

가래떡 노화 억제에 대한 당류 물질의 효과

김상숙¹ · 정혜영^{2*}

¹한국식품연구원 특화연구본부 쌀연구단
²경원대학교 식품영양학과

Effects of Carbohydrate Materials on Retarding Retrogradation of a Korean Rice Cake (*Karedduk*)

Sang Sook Kim¹ and Hae Young Chung^{2*}

¹Korea Food Research Institute, Sungnam 463-746, Korea
²Dept. of Food and Nutrition, Kyungwon University, Sungnam 461-701, Korea

Abstract

Retarding retrogradation of a Korean rice cake (*Karedduk*) added with carbohydrate materials after 0~30 hrs of storage at 5°C were investigated by Avrami equation using textural characteristics. Carbohydrate materials such as powdered sugar, trehalose, fructooligosaccharide (95%), isomalto, healtholigo, and galactooligo-saccharide (50%) were added in 0, 1, 5 or 10% levels on dry rice flour. In the amylogram, the breakdown (P-H) and consistency (C-H) for *Karedduk* added with carbohydrate materials were lower than those of the control. Decrease in the Avrami exponent (n) and increase in the time constant ($1/k$) of *Karedduk* added with carbohydrate materials during storage determined by Avrami equation were important comparison factors to the control in terms of retrogradation rate analysis. The Avrami exponent (n) for control, fructooligosaccharide (95%) 10% and healtholigo 1% addition were 2.415, 1.977 and 3.297, respectively. The time constant ($1/k$) for fructooligosaccharide (95%) 5% and healtholigo 1% addition were lower than the control. Lastly, *Karedduk* added with carbohydrate materials, except for fructooligosaccharide (95%) 5% and healtholigo 1% addition, was effective in retarding retrogradation.

Key words: carbohydrate materials, hardness, Avrami exponent, retrogradation

서 론

쌀을 이용한 가공식품에 주로 함유되어 있는 전분은 직선상의 분자구조를 갖는 아밀로오스와 가지가 많은 분자구조로 이루어진 아밀로펙틴으로 구성되어 있으며 물과 함께 가열 시 분자 간의 결합이 점차로 약해지면서 투명한 고질상태를 형성하며 호화가 일어난다. 호화된 전분을 저장하면 시간이 경과함에 따라 전분 내의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 노화로 경도가 증가하는 물리적 변화가 일어난다. 이러한 변화는 쌀 가공제품의 품질을 저하시키고 관능적 특성에도 영향을 주는 중요한 요인이 된다(1,2).

전분의 노화에 대한 연구는 전분구조와 밥의 텍스처(3,4), 아밀로오스 함량과 쌀 전분의 노화특성(5), 수분함량과 저장온도가 전분노화에 미치는 영향(6,7), 떡의 노화(8-10) 등에 관한 연구 보고가 있다. 또한 쌀가루의 제분방법에 따라 입자크기가 작고 전분 손상도가 클수록 노화도가 감소하는 것으로 알려져 있으며(11), 가래떡 제조 시 올리고당을 첨가하

였을 때 저장 중 조직감 변화를 최소화하여 노화억제에 효과가 있다고 하였다(12). 전분의 노화도를 측정하는 방법에는 Texture Analyzer에 의한 텍스처 분석(8,9,12), DSC(Difference scanning calorimeter)를 이용한 상전이 측정(10,11, 13-15), X-선 회절도 측정(7,14-16), Avrami equation을 이용한 분석 방법(5,17-20), α -아밀라아제-요오드법을 이용한 노화도 측정(7) 및 NMR 등(13,21)이 있고 각 측정 방법에 따라 기본원리가 다르다.

