

연구노트

검류 첨가에 의한 개량 증편의 노화억제 효과

강병선* · 김동호 · 황혜정¹ · 문성원²

영동대학교 와인발효식품학과, ¹천안연암대학 외식산업과, ²영동대학교 호텔외식조리학과

The Retrogradation of Steamed Korean Rice Cake (Jeungpyun) with Addition of Gums

Byung-Sun Kang*, Dong-Ho Kim, Hea-Jeung Whang¹, and Sung-Won Moon²

Department of Food Fermentation Technology, Youngdong University

¹Department of Food Service Industry, Cheonan Yonam College

²Department of Food Service and Preparation, Youngdong University

Abstract Gum was added to Jeungpyun (steamed Korean rice cake) to extend the shelf life and prevent retrogradation. The hardness of Jeungpyun was analyzed and the type of retrogradation was calculated by the Avrami equation. Guar gum, xanthan gum and pullulan were added to the steamed Korean rice cake at contents of 0.05%, 0.1% and 0.5% (w/w). The moisture contents of the steamed Korean rice cake stored at 4°C remained unchanged over the three days. When the concentration of added gums was less than 0.1%, the hardness was lower than that of the non-added gum. At a gum concentration of 0.5%, the hardness of Jeungpyun with added guar gum and xanthan gum was higher than that of pullulan and non-added Jeungpyun. The types of retrogradation varied according to the amount and the kind of the added gums. The type of retrogradation of pullulan-added rice cake was similar to that of xanthan-added rice cake. The Avrami exponent of pullulan-added and xanthan-added Jeungpyun was 1.4~1.49 and 1.25~1.43, respectively. As the concentrations of pullulan were increased from 0.05% to 0.5%, the time constant (1/k) increased from 5.37 to 15.65. Pullulan and xanthan gum were confirmed to be more effective than guar gum for preventing the retrogradation of the steamed Korean rice cake known as Jeungpyun.

Key words: pullulan, xanthan, retrogradation, jeungpyun, avrami equation

서 론

증편은 쌀을 이용한 곡류 가공식품으로서 서구식 빵과 유사한 발효 과정을 거쳐서 만들어진다. 우리나라 고유의 떡인 증편은 특유의 해면상의 조직과 독특한 식감 및 특별한 기호성을 지니고 있다(1). 증편은 매우 높은 수분 함량을 나타내며 다른 종류의 떡보다도 빨리 굳지 않는 장점이 있으나, 수분함량이 낮은 서양식 밀가루 빵에 비해서 저장기간이 짧은 것이 단점이다. 증편이나 떡과 같은 식품은 전분의 노화에 의해 저장 중에 경도가 증가하는데, 이러한 현상은 수분과 열에 의해 호화되었던 전분 분자 구조가 저온에서 분자끼리 수소결합을 형성하여 재회합하는 반응이다(2). 주성분이 전분인 곡류 가공식품은 전분의 노화를 지연시키는 것이 품질유지의 가장 중요한 문제로서 제시된다(3). 증편의 노화 특성에 관한 연구로서는 쌀가루의 제분방법을 달리한 경우(4), 콩 물, 당 종류, 콩가루, 분유, 계란과 같은 첨가재료를 달리하여 제조한 경우(5), 쌀 품종별 아밀로오스 함량에 따른 증

편의 경도 변화를 연구한 경우(6) 등이 있다.

