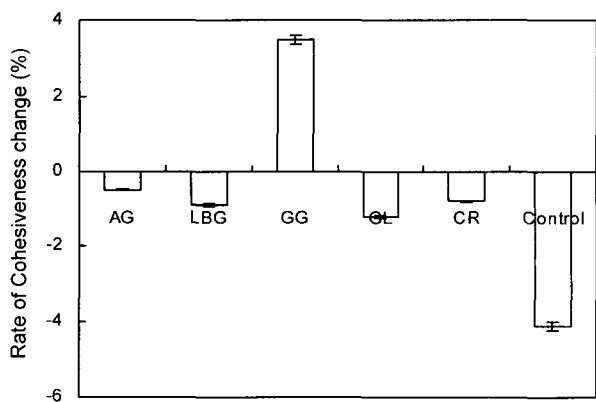


Fig. 2. Change of cohesiveness of a Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after 2 days of storage. Group: see the legend of Fig. 1.

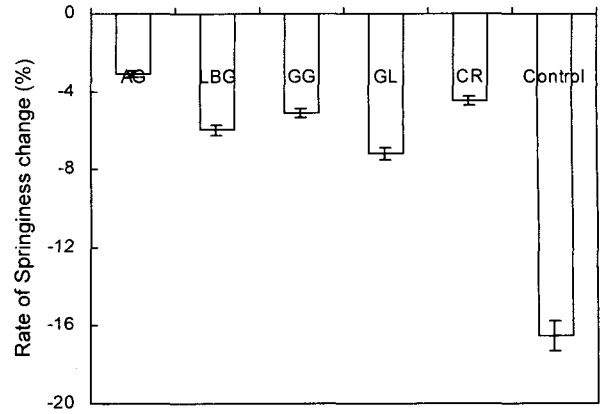


Fig. 3. Change of springiness of a Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after 2 days of storage. Group: see the legend of Fig. 1.

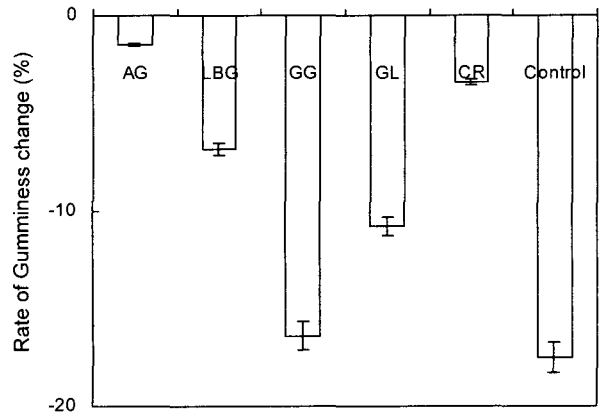


Fig. 4. Change of gumminess of a Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after 2 days of storage. Group: see the legend of Fig. 1.

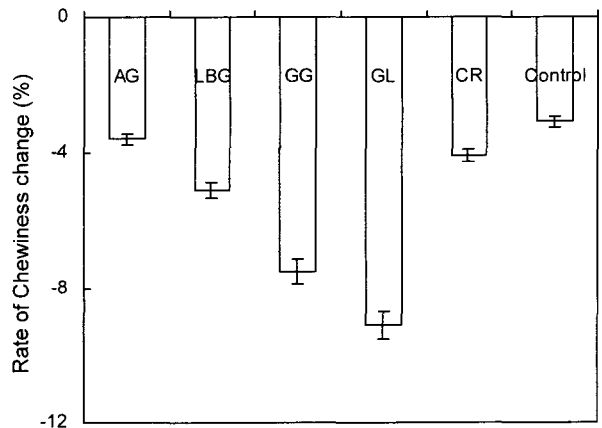


Fig. 5. Change of chewiness of a Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after 2 days of storage. Group: see the legend of Fig. 1.

향을 보였는데 모두 arabic gum과 carrageenan이 경시적으로 적게 저하되었으며 특히 gelatin과 guar gum은 크게 점성과 씹힘성이 변하는 것으로 나타났다. 점성과 씹힘성이 많이