본 연구는 쌀 가공제품인 떡의 굳음 현상을 억제하기 위해 첨가한 여러 가지 물질 중에서 가래떡의 노화억제에 효과적인 물질을 검색한 연구(22)에서 노화억제에 효과적인 것으로 검색된 당류 물질을 첨가하여 가래떡을 제조하였을 때 전분의 노화 특성을 규명하기 위하여, 미분당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%), 이소말트, 헬스리고 및 갈락토올리고당(50%) 등 6종류 당류 물질을 쌀가루 기준으로 0, 1, 5 또는 10%의 농도로 첨가하여 쌀가루의 pasting 특성을 측정하였고, 가래떡을 제조하여 5°C 냉장 보관하면서 0, 2,

*Corresponding author. E-mail: hychung@kyungwon.ac.kr
Phone: 82-31-750-5970, Fax: 82-31-750-5974

4, 6, 22, 24, 28 및 30시간 경과 후 Texture Analyzer를 사용하여 경도의 변화를 Avrami 방정식에 따라 노화 특성 분석을 하였다. 실험군의 떡을 무침가군 떡과 비교 연구함으로써 노화억제 기술 개발에 의한 쌀 가공업체의 경쟁력 강화 및 쌀 소비촉진을 가능하게 하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시료

본 실험에서 가래떡 제조 시에 사용한 쌀가루는 2003년산 경기 추청으로 3시간 침지한 후 roll mill(경창기계, 경기도 광주)을 사용하여 습식방법에 의해 제분하였으며 쌀가루 제조 후 사용 전까지 폴리에틸렌 봉지에 포장하여 냉동(-20°C) 보관하였다. 가래떡에 첨가된 당류 물질 미분당은 대한제당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%)과 갈락토올리고당(50%)은 삼양제넥스, 이소말트는 보락(주), 헬스리고는 대상(주)에서 구입하였다.

쌀가루의 amylograph 측정

쌀가루의 pasting 특성은 Juliano 등의 방법(23)에 의하여 측정하였으며, Brabender Visco/amylograph(801360, OHG Duisburg, Germany)에 쌀가루 8%(w/w)에 미분당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%), 이소말트, 헬스리고 및 갈락토올리고당(50%) 등 6종류 당류 물질을 쌀가루 기준 0, 1, 5 또는 10%의 농도로 첨가하여 무침가군과 비교하여 물성 특성을 측정하였다. Amylograph 측정 조건으로 35°C에서 95°C까지 1.5°C/min의 속도로 가열하여 95°C에서 15분간 유지시킨 다음 다시 동일한 속도로 50°C까지 냉각하여 15분간 유지시킨 후 측정하였다. Pasting 특성은 최고점도(P: peak viscosity), 95°C에서 15분간 유지시킨 후의 점도(H: hot paste viscosity), 50°C에서 15분간 유지시킨 후의 점도(C: cold paste viscosity), 노화에 관련이 있는 이들 두 점도의 차 즉 breakdown(P-H), consistency(C-H), 그리고 set-back(C-P) viscosity를 산출하였다.

가래떡의 제조

떡의 제조는 쌀가루(300 g)에 따라 수분함량을 43%로 조정하였고 당류 물질을 쌀가루 기준 0, 1, 5 또는 10%의 농도로 첨가하여 전기찜기(SO2-6166, Shanghai SEB Electric Appliances Co., China)에 40분간 증자한 후 녹즙기(DC-502, 동아산업, 서울, 한국)를 이용하여 제조하였다. 노화억제 효과의 분석조건은 가래떡을 제조한 다음 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 5°C 냉장 보관하면서 사용하였다.

저장 중 rigidity modulus(E)의 변화 측정

제조된 가래떡을 5°C 냉장 보관하면서 0, 2, 4, 6, 22, 24, 28 및 30시간 경과 후 rigidity modulus(E)를 Texture

Table 1. Texture analyzer conditions for texture hardness of a Korean rice cake (Karedduk)

Test type	Two bite compression test
Distance format	25% strain
Plunger diameter	12.5 mm
Test speed	1.7 mm/sec
Pre-test speed	5.0 mm/sec
Post-test speed	10.0 mm/sec

Analyzer(model TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 사용하여 Bourne(24)에 의해 기술된 방법으로 측정하였으며, Table 1에 나타난 조건으로 분석하였다. 떡을 지름×높이=12.5×15 mm 크기로 자른 후 TPA(texture profile analysis)방법에 의해 두 번 압착하였을 때 얻어진 곡선으로부터 얻어진 경도(hardness) 값으로 rigidity modulus(E)의 변화를 측정하였다.

반응속도론적 노화도 분석

가래떡의 조직감 특성 중 경도변화를 Kim 등(17)에 의해 기술된 Avrami 방정식에 따라 노화 특성분석을 하였다.