또한, 용해성 당류(7), 식이섬유(8), 염류(9), 올리고당(10) 등이 전분의 노화를 억제하는 첨가물로 알려졌다. 이러한 물질 중에서 검류는 가용성 식이섬유로서 식품 구성물로서 수분과 같이 분산되어 있는 경우에 망상구조를 형성하는 특징이 있다. 본 연구에 이용한 Pullulan은 *Aureobasidium pullulans*에 의해 생산되는 다당류로서 maltotrios를 기본단위로 하여 $\alpha(1-4)$ 와 $\alpha(1-6)$ 결합으로 중합된 α -glucan이다(11). Pullulan은 독성 및 돌연변이성이 없는 가식성 다당류로서 식품원료 및 포장재, 물성 개량제로 이용되고 식품뿐만 아니라 화장품, 의약품 등으로도 그 사용범위가 점차 늘어가고 있는 고분자 물질이다(12). 또한, 산소투과성도 낮을 뿐만 아니라 혈장 내의 콜레스테롤 수치를 낮추어 주는 특징이 있다(13).

Guar 검은 콩과식물의 점질 다당류로서 Indian cluster bean의 껍질과 배유를 분리한 후 배유를 갈아서 추출한 수용성 섬유소의 일종이다. 음료, 육류, 드레싱, 소스와 같은 다양한 식품에서 점증제와 안정제로서 사용되고 있다(14). Xanthan 검은 *Xanthomonas campestris*가 생산하는 검류로서 제빵 과정에서 전분 입자의 점착성과 수분 보유력을 증진시켜 보존기간을 연장하고 물성을 개량하는데 이용되고 있다(15). Guarda 등(16)은 xanthan 검과 같은 hydrocolloid를 빵 등에 첨가했었을 때에는 전분의 노화, 수분 함량 손실 등을 방지하는 역할을 하며 제조 과정 중의 물성을 개량시켰다고 보고하였다. 또한, 글루텐과 같은 단백질 함량이 부

*Corresponding author: Department of Food Fermentation Technology, Youngdong University, Yeongdong-gun, Chungcheongbuk-do 370-701, Korea
Tel: 82-43-740-1188
Fax: 82-43-740-1109
E-mail: andrewkang@youngdong.ac.kr
Received August 31, 2006; accepted October 12, 2006

축하여 조직을 형성할 수 없는 메밀이나 쌀과 같은 곡류로 빵을 만들 때에 xanthan 검이나 guar 검 등의 검류를 첨가하면 안정성이 증가하여 반죽 시의 물성 개량에 조직감이 개선되며 강한 수분결합력에 의한 수분 보유력의 향상과 저장기간의 연장이 나타난다고 하였다(17,18). 이처럼 검류는 식품의 조직 안정성, 보수성, 식감, 점도 등을 조절하여 품질 수명과 상품성을 증진시키는 역할을 한다(19). 그뿐만 아니라 검류는 기존의 물성 개량 효과뿐만 아니라 신체 내에서 콜레스테롤 농도 저하, 세포의 활성 증진, 고혈압 예방 효과, 당뇨병 치료와 같은 생리활성을 나타내었다고 보고되어 있다(20). 전분함유 식품은 노화에 의해 결정화 현상이 발생하며 이러한 결정화 과정은 시간 의존성으로서 수분함량과 저장 온도에 의해 가장 큰 영향을 받는다. 결정화과정은 가교 결합 간의 물리적 형태로서 여겨지는데, 매우 고수준의 가교 결합 상태에서 비정형 고분자의 운동 경향은 치밀한 결정화 현상과 거의 유사한 것으로 알려졌다. Avrami 식은 전분과 같은 고분자 화합물의 결정화 속도와 유형을 분석하는데 많이 이용하는 이론이며, 일정한 밀도를 유지하는 핵에 의해 상변화가 일어나거나 일정한 속도로 핵이 형성되는 경우를 동력학적으로 해석을 하는데 유용하다(21). 본 연구에서는 검류의 종류와 첨가량을 달리 한 증편의 노화 유형과 속도에 대하여 Avrami 식으로 분석하여 검류의 물성 개량 능력과 기능성을 전분식품에 응용하고자 하였다.