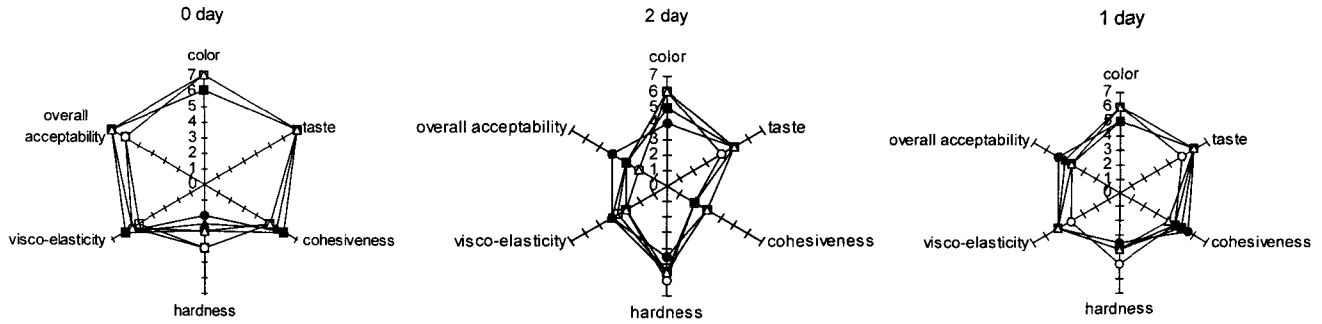


Fig. 6. QDA scores of sensory characteristics of a Korea rice cake with addition of various hydrocolloids at room temperature after two days of storage.

●: AG, ○: LBG, ■: GG, □: GL, ▲: CR, △: Control.

저하되면 질기며 쫄깃쫄깃하지 않게 되어 전체적인 조직이 거칠어진다. 그러나 arabic gum과 carrageenan을 첨가한 것은 잘 씹히고 점성도 원래 제조직후의 떡과 비슷하게 유지한 것으로 나타났다. 결론적으로 친수성콜로이드를 첨가한 떡의 조직은 대조구에 비해서 다소 영향을 미쳤으나 그 중 arabic gum과 carrageenan이 떡의 응고억제에 큰 효과가 있는 것으로 나타났다.

친수성콜로이드의 떡 관능성 영향

떡의 품질측정에는 객관적 측정과 함께 반드시 주관적 검토를 하게 된다. 본 연구에서는 Spearman의 순위상관계수가 0.85이상인 관능검사요인으로 하여금 떡의 색깔(color), 맛(taste), 표면끈기(cohesiveness), 경도(hardness), 점탄성(viscoelasticity), 그리고 전반적인 기호성(overall acceptability) 등을 7점 채점법(7점: 매우 양호, 1점: 매우 나쁨)으로 하여 그 결과를 정량적 특성묘사시험법(quantitative description analysis, QDA)을 이용하여 도해하였다. 그 결과(Fig. 6) 응집성은 친수성콜로이드를 첨가한 것이 대조구보다 높게 나타났으며 경도는 arabic gum이 가장 적게 나타났다. 그러나 locust bean gum을 첨가한 떡은 오히려 대조구보다 약간 높은 값을 나타내었다. 점탄성의 경우는 제조당일에는 큰 차이가 없었으나 경시적으로 arabic gum과 carrageenan이 가장 높게 나타났다. 따라서 관능검사의 결과도 arabic gum이 가장 좋은 것으로 나타났다. 이와 같이 arabic gum의 첨가로 떡의 조직이 좋게 나타나는 것은 구조상 가지가 많은 음이온계 복합다당류의 친수그룹들이 물과 결합력을 높여주고 또

pH 6~7에서 최대 점도를 나타내는 구조적 특징 때문인 것으로 생각된다(24). Lim과 Hwang(33)은 친수성콜로이드 중 sodium alginate, carrageenan, CMC, guar gum, locust bean gum, xanthan gum 등이 국수의 물성과 조직에 영향을 미친다고 발표하였고 Choi와 Kim(34)도 백설기의 제조시 친수성콜로이드가 수분결합력에 영향을 미친다고 보고하였다. 또 Mettler와 Seibel(35)도 빵에 혼합 친수성콜로이드(monodiglyceride, guar gum, CMC)를 사용하면 빵의 저장성이 좋아지고 부피와 다공성 구조를 개선하는데 도움이 된다고 하였다. 떡의 관능성에 관한 Park 등(36)의 연구에 의하면 maltitol을 첨가하지 않은 가래떡의 경우 저장 1일째부터 선호도가 좋지 않게 나타났으나 maltitol을 첨가한 것은 품질이 좋아지는 것으로 발표하였다. 따라서 본 연구에서도 떡의 관능성은 친수성콜로이드의 다양한 기능을 결정하는 분자구조적 특성과 관련이 있으며 특히 친수그룹의 크기, 수, 반응형식 등은 떡의 관능적 특징 변화에 영향을 미치는 것으로 생각되었다.