경도의 변화로부터

$$\theta = e^{-kt^n} \tag{1}$$

θ =일정시간 후 결정화 되지 않는 부분

k =속도상수(rate constant)

n =결정화 mode에 따라 1~4의 값을 갖는 Avrami 지수

t =저장시간

$$\frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = e^{-kt^n} \tag{2}$$

E_0 =초기(0 시간)의 경도

E_t = t 시간 경과 후의 경도

E_L =이론적으로 도달할 수 있는 최고의 경도

식 (2)에서 자연로그와 상용로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0) = -kt^n \tag{3}$$

$$\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\} = \log k + n \log t \tag{4}$$

$$\text{혹은 } \ln(E_L - E_t) = -kt^n + \ln(E_L - E_0) \tag{5}$$

Avrami 지수(n)는 log로 표시된 식 (4)에서 $\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\}$ (y축)을 $\log t$ (x축)에 대하여 좌표로 나타낸 그래프의 기울기로 구하였다. 속도상수(k)는 방정식 (5)로부터 $\ln(E_L - E_t)$ 와 시간 t 를 축으로 한 그래프의 기울기로 구하였으며, 시간상수($1/k$)는 속도상수(k)의 역수를 사용하였다. 가래떡의 이론적 최고 경도(limiting modulus)는 5°C에서 4일간 저장 후 경도로 얻었다.

통계분석

본 실험은 3회 반복 실험하였으며 실험군간 차이검증은

Table 2. The effect of carbohydrate materials addition on pasting properties of rice flour

Samples	Pasting properties ^{1),2)}					
	Peak viscosity (P)	Hot paste viscosity (H)	Cold paste viscosity (C)	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Control	508	278	553	230	275	45
Powdered sugar 5%	460	323	555	138	233	95
Trehalose 5%	405	348	505	58	158	100
Trehalose 10%	360	285	455	75	170	95
Fructooligosaccharide (95%) 5%	425	335	513	90	178	88
Fructooligosaccharide (95%) 10%	428	285	483	143	198	55
Isomalt 5%	430	328	493	103	165	63
Healtholigo 1%	475	373	545	103	173	70
Healtholigo 5%	448	388	483	60	95	35
Galactooligosaccharide (50%) 5%	435	310	495	125	185	60

¹⁾8% (w/w, dry weight basis). ²⁾Means of two replications.

SAS(Statistical Analysis System)를 사용하여 분산분석을 실시하였다. 분산분석 결과 실험군간 차이가 있는 특성의 경우, 실험군의 평균값 간의 차이수준 여부를 결정하기 위해 SNK(Student Newman Keul)의 다중비교 방법을 실시하였다. 또한 각 실험군 쌀가루의 pasting 특성과 떡의 시간 경과에 따른 기계적 경도에 대해 상관 계수(r)를 산출하였고, 이들 실험군간 차이를 요약하기 위해 Xlstat software(Xlstat User's Guide, Paris, France)를 사용하여 주성분 분석(principal component analysis)을 수행하였다.

결과 및 고찰

쌀가루의 amylograph 측정

노화억제에 효과적인 것으로 검색된 당류 물질 즉 미분당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%), 이소말트, 헬스리고 및 갈락토올리고당(50%)을 0~10% 농도로 첨가한 쌀가루의 Brabender Visco/amylograph에 의한 pasting 특성은 Table 2에 나타나 있다. 가래떡의 경도억제 효과를 보인 첨가물의 수준별 pasting 특성에서 peak(P) viscosity는 무첨가군에 비해 낮은 반면 hot paste viscosity(H)는 높게 나타났다. 이러한 이유는 이들 첨가에 의해 전분 호화가 지연되어 일어난 현상으로 여겨진다. Breakdown(P-H)과 consistency(C-H)에서 모든 실험군은 무첨가군인 control에 비해 낮았고, setback(C-P)은 헬스리고 5%를 첨가한 쌀가루를 제외하고 모든 실험군에서 무첨가군에 비해 높게 나타나 대부분의 실험군에서 노화억제 효과가 있는 것으로 나타났다.