재료 및 방법

쌀가루 제조

쌀가루는 경기도 화성군 정남면 패랑리에서 2000년에 생산된 1등급 쌀을 2차 습식 제분하여 사용하였다. 쌀을 15°C에서 8시간 동안 수침 후, 일반 방앗간에서 roller mill로 2번 습식 제분하였다. 1차 제분 시 쌀가루의 수분함량은 35%이고, 2차 제분 시에는 물을 첨가하여 최종 쌀가루의 수분함량은 37%로 조정하였다.

증편 제조

쌀가루에 대하여 sucrose 15%, NaCl 1.1%, yeast 1%를 첨가하였으며, 각각의 검 종류와 사용량을 달리하여 혼합하였다. 사용한 검류는 Sigma 사의 guar 검과 xanthan 검, (주)KBP의 pullulan을 사용하였으며, 쌀가루에 대해서 0.05%, 0.1%, 0.5%의 비율로 첨가하였다. 효모는 (주)제니코의 제빵용 효모(saf-instant yeast)를 사용하였다. 쌀가루 100g에 대하여 물을 65 mL를 첨가한 시료 혼합물을 향온기(VS-1203P3N, Vision Sci. Co., Korea)를 이용하여 40°C에서 5시간을 발효시켰다. 발효를 끝낸 시료는 소형 용기(지름 38 mm, 높이 50 mm)에 20 g씩 8개로 분할한 후 30분간 증자하여 증편을 수분 함량과 경도 측정을 위해 각각 2번 제조하였으며, 3회 반복 실험하였다.

수분함량 측정

증자가 끝난 시료를 1시간 동안 상온에 방냉한 후 초기 수분함량을 측정하고 밀폐용기에 넣어 4°C에 보관하며 72시간 후의 최종 수분함량을 상압가열 건조법에 의해 105°C에서 열풍 건조하여 측정하였다.

경도 측정

증자가 끝난 시료를 1시간 동안 상온에 내버려둔 후 hardness의 초기값을 측정하였다. 모든 시료들은 4°C에서 12, 24, 48, 72시간 저장한 후에 Rheometer(Sun D-200, Japan)를 이용하여 경도를 측정하였다. 측정 조건은 plate plunger의 지름은 26 mm, cross-

head speed는 200 mm/min, 변화율은 40%로 하였으며 시료의 지름은 38 mm이고 높이는 15 mm로 절단하여 사용하였다. 측정된 결과는 SAS package를 사용하여 다중 범위 시험 비교법(Duncan's multiple range test)으로 검증하였다.

Avrami 방정식

검류를 첨가한 증편의 저장 중의 경도 변화로부터 Avrami 식을 이용하여 노화속도를 계산하였다. Avrami 식은 다음과 같이 나타내어진다(21).

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

변형률에 대하여 경도의 비율인 탄성계수가 선형으로 나타내어지는 범위 안에서는 위의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta = \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = \exp(-kt^n) \tag{2}$$

양변에 log를 취하면 다음과 같은 식으로 변화된다.

$$\log\left(-\ln \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0}\right) = \log k + n \log t \tag{3}$$

여기에서 θ 는 시간 t 가 지난 후의 비결정화된 영역 부분의 의미하며, k 는 속도상수, n 은 핵결정화의 유형 특성 상수로서 1~4의 값으로 나타내어지며, E_0 는 초기 탄성계수, E_t 는 시간 t 에서의 탄성계수이며, E_L 는 최종 탄성계수이다. 본 실험에서 E_L 는 시료를 4°C에서 7일간 저장한 시료로부터 구하였다. 식(3)에서 노화 속도 상수(k)의 역수는 시간 상수로 정의되며, Avrami 지수(n)는 기울기로부터 구하였다.