친수성콜로이드의 떡 표면 변화

떡의 품질변화는 우선 떡의 표면에서 나타난다. 즉 표면의 색깔변화, 광택저하, 표면수축과 경화현상 등이 일어나는데 이 변화들은 수분의 손실을 동반한 성분간의 결합력의 변화와 물리적 이동 때문에 일어나며 일부는 표면의 성분과 산소와의 반응으로 야기된다. 색깔의 변화는 떡의 품질변화를 쉽게 알 수 있는 지표인데 L값의 경우에는 떡제조 당일과 2일 후를 서로 비교한 결과(Table 1) 대조구는 1.1% 증가했으나 arabic gum은 5.2%, gelatin 4.2%, locust bean gum 3.6% 증

Table 1. The Hunter's color values of a Korean rice cake with addition of various hydrocolloids at room temperature after two days of storage

Hydrocolloids storage time (day)	Color values								
	L			a			b		
	0	2	Rate of change (%)	0	2	Rate of change (%)	0	2	Rate of change (%)
Arabic gum	73.17	77.00	5.2	11.96	2.05	-82.9	4.13	8.57	107.6
Locust bean gum	73.17	75.84	3.6	11.96	0.63	-94.7	4.13	8.46	104.8
Guar gum	73.17	76.20	4.1	11.96	1.67	-86.0	4.13	8.20	98.5
Gelatin	73.17	76.26	4.2	11.96	0.70	-94.1	4.13	8.70	110.7
Carrageenan	73.17	74.80	2.2	11.96	1.52	-87.2	4.13	8.33	101.6
Sample without any hydrocolloids	73.17	73.97	1.1	11.96	1.42	-88.1	4.13	6.79	64.4

가하였다.

즉 친수성폴리이드를 첨가했을 경우 떡 표면의 명도가 약간 높아진 것은 친수성폴리이드의 흡수능력과 수분의 표면 코팅으로 인해 표면 수분의 이동이 적어져 결과적으로 떡 표면의 변화가 적게 일어났는 것 같다. a값의 경우는 대조구(88.1% 변화)와 함께 대부분이 많이 변화하였는데 주로 CIE표색계 색도를 볼 때 중심방향으로 변화하였다(arabic gum은 82.9%, locust bean gum 94.7%, guar gum 86.0%, gelatin 94.1%, carrageenan 87.2% 변화). 그러나 b값의 경우는 친수성폴리이드를 첨가한 떡은 대조구와 비교했을 때 많이 변화하였다. 즉 CIE표색계 색도 +b방향으로 밝은 미 황색 범위로 변화하였는데 이것은 명도와 함께 친수성폴리이드를 첨가할 경우 전체적인 색상이 밝고 옅은 황색 방향으로 변화하여 경시적인 색의 변화를 크게 일어나지 않도록 하는데 기여한 것으로 생각된다. 이러한 친수성폴리이드의 기능은 수분 이탈 방지와 내부 성분간의 상호 친화력을 강화하는데 기여하기 때문에 생긴 것으로 해석된다.

친수성폴리이드의 떡 열특성 변화

떡의 응고에 관한 이론적 근거는 전분의 노화이다. 떡의 노화를 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으나 쉽고 확실하게 규명하는 가장 좋은 방법은 시차주사열량 해석법이다. 시차주사열량은 떡이 용융이나 결정성의 변화 등 물리적인 상태가 변했을 때 화학반응으로 생기는 열의 흡수나 방출을 측정하여 전분의 변화를 통해 떡의 응고정도를 검토하였다. 따라서 친수성폴리이드를 첨가한 떡의 노화 영향을 조사하기 위하여 DSC의 결과를 검토한 결과 호화개시온도(T_o : onset temperature)에 관한 것은 Fig. 7과 같았다. 호화개시온도는 전분의 구성과 구조, 흡습과 팽윤정도, 전분의 수소결합 정도 등에 따라 달라지는데 노화와 관련된 아밀로오스 복합체의 용융 또는 파괴 등을 예측하는데 도움이 된다. 호화개시온도는 arabic gum이 다소 낮은 것으로 나타났고 그 다음이 car-

rageenan, guar gum, gelatin, locust bean gum 순으로 나타났다. 이들은 모두 대조구에 비해서 낮은 값이다. 호화개시온도가 낮은 것은 친수성폴리이드의 친수성 그룹들이 떡의 성분과 느슨하게 결합되어 있으며 조직 자체가 매우 유연한 구조를 하고 있음을 알 수 있다. 다시 말하면 결합에 참여하지 못한 떡의 자유수의 함량이 많다는 것을 의미한다. 따라서 arabic gum의 다양한 구성 당류가 떡의 성분과 느슨하게 결합하여 조직이 유연한 경향을 띄고 있음을 알 수 있다. Park 등(36)의 연구에서도 maltitol과 trehalose를 첨가한 경우에도 비슷한 결과를 나타내었다. 특히 경시적으로 수분의 이동과 손실로 호화개시온도는 증가한 것으로 발표하였다.