쌀가루의 pasting 특성과 떡의 경도 변화 간의 주성분 분석

당류 물질 첨가 쌀가루의 pasting 특성과 당류 물질 미분당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%), 이소말트, 헬스리고 및 갈락토올리고당(50%)을 0~10% 농도로 첨가하여 제조한 가래떡을 5°C 냉장 보관하면서 0, 2, 6, 24 및 30시간 경과 후 경도(hardness) 변화의 평균값을 적용하여 주성분 분석(principal component analysis)을 하였다. 제 1 주성분(F1)

과 제 2 주성분(F2) 좌표 상에서의 pasting 특성과 저장시간대 별 떡의 경도 위치는 Fig. 1에 있고, 각 실험군의 위치는 Fig. 2에 있다. F1(x축)이 총 변동의 49.47%, F2(y축)는 25.97%를 설명해 주어 총 변동의 75.44%가 설명되었으며 각 저장시간대 별 경도는 pasting 특성 중 peak viscosity(P)와 cold paste viscosity(C)에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). Fig. 2에 나타난 바와 같이 F1의 값이 클수록 경도가 높고, F2의 값이 클수록 hot paste viscosity(H)가 높은 시료이다. 즉 F1의 값이 음(-)의 방향으로 부하되어 있는 트레할로스 10%와 프락토올리고당(95%) 10%의 경우 경도가 낮았고, 양(+)의 방향으로 부하되어 있는 헬스리고 1%는 경도가 높았다. 그리고 쌀가루의 pasting 특성과 가래

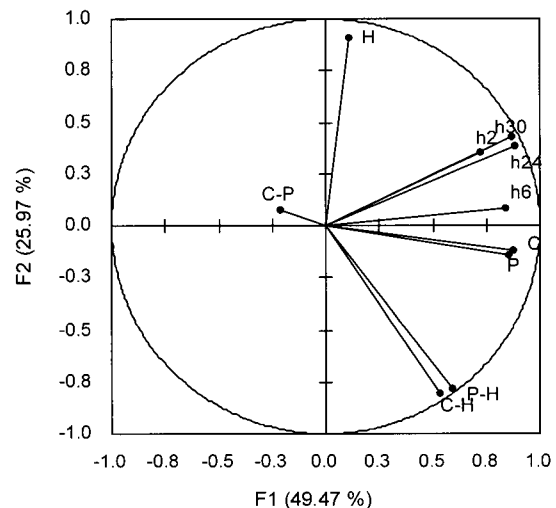


Fig. 1. Pasting properties of rice flour and hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) on first (x) and second (y) principal components.

P: peak viscosity, H: hot paste viscosity, C: cold paste viscosity, P-H: breakdown, C-H: consistency, C-P: setback, h2: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 2 hrs of storage at 5°C, h6: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 6 hrs of storage at 5°C, h24: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 24 hrs of storage at 5°C, h30: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 30 hrs of storage at 5°C.

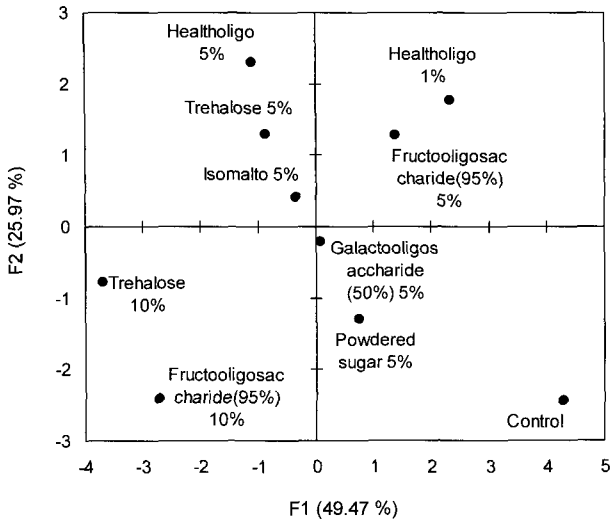


Fig. 2. Korean rice cake (*Karedduk*) added with carbohydrate materials on first (x) and second (y) principal components

떡의 경도 변화 간의 상관관계를 분석한 결과 peak viscosity(P)는 24시간과 30시간 후 측정된 경도(0.70과 0.66)와 cold paste viscosity(C)는 6시간과 24시간 후 측정된 경도(0.70과 0.68)와 높은 상관관계를 나타냈다(Table 3).