결과 및 고찰

수분함량

검류 첨가군과 무첨가군의 전체 수분함량은 Fig. 1에서와 같이 55.3~57.97%의 범위로 나타났다. 제조한 직후의 증편의 수분함량과 4°C 저장온도에서 72시간 지난 증편의 수분함량 간에는 유의차가 없는 것으로 나타났다. Guar 검과 같은 수용성 섬유질은 강한 수분 결합력에 의해 백설기의 노화가 방지되며 조직의 경화를 방지되었다는 보고(22)와 유사한 결과를 보였다. 일반적으로 검류를 첨가하면 수분함량이 다소 증가하는 것으로 보고되어 있으며, 절편과 백설기에 cellulose, pectin 등을 첨가한 경우가 pectin을 첨가한 경우보다 수분결합력이 높은 것으로 보고되어 있다(7,23).

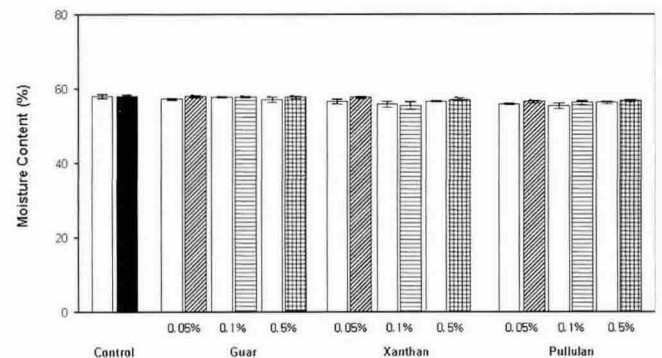


Fig. 1. Changes of moisture contents of steamed Korean rice cake added various gums with different concentration stored at 4°C during 72 hours. □: Non-added gums

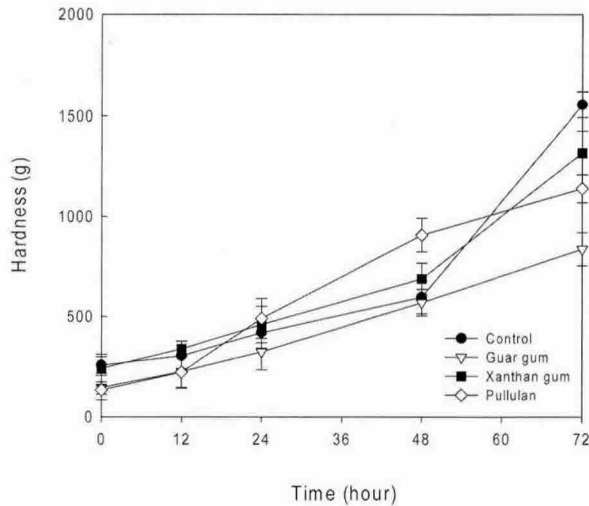


Fig. 2. Hardness changes of steamed Jeungpyun without gums and added with gums (0.05%) stored at 4°C during 72 hours.

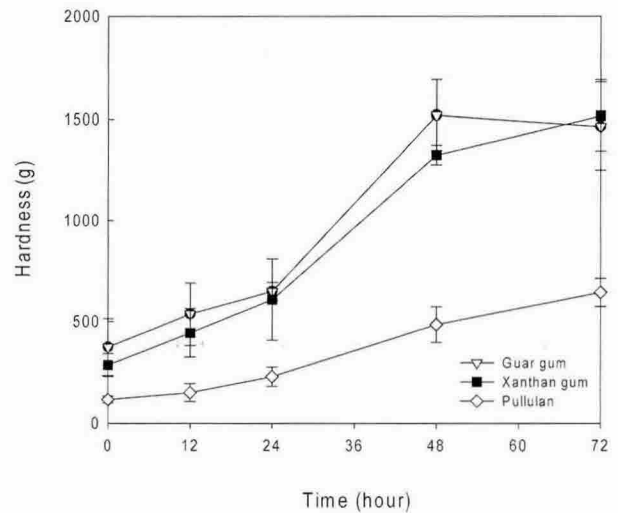


Fig. 4. Changes of hardness of steamed Korean rice cake stored at 4°C with 0.5% concentration of gums.