최대호화온도(T_p : peak temperature)의 경우에는 호화개시온도의 결과와 비슷한 경향을 나타내었는데(Fig. 8) carrageenan이 가장 낮은 값을 나타내고 그 외 다른 것은 guar gum을 제외하고는 비슷하게 나타났다. 이러한 것은 친수성폴리이드를 첨가한 떡의 전분분자가 대조구보다 약한 분자 구조를 하고 있거나 또 전분분자끼리의 결합을 친수성폴리이드의 분자들이 서로 방해하는 것으로 생각할 수 있다.

또 떡 전분의 용융엔탈피(ΔH)의 변화를 보면(Fig. 9) 대조구에 비해서 모두 낮은 값을 가지고 있으며 그 범위는 12.8 ~ 13.7(J/g)이다. Arabic gum이 가장 적은 값을 나타내고 있는데 이것은 친수성폴리이드가 전분과 경쟁적으로 수분과 결합하므로 전분분자 상호간의 결합기회가 적어지고 따라서 미셀(micell)형성이 잘 되지 않기 때문이다. 또 arabic gum이 전분의 amylose가 형성하는 복합체 형성을 방해하고 있다(37). 따라서 arabic gum은 결국 떡의 노화를 지연하는데 기여하는 셈이다. Son 등(11)의 연구에 따르면 쌀가루에 울리고당을 첨가하여 전분의 용융엔탈피의 증가를 보고하였는데 이는 울리고당이 전분의 용융을 저지, 즉 전분의 용융에 필요한 전분분자의 유동성을 저지하거나 용융에 이용될 수 있는 수분의 함량이 상대적으로 감소하여 생긴 현상이라고 주장하였다. 그러나 Choi와 Shin(38)은 DSC를 통해서 쌀가

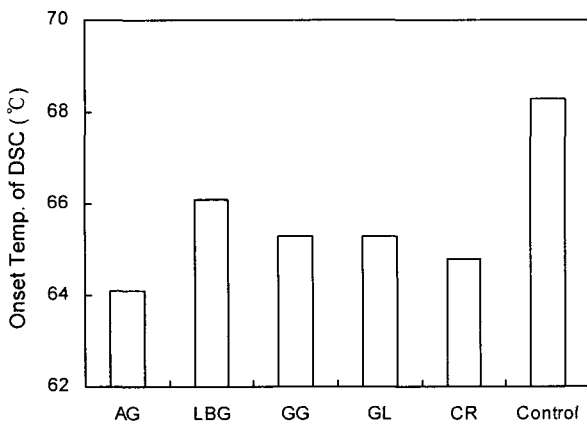


Fig. 7. Effects of hydrocolloids on the DSC onset temperature of a Korean rice cake after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

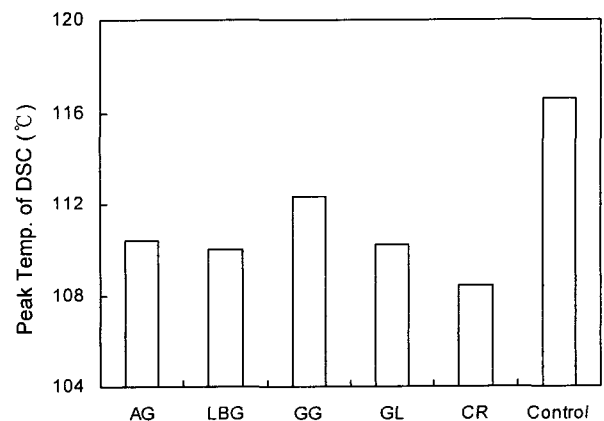


Fig. 8. Effects of hydrocolloids on the DSC peak temperature of a Korean rice cake after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