경도 변화를 Avrami 이론에 적용한 노화 특성 분석

노화억제 효과 분석을 위해 당류 물질을 쌀가루 기준으로 미분당은 5%, 트레할로스는 5%와 10%, 프락토올리고당(95%)은 5%와 10%, 이소말트는 5%, 헬스리고는 1%와 5% 및 갈락토올리고당(50%)은 5% 농도로 첨가하여 제조한 가래떡을 5°C 냉장 보관하면서 제조시간 0, 2, 4, 6, 22, 24, 28 및 30시간 경과 후 가래떡의 경도의 변화를 Avrami 방정식에 따라 실험군의 떡을 무첨가군 떡과 비교하여 노화 특성 분석을 하였다. 효과적인 노화억제 물질의 기준은 무첨가군과 비교하여 Avrami 지수(*n*)는 낮은 값으로, 시간상수(1/*k*)는 높은 값으로 판단하였다. 당류 물질을 첨가하여 제조한 가래떡을 5°C 냉장 보관하면서 제조시간 0, 4, 22 및 28시간

Table 3. Pearson correlation coefficients (*r*) between pasting properties of rice flour and hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*)

Pasting properties	Hardness ¹⁾			
	h2	h6	h24	h30
Peak viscosity (P)	0.34	0.50	0.70*	0.66*
Hot paste viscosity (H)	0.23	0.06	0.43	0.43
Cold paste viscosity (C)	0.52	0.70*	0.68*	0.62
Breakdown (P-H)	0.10	0.36	0.24	0.20
Consistency (C-H)	0.19	0.45	0.14	0.10
Setback (C-P)	0.18	0.14	-0.25	-0.25

¹⁾h2: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 2 hrs of storage at 5°C, h6: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 6 hrs of storage at 5°C, h24: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 24 hrs of storage at 5°C, h30: hardness of a Korean rice cake (*Karedduk*) after 30 hrs of storage at 5°C. *Significant at *p*<0.05.

경과 후 가래떡의 경도의 변화를 Avrami 방정식에 따라 $\log\{-\ln(E_t - E_0)/(E_t - E_0)\}$ 와 $\log t$ 를 축으로 나타낸 그래프는 Fig. 3에 있다. 또한 떡의 저장시간 0, 2, 6, 24 및 30시간 경과에 따른 가래떡의 경도의 변화를 Avrami 방정식에 따라 $\ln(E_t - E_0)$ 와 시간 *t*를 축으로 한 그림은 Fig. 4에 있다. 무첨가군(control)을 포함한 당류 물질이 첨가된 가래떡의 Avrami 지수(*n*)와 시간상수(1/*k*)는 Table 4에 나타나 있다.

본 실험의 무첨가군 떡의 결정화 형태를 나타내는 Avrami 지수(*n*) 값은 2.415로 Han(25)의 연구 결과의 2.34와 비슷한 값을 보였으며, 본 실험의 경우 Table 4에 나타난 바와 같이 1.977에서 3.297 범위에 있었다. 떡의 노화에 대한 다른 연구(18-20)에서는 Avrami 지수(*n*)가 0.90~1.27 범위로 거의 1.0에 가까운 값을 나타내었다. 이는 Avrami 지수(*n*) 값을 저장시간이 본 연구와 다르게 시간(hour)이 아니고 일(day)에 대하여 구하였기 때문으로 생각된다. 본 실험에 사용된 첨가물 중 프락토올리고당(95%) 10%와 트레할로스 10% 첨가 수준에서 *n*값이 각각 1.977과 2.004로 가장 낮았으며, 헬스리고 1% 수준에서 3.297로 가장 높았다(Table 4). 이러한