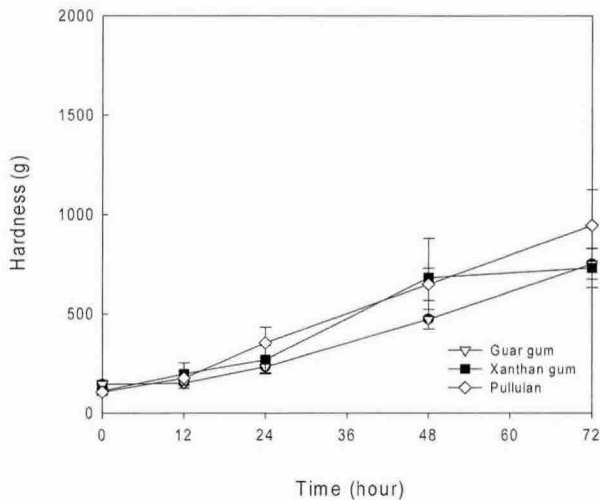


Fig. 3. Changes of hardness of steamed Korean rice cake stored at 4°C with 0.1% concentration of gums.

Xanthan 검 0.1%로 첨가하였을 때 수분함량의 변화는 55.73%에서 55.41%로 감소했으나, guar 검과 pullulan을 첨가하면 수분함량이 57.15%에서 57.93%로, 55.30%에서 56.19%로 다소 증가하는 경향을 나타냈지만 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 4°C 저장 온도에서 72시간 저장해도 수분함량의 변화는 검류 첨가 군과 무첨가군 간에 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

경도 측정

Guar 검, xanthan 검, pullulan의 농도를 각각 0.05, 0.1, 0.5%씩 첨가하여 제조한 증편을 4°C에서 저장하면서 72시간 동안 측정된 경도의 변화를 Fig. 2~4에 나타내었다. 검류를 첨가하지 않은 무첨가군의 경도는 257g에서 72시간 경과 후에는 1,600×g으로 증가하였다. Guar 검을 0.05% 첨가한 경우에는 145g에서 836g으로, xanthan 검 0.05% 첨가한 경우에는 242g에서 1318g으로, pullulan 0.05% 첨가한 경우는 133g에서 1140g으로 경도가 완만하게 증가하였다(Fig. 2). 검류의 농도를 0.1%, 0.5% 첨가하였다

라도 시간 경과에 따라 경도는 증가하였다(Fig. 3). Guar 검과 xanthan 검을 0.5% 첨가한 경우에는 무첨가군보다 초기 경도는 높게 나타났으나 최종 경도는 유사한 범위의 경도 값을 보였다(Fig. 4). 무첨가군은 초기 경도가 257g인데 반하여 guar 검은 374g이며, xanthan 검은 285g이었으며, 저장 후 경도는 무첨가군 1600g, guar 검 1586g, xanthan 검 1517g이었다. 또한, pullulan을 제외한 무첨가군, guar 검, xanthan 검을 첨가한 경우에는 24시간이 지난 이후에 경도가 급격히 증가하였다(Fig. 4).

Guar 검은 식물종자에서 추출한 다당류로서 높은 보수력과 냉염수에서도 용해되는 성질이 있지만 높은 점성 때문에 분산성이 떨어진다고 하였으며(24), xanthan 검은 3차원적 망상구조를 형성하여 수분을 유지하며, 전분 입자들의 응집(cohesion)을 증가시킨다고 하였다(15). 이는 cellulose가 수분 결합력이 높음에도 불구하고 저장기간에 따라 견고성이 크게 나타난 결과와 전분의 결정화를 촉진한다는 결과(25)와 유사한 것으로 guar 검과 xanthan 검은 구조적 성질 때문에 비교적 높은 농도에서는 증편의 쌀 전분과 반응하여 경도가 증가하는 것으로 생각되었다.