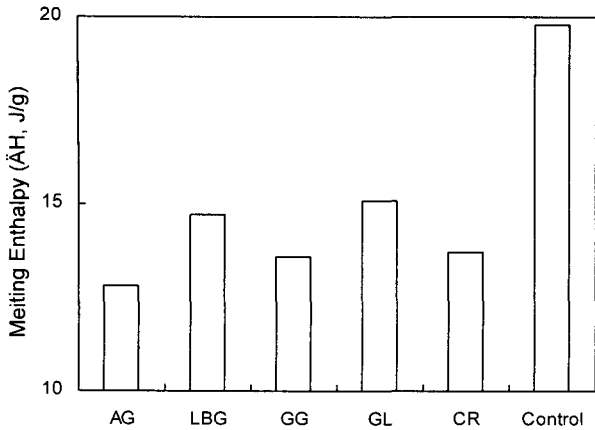


Fig. 9. Effects of hydrocolloids on the DSC melting enthalpy of a Korean rice cake after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

루겔에 설탕과 올리고당을 첨가하였더니 저장 조건에 관계 없이 노화도가 감소하였다고 보고하였으며 쌀전분에 식이섬유를 첨가하여도 노화가 억제됨을 보고하였다(37). 이 결과는 재결정도에서도 비슷하게 나타났다(Fig. 10). Arabic gum의 재결정도는 78.9%이고 carrageenan(80.4%), locust bean gum(80.1%), gelatin(80.9%)은 비슷하게 나타났다. 이들 값은 대조구(89.9%)와 비교할 때 크게 낮은 값인데 이것은 친수성콜로이드의 첨가가 떡의 노화를 지연시키고 있음을 의미한다. 이와 같이 떡의 용융상태와 정도는 떡의 응고화를 규명하는데 좋은 자료가 된다.

또 떡의 가열 용융상태는 떡 자체의 열신전성과 관련이 있으며 내부구조의 분자상호간의 결합강도를 간접으로 추측하는 자료가 된다. 즉 실제 떡의 열에 대한 용융퍼짐성이 떡의 조직을 규명하는데 도움이 된다고 판단하고 일정한 크기의 떡을 전자레인지로 이용, 떡의 용융상태와 용융정도를 퍼짐 직경으로 나타내었다. 그 결과(Fig. 11) 친수성 콜로이드를

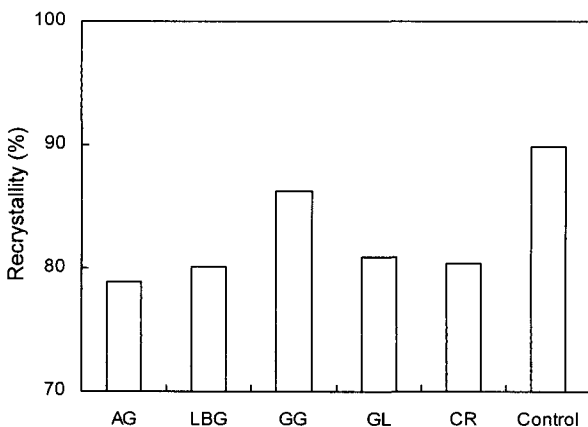


Fig. 10. Effects of hydrocolloids on the recrystallinity of a Korean rice cake after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

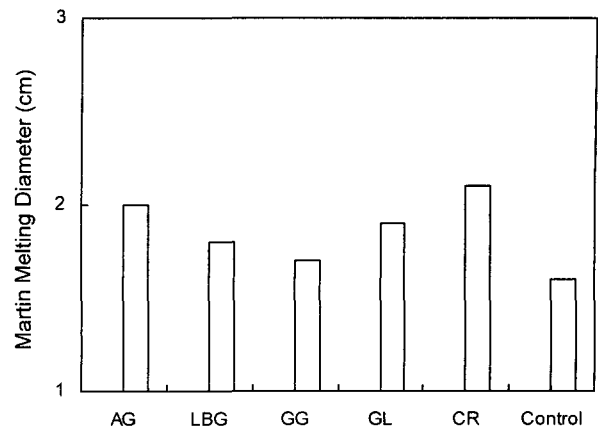


Fig. 11. Comparison of melting characteristics of a Korean rice cake with addition of various hydrocolloids after 2 days of storage. Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

첨가하여 제조한 떡의 용융직경은 대조구에 비해서 큰 것으로 나타났다. 대조구는 직경이 1.6 cm이나 친수성콜로이드를 첨가한 떡은 1.7~2.1 cm 정도로 크게 용융이 잘 되는 것으로 나타났고 arabic gum과 carrageenan 역시 열에 대한 용융퍼짐성이 우수한 것으로 나타났다. 이 결과는 친수성 콜로이드를 첨가한 떡은 조직이 유연하고 내부결합이 수소결합으로 미셀을 형성하고 있는 것으로 추정된다.