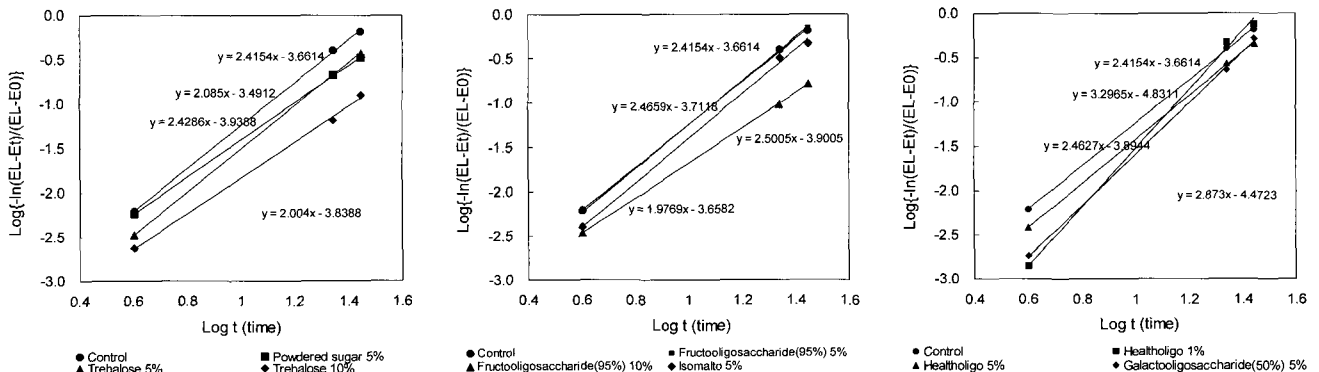


Fig. 3. Plot $\log\{-\ln(E_t - E_0)/(E_t - E_0)\}$ vs $\log t$ for a Korean rice cake (*Karedduk*) added with carbohydrate materials after 0, 4, 22 and 28 hrs of storage at 5°C.

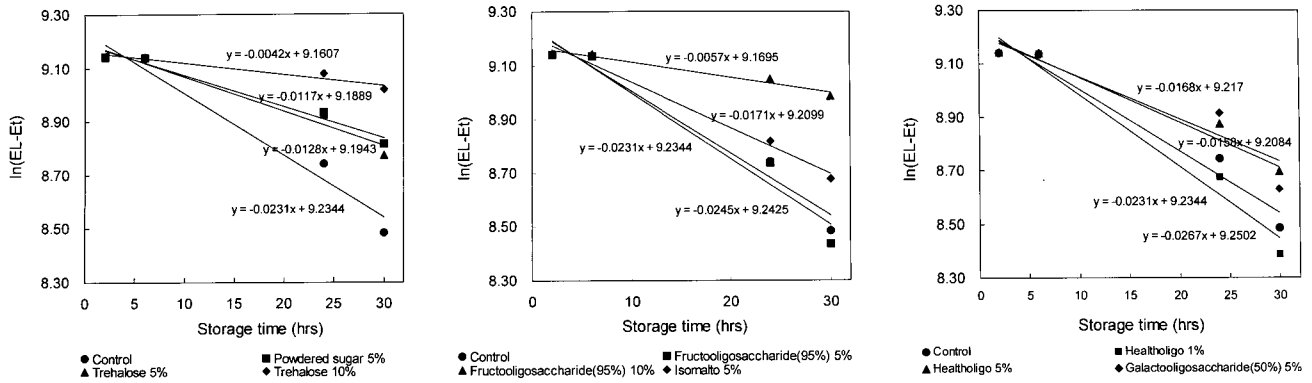


Fig. 4. Plot $\ln(E_L - E_t)$ vs time for a Korean rice cake (*Karedduk*) added with carbohydrate materials after 0, 2, 6, 24 and 30 hrs of storage at 5°C.

Table 4. Avrami exponent, rate constant and time constant of a Korean rice cake (*Karedduk*)

Samples	Avrami exponent (n) ¹⁾	Rate constant (hrs) (k) ²⁾	Time constant (hrs) ($1/k$)
Control	2.415	0.023	43.29
Powdered sugar 5%	2.085	0.012	85.47
Trehalose 5%	2.429	0.013	78.13
Trehalose 10%	2.004	0.004	238.10
Fructooligosaccharide (95%) 5%	2.466	0.025	40.82
Fructooligosaccharide (95%) 10%	1.977	0.006	175.44
Isomalto 5%	2.501	0.017	58.48
Healtholigo 1%	3.297	0.027	37.45
Healtholigo 5%	2.463	0.016	63.29
Galactooligosaccharide (50%) 5%	2.873	0.017	59.52

¹⁾ Values obtained from slope of plot $\log\{-\ln(E_L - E_t)/(E_L - E_0)\}$ vs $\log t$.