Pullulan은 xanthan 검에 비해 consistency index(K)가 5% 정도로 낮으며 젤을 형성하지 않는 성질(11,15) 때문에 pullulan을 첨가한 경우가 무첨가군보다도 더욱 낮은 경도 값을 나타내었다고 여겨진다. 천연 전분이 주성분인 식품의 가열 후 냉각과정에서의 경도 증가 현상은 호화된 상태의 전분이 수소결합 등에 의해 에너지가 낮은 상태인 결정 상태로 돌아가려는 성질에 의한 것이며, 이 과정 중에 발생하는 전분 분자구조의 변화 때문에 발생한다(26). 이처럼 전분 젤의 경도 증가는 일반적으로 결정화의 진행과 연관된 것으로 알려졌다(28). 또한, 증편의 수분함량은 시간 경과에 따른 변화가 없는 것으로 나타났는데, 수분함량 변화가 발생하지 않으며 경도가 증가하는 것은 내부 구조의 변화를 보여주는 것으로 여겨진다.

Avrami 식에 의한 노화 유형

검의 종류와 농도를 달리하여 제조한 증편을 4°C에서 저장하면서 측정된 경도의 변화를 Avrami식으로 분석하였다. Avrami식은 옥수수 전분 젤(27,28)과 cassava 전분 젤(29) 등에 적용한 경우와 같이 전분의 노화 중에 발생하는 결정화 과정의 모델을 추

Table 1. Comparison of the Avrami exponent (n) of steamed Korean rice cake added various gums with different concentrations stored at 4°C

Concentration	Control	Guar	Xanthan	Pullulan
0.05%	1.922	1.283	1.429	1.483
0.1%		2.262	1.245	1.414
0.5%		1.887	1.412	1.489

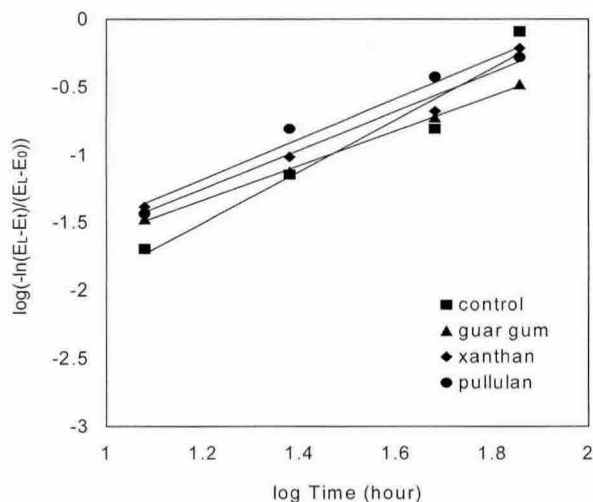


Fig. 5. Plot of $\log[-\ln(E_t - E_0)/(E_t - E_0)]$ against $\log t$ for steamed Korean rice cake added 0.05% gums stored at 4°C.

정하는데 많이 이용되고 있다. 증편의 노화 정도에 따른 경도 변화를 Avrami 식으로 분석한 결과는 Table 1과 같다. 저장 시간이 지남에 따른 최종 탄성과 초기 탄성의 관계에서 무첨가군보다 검류 첨가군에서 시료의 기울기가 완만하게 변화되었다.

Avrami 지수인 n은 핵형성과 성장을 나타내므로 n=1인 경우에는 순간 핵형성이 발생하여 막대 모양의 결정이 형성되며, n=2인 경우에는 순간 핵형성에 이어서 원판 모양의 결정이 형성되거나 산발적인 핵형성에 이은 막대모양의 결정을 형성한다고 하였다(30). 즉, Avrami 지수의 값이 작을수록 핵형성이 지연되어 경화되지 않고 유연한 상태를 유지한다는 의미로도 사용할 수 있다.

검류를 첨가하지 않은 증편의 Avrami 지수는 2에 가까운 1.92로 나타났기 때문에, 검류가 첨가되지 않은 검류 무첨가 증편의 노화유형은 핵형성 유형이 순간 핵형성에 이어서 원판 모양의 결정이거나 산발적인 핵형성에 이은 막대모양의 결정이 만들어지는 유형에 속하는 것으로 나타났다.