친수성콜로이드의 떡 노화속도 특성 변화

떡의 노화특성을 검토하기 위해 일반적으로 전분의 겔의 노화특성을 규명하기 위해 사용된 Avrami equation을 이용하였다. Avrami equation의 지수 n(Fig. 13으로부터 구함)는 결정양상에 대한 정보를 주고 있는데 Table 2에 나타난 바와 같이 0.97~1.12범위로 거의 1.0에 가까운 값을 나타내었다. 이 값은 떡의 결정화 양상 즉 결정핵 형성시간, 결정형성 속도에 의존하는 복합적인 값인데 떡의 노화양상이 입자의 응고 즉시 노화가 바로 진행됨을 의미하는 것이다(39). 이를 근거하여 $\ln(E_L - E_t)$ vs t (Fig. 12), $\log(-\ln((E_L - E_t)/(E_L - E_0)))$ vs $\log t$ (Fig. 13)에서 노화속도를 나타내는 속도상수(rate constant, day⁻ⁿ)를 구하였다. 그 결과(Table 2) hydrocolloid

Table 2. Avrami exponent, rate constant and time constant of the Korean rice cake formulated with various hydrocolloids for two days of storage

Group ¹⁾	Avrami exponent (n)	Rate constant (k, days ⁻ⁿ)	Time constant (1/k, days ⁿ)
AG	1.12	0.19	5.26
LBG	0.97	0.31	3.23
GG	1.00	0.29	3.45
GL	0.98	0.31	3.23
CR	1.08	0.18	5.56
Control	1.09	0.46	2.17

¹⁾ Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

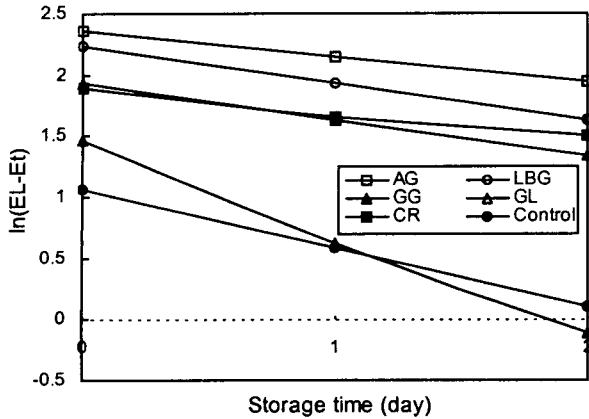


Fig. 12. Plot $\ln(EL-Et)$ vs time for the Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after storage for two days of storage.

Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

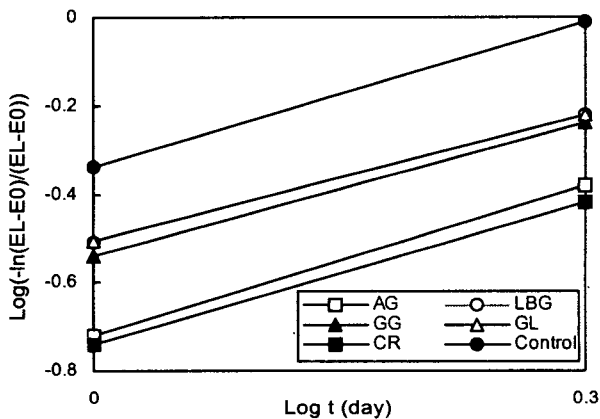


Fig. 13. Plot $\log[-\ln((EL-Et)/(EL-Eo))]$ vs log time for the Korean rice cake formulated with various hydrocolloids after storage for two days of storage.

Arabic gum (AG), Locust bean gum (LBG), Guar gum (GG), Gelatin (GL), Carrageenan (CR).

를 첨가한 떡의 경우는 대부분 노화속도가 지연되었으며 특히 carrageenan(CR)과 arabic gum(AG)은 떡의 노화를 지연시키는데 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 locust bean gum(LBG), guar gum(GG), gelatin(GL) 등은 지연효과가 다소 적은 것으로 나타났다. 노화에 대한 Avrami이론을 근거할 경우 hydrocolloid를 첨가한 경우는 분자들의 응집과정이 다소 불안정하지만 천천히 일어났으며 수분의 유리도 동시에 천천히 일어났음을 의미한다. 노화속도를 나타내는 시간상수(time constant, dayⁿ)의 경우에도 control은 2.17로 가장 노화속도가 빠른 것으로 나타났고 carrageenan과 arabic gum은 각각 5.56, 5.26으로 나타나 control에 비해서 노화속도가 많이 지연되는 것으로 나타났다. 전분의 노화 개념은 팽윤된 전분의 수축과정 즉 응집화-조직화과정을 의미한다. 따라서 노화는 호화과정에서의 이중나선구조가 점점 커져서 집합되면서 물이 빠져 나가는 과정인데 이 과정에서 친수성콜로이드의 수소결합이 작용하게 된다. 즉 전분분자들이 자유롭게