²⁾ Values obtained from slope of plot $\ln(E_L - E_t)$ vs time.

값은 본 실험에서 사용된 저장 온도가 5°C에 의한 급속한 결정핵 형성에 기인하였다고 판단된다. 결정화 현상은 분자들이 덩어리를 형성하기까지는 매우 불안정하지만 그 이상에서는 일정한 크기로 증가한다고 하였다(17-20). 이런 결과로 속도상수(k)는 $\ln(E_L - E_t)$ 와 시간 t 를 축으로 한 그래프에서 구하였으며(Fig. 4), 시간상수($1/k$)는 속도상수(k)의 역수를 사용하였다.

노화의 속도를 나타내는 시간상수($1/k$)는 무첨가군 떡의 경우 43.29였고 실험군의 경우는 37.45에서 238.10 범위에 있었다. 트레할로스 10% 첨가된 떡은 시간상수가 238.10으로 노화의 진행 속도가 가장 낮았고, 그 다음 프락토올리고당(95%) 10% 첨가 수준이 175.44이었다. 미분당은 5%, 트레할로스는 5%와 10%, 프락토올리고당(95%)은 5%, 이소말트는 5%, 헬스리고는 5% 및 갈락토올리고당(50%) 5% 58.48~85.47로 중간 정도의 값을 보였다. 그러나 프락토올리고당(95%) 5%군이 40.82, 헬스리고 1%군이 37.45로 무첨가군에 비해 노화속도가 빠른 것으로 나타나 노화억제 효과가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

결론적으로 가래떡에 사용한 첨가물 중 프락토올리고당(95%) 10%와 트레할로스 10% 첨가 수준에서 Avrami(n)지수 값이 낮았으며, 헬스리고 1% 첨가 수준에서 가장 높았다.

시간상수($1/k$)값은 트레할로스 10% 첨가된 떡이 가장 높아서 노화 진행 속도가 가장 낮았고, 그 다음 프락토올리고당(95%) 10% 첨가 수준이었다. 무첨가군에 비해 시간상수($1/k$)값이 낮아 노화 진행 속도가 비교적 빠른 것으로 나타난 실험군은 프락토올리고당(95%) 5%군과 헬스리고 1%군이였다. 따라서 이들 두 물질을 제외한 모든 실험군의 노화 속도가 무첨가군에 비해 비교적 느린 것으로 나타나 저장 중 떡의 굳기를 억제시키는 것으로 나타났다.

요 약

가래떡의 노화 특성을 규명하기 위하여, 미분당, 트레할로스, 프락토올리고당(95%), 이소말트, 헬스리고 및 갈락토올리고당(50%) 등 6종류 당류 물질을 쌀가루 기준으로 0, 1, 5 또는 10%의 농도로 첨가하여 쌀가루의 pasting 특성을 측정하였고, 가래떡을 제조하여 5°C 냉장 보관하면서 0, 2, 4, 6, 22, 24, 28 및 30시간 경과 후 조직감의 특성 중 경도의 변화를 Avrami 방정식에 따라 노화 특성 분석을 하였다. 쌀가루의 pasting 특성에서 전분 노화와 관계가 있는 break-down, consistency는 무첨가군과 비교한 결과 실험군의 값이 낮았고 대부분 첨가물에서 노화억제 효과가 있었다.

Avrami 방정식에 따른 노화 특성 분석 결과는 실험에 사용한 첨가물 중 프락토올리고당(95%) 10%와 트레할로스 10% 첨가 수준에서 Avrami(n)지수 값이 1.977과 2.004로 낮았고, 헬스리고 1% 첨가 수준에서 3.297로 가장 높았다. 노화의 속도를 나타내는 시간상수(1/k)는 트레할로스 10% 첨가된 떡은 238.10으로 노화의 진행 속도가 가장 낮았고, 프락토올리고당(95%) 5%와 헬스리고 1%군은 무첨가군에 비해 그 값이 낮아 노화속도가 빠른 것으로 나타났다. 따라서 무첨가군에 비해 노화 진행 속도가 빠른 것으로 나타난 프락토올리고당(95%) 5%군과 헬스리고 1%군을 제외한 다른 모든 실험군은 노화속도를 늦추는데 효과적이었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발 사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문헌