이동할 수 없는 이유도 바로 수소결합 때문이다. 결론은 amylose간 이중나선구조 결합 형성과 전분입자내에 존재하는 amylopectin의 결정화 때문에 노화가 일어나므로(39,40) hydrocolloid에 의한 떡의 노화지연은 곧 결정화의 억제 때문으로 해석된다(40).

요 약

본 연구에서 친수성콜로이드가 떡의 응고억제에 어떤 영향을 미치는지를 검토하였다. 조직검토에서 친수성콜로이드를 첨가한 떡은 대조구에 비해서 영향을 미쳤는데 그 중 arabic gum과 carrageenan이 떡의 응고억제 효과가 많이 있는 것으로 나타났다. 관능검사결과에서도 응집성은 친수성콜로이드를 첨가한 것이 대조구보다 높게 나타났다. 친수성콜로이드를 첨가했을 경우 표면 색깔의 변화가 적게 일어났다. 열특성 검토에서 호화개시온도는 arabic gum이 다소 낮은 것으로 나타났고 그 다음이 carrageenan, guar gum, gelatin, locust bean gum 순이었다. 떡의 용융엔탈피(ΔH)의 변화에서는 대조구에 비해서 모두 낮은 값을 가지고 있었으며 그 범위는 12.8~13.7 J/g이었다. Arabic gum이 가장 적은 값을 나타내었다. Arabic gum의 재결정도는 대조구와 비교할 때 크게 낮은 값을 나타내었다. Arabic gum과 carrageenan은 열에 대한 용융퍼짐성이 우수한 것으로 나타났다. Avrami equation의 검토에서 지수 n은 0.97~1.12범위였다. 결론적으로 arabic gum과 carrageenan을 첨가하면 떡의 노화가 억제되는 것으로 나타났다.

문 헌

- Jeong OK, Kim JO, Choi CR, Shin MS, Kim SK, Lee SK, Kim WS. 1996. Effects of water content and storage temperature on the aging of rice starch gels. *Korean J Food Sci Technol* 28: 552-558.
- Hoover R. 1995. Starch retrogradation. *Food Reviews International* 11: 331-335.
- Gudmundsson M. 1994. Retrogradation of starch and the role of its components. *Thermochimica Acta* 246: 329-335.
- Baker LA, Rayas-Duarte P. 1998. Retrogradation of Amaranth starch at different storage temperature and the effect of salt and sugars. *Cereal Chem* 75: 308-314.
- Wang YJ, Jane J. 1994. Correlation between glass transition temperature and starch retrogradation in the presence sugars and maltodextrins. *Cereal Chem* 71: 527-531.
- Shin IY, Kim HI, Kim CS. 1999. Effect of sugar alcohol on wheat starch gelatinization and retrogradation. *J Kor Soc Food Sci* 28: 1251-1255.
- Kwon HJ, Kim YA. 1999. Effects of adding sugars and lipids on characteristics of cooked rice. *Kor J Soc Food Sci* 15: 163-170.
- Kang KC, Baek BB, Rhee KS. 1990. Effect of the addition of dietary fiber on salting of cakes. *Kor J Food Sci Technol* 22: 19-25.
- Mun SH, Kim JO, Lee SK, Shin MS. 1996. Retrogradation of sucrose fatty acid ester and soybean oil added rice flour

- gels. *Kor J Food Sci Technol* 28: 305-310.
10. Jang JK, Lee YH, Lee SH, Pyun YR. 2000. Effect of sodium stearoyl lactylate on complex formation with amylopectin and on gelatinization and retrogradation of wheat starch. *Kor J Food Sci Technol* 32: 500-507
 11. Son HS, Park SO, Hwang HJ, Lim ST. 1997. Effect of oligo-saccharide syrup addition on the retrogradation of a Korean rice cake (Karedduk). *Kor J Food Sci Technol* 29: 1213-1221.
 12. Sohn CB, Lee SM. 1994. Effect of retrograde restraint of rice cake using raw starch saccharifying β -amylase from *Bacillus polymyxa* No.26. *Kor J Food Sci Technol* 26: 459-463.
 13. Hibi Y, Kitamura S, Kuge T. 1990. Effect of lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem* 67: 7-11.
 14. Lee SY, Lee SG, Kim KJ, Kwon IB. 1993. Effect of alum on the physicochemical properties. *Korean J Food Sci Tech* 25: 355-359.
 15. Kohyama K, Nishinari K. 1992. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J Food Sci* 57: 128-132.
 16. 서중일. 1997. 보존성과 기호도가 우수한 떡의 제조방법. 한국공개특허 1997-0009584.
 17. 안기영. 1996. 떡의 제조방법. 한국공개특허 1996-0006566.
 18. 황기운. 1996. 떡의 노화방지용 아밀라제 함유 유연성 조성물. 한국공개특허 1996-0004447.
 19. 마스이부산가부시기가이샤. 1989. 식품의 노화방지방법. 한국공개특허 1989-0002198.
 20. 대상(주). 2000. 조직감과 노화안정성이 우수한 떡의 제조방법. 한국공개특허 2000-0074809.
 21. 김일환. 1986. 전분질 식품의 노화방지방법. 한국공개특허 1986-0000236.
 22. Kim JO. 1994. Effects of storage temperature and water content in the retrogradation of rice starch gels. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju. p 3-5.
 23. 이철호, 채수규, 이진근, 고경희, 손혜숙. 1999. 식품평가 및 품질관리론. 유림문화사, 서울. p 239-275.
 24. Song JC, Park HJ. 2000. *Physical, functional, textural and rheological properties*. UUP, Ulsan. p 413-483, p 637-639.
 25. Donovan JW, Lorenz K, Kulp K. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starch. *Cereal Chem* 60: 381-385.
 26. Wada K, Takahashi K, Shirai K, Kawamura A. 1979. Differential thermal analysis (DTA) applied to examining gelatinization of starches in foods. *J Food Sci* 44: 1366-1370.
 27. Biliaderis CG, Maurice TJ, Vose JR. 1980. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J Food Sci* 45: 1669-1673.
 28. Hyun CK, Park KH, Kim YB, Yoon IH. 1988. Differential scanning calorimetry of rice starch. *Kor J Food Sci Technol* 20: 331-337.
 29. Krueger BR, Knutson CA, Inglett GE, Water CE. 1987. A DSC study on the effect of scanning on gelatinization behavior of corn starch. *J Food Sci* 52: 715-720.
 30. Song JC, Park HJ. 1986. Microstructural and melting characteristics of imitation cheese analog. *Kor J Food Sci Technol* 18: 11-15.
 31. Kim SK, Lee AR, Lee SK, Kim KJ, Cheon KC. 1996. Firming rates of cooked rice differing in moisture contents. *Kor J Food Sci Technol* 28: 877-881.
 32. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Lee C. 1996. Retrogradation behavior of rice starches differing in amylose content and gel consistency. *Kor J Food Sci Technol* 28: 1052-1058.
 33. Lim KS, Hwang IK. 1999. Effects of hydrocolloids on wheat flour rheology. *Kor J Soc Food Sci* 15: 203-209.
 34. Choi IJ, Kim YA. 1992. Effect of addition of dietary fibres on quality of Backsulgies. *Kor J Soc Food Sci* 8: 281-289.
 35. Mettler E, Seibel W. 1995. Optimizing of rye bread recipes containing mono-diglyceride, guar gum, and carboxymethyl-cellulose using a maturograph and an ovenrise recorder. *Cereal Chem* 72: 109-115.
 36. Park JW, Park HJ, Song JC. 2003. Suppression effect of maltitol on retrogradation of Korean rice cake (Karedduk). *Kor J Soc Food Sci* 32: 175-180.
 37. Jeon ER, Kim KA, Jung NH. 2002. Effects of Shikhe dietary fibres on the rice starch gelatinization and retrogradation properties. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 157-163.
 38. Choi CR, Shin MS. 1996. Effects of sugars on the retrogradation of rice flour gels. *Kor J Food Sci Technol* 28: 904-909.
 39. Leloup VM, Colonna P, Ring SG. 1992. Physicochemical aspects of resistant starch. *J Cereal Sci* 16: 253-257.
 40. Eerlingen RC, Jacobs H, Dekcour JA. 1994. Enzyme resistant starch. V. Effect of retrogradation of waxy maize starch on enzyme susceptibility. *Cereal Chem* 71: 351-356.

(2003년 5월 31일 접수; 2003년 10월 24일 채택)