- Hoseney RC. 1986. *Principles of Cereal Science and Technology*. The American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota, USA. p 54.
- Kim DH. 1992. *Food Chemistry*. Tamgudang, Seoul. p 300-307.
- Kang KJ, Kim K, Kim SK. 1995. Structure of hot-water soluble rice starch in relation to the structure of rice starch and texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 27: 757-761.
- Kang KJ, Kim K, Kim SK. 1995. Relationship between molecular structure of rice amylopectin and texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 27: 105-111.
- Kum JS, Lee SH, Lee HY, Lee C. 1996. Retrogradation behavior of rice starches differing in amylose content and gel consistency. *Korean J Food Sci Technol* 28: 1052-1058. 1996
- 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: 552-557.
- Kim JO, Shin MS. 1996. Retrogradation of rice flour gels with different storage temperature. *Agric Chem Biotech* 39:44-48.
- Kim MH, Yeo KM, Chang MJ. 1999. Storage stability of Baikseolgi. *Agric Chem Biotech* 42: 218-222.
- Lee HJ, Nam JH. 2000. The changes of characteristics of glutinous and rice Korean cake with trehalose in the storage. *Korean J Food Nutr* 13: 570-577.
- Park JW, Park HJ, Song JC. 2003. Suppression effect of maltitol on retrogradation of Korean rice cake (*Karedduk*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 175-180.
- Kim YI, Kum JS, Lee SH, Lee HY. 1995. Retrogradation characteristics of Jeungpyun by different milling method of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 27: 834-838.
- Son HS, Park SO, Hwang HJ, Lim ST. 1997. Effect of oligo-saccharide syrup addition on the retrogradation of a Korean rice cake (*Karedduk*). *Korean J Food Sci Technol* 29: 1213-1221.
- Han JA, Lee BH, Lim WJ, Lim ST. 2005. Utilization of hydroxypropylated waxy rice and corn starches in Korean waxy rice cake to retard retrogradation. *Cereal Chem* 82: 88-92.
- Mun SH, Kim JO, Lee SK, Shin MS. 1996. Retrogradation of sucrose fatty acid ester and soybean oil added rice flour gels. *Korean J Food Sci Technol* 28: 305-310.
- Kim JO, Kim WS, Shin MS. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gels by DSC, X-ray and alpha amylase methods. *Starch* 49: 71-75.
- Song JY, Kim JO, Shin MS, Kim SG, Kim KJ. 1997. Retrogradation of rice starch gels by additives. *Agric Chem Biotech* 40: 289-293.
- Kim SK, Ciacco CF, D'Appolonia BL. 1976. A research note - Kinetic study of retrogradation of cassava starch gels. *J Food Sci* 41: 1249-1250.
- Song JC, Park HJ. 2003. Effects of starch degradation enzymes on the retrogradation of a Korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1262-1269.
- Song JC, Park HJ. 2003. Functions of various hydrocolloids as anticaking agents in Korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1253-1261.
- Shin AC, Song JC. 2004. Suppression functions of retrogradation in Korean rice cake (*Garaeduk*) by various surfactants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1218-1223.
- Teo CH, Seow CC. 1992. A pulsed NMR method for the study of starch retrogradation. *Starch* 44: 288-292.
- Kim SS, Kim JT, Rho JH. 2005. Development of anti-staling agents for rice processed products to enhance rice consumption. Korea Food Research Institute. GA0547-05036.
- Juliano BO, Perez CM, Alyoshin EP, Romanov VB, Bean MM, Nishita KD, Blakeeney AB, Welsh LA, Delgado L, Elbaya AW, Fussati G, Kongseree N, Mendes FP, Brilhante S, Suzuki H, Tada M, Webb BD. 1985. Cooperative test on amylograph on milled-rice flour for pasting viscosity and starch gelatinization temperature. *Starch* 37: 40-50.
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 32: 62-72.
- Han MY. 1997. Physicochemical properties of extruded heen-ddeok as affected different milling methods of rice. *MS Thesis*. Chung-ang University, Seoul, Korea

(2007년 7월 9일 접수; 2007년 10월 1일 채택)