Guar 검 첨가군의 경우에는 첨가량이 0.05%에서 0.5%로 증가함에 따라 기울기가 1.28에서 1.89로 증가하는 것으로 나타났다. Guar 검이 0.05%가 첨가되었을 때에는 1에 가까운 값을 나타내어 핵형성이 빠르고 간상 구조의 결정이 만들어지는 유형이었으나 0.1% 이상 첨가되었을 때에는 무첨가군과 유사한 노화유형(n=2)으로 변화하였다. 백설기에 guar 검을 첨가한 경우에 Avrami 지수가 2 이상의 값으로 나타났다는 보고(22)와 본 연구결과는 유사한 경향을 나타내었다. 증편에 pullulan을 첨가했을 때에는 Avrami 지수는 1.41~1.49의 범위를 나타냈으며, xanthan 검 첨가군도 1.25~1.43의 범위를 나타내었다. Xanthan 검과 pullulan을 첨가한 경우에는 Avrami 지수가 1에 유사한 값을 나타내었기에 이들 검을 첨가한 후 4°C에서 저장한 증편의 노화형태는 초기 핵형성이 빠르고 간상 구조형으로 결정화되는 것을 알 수 있었다.

Table 2. Time constant (1/k, days) of steamed Korean rice cake added xanthan gum or pullulan with various concentration stored at 4°C

Gum	Concentration (%)		
	0.05	0.1	0.5
Xanthan	5.18	8.78	3.61
Pullulan	5.37	7.93	15.65

Cellulose, pectin, 밀기울과 같은 식이섬유를 백설기에 첨가하면 pectin을 첨가한 경우에만 노화 유형이 변화되었다는 보고(23)와 유사하게 검류의 첨가량과 종류에 따라 증편의 노화 결정의 형성 유형이 변화됨을 알 수 있었다.

노화속도 상수

Xanthan 검과 pullulan을 첨가한 경우에는 Avrami 지수가 1의 값에 근접한 것으로 나타났기에 시간에 대한 $\ln(E_t - E_0)$ 의 관계를 구할 수 있었으며(Fig. 5), 각 직선의 기울기로부터 구한 시간상수(1/k)는 Table 2와 같다. 시간상수는 xanthan 검과 pullulan을 0.05% 첨가되었을 때에는 5.18과 5.37로서 비슷하였으나 0.5%가 첨가되었을 때에는 xanthan 검 첨가군은 3.61로 감소하고 pullulan 첨가군은 15.65로 증가하였다. Avrami 식에서의 시간상수 값이 낮을수록 노화 또는 경화의 발생이 빨라진다는 것을 의미한다(27). 이러한 결과는 연화제 종류에 따라 다시마의 연화 안정성이 Avrami 식의 시간상수와 양의 관계로 나타난다는 보고(31)와 유사한 결과를 보였다. 또한, 찹쌀떡의 수침시간이 증가함에 따라 찹쌀떡의 시간상수 값이 증가하며 노화가 지연되었다는 결과와 유사한 경향을 나타내었다(32). Table 1과 Table 2의 결과는 xanthan 검과 pullulan이 소량 첨가된 경우에는 노화속도와 노화유형이 비슷하지만, 첨가량이 증가하게 되면 같은 노화유형이라도 xanthan 검을 첨가한 증편의 시간상수 값(5.18~3.61)이 pullulan을 첨가한 증편의 시간상수 값(5.37~15.65)보다 작기 때문에 노화가 빠르게 진행되었다. 이러한 결과는 증편의 노화를 방지하고 경도의 증가를 방지하기 위해서는 검류를 소량 첨가하는 것이 효과적이었다는 것을 나타낸다.

요 약

Guar 검, xanthan 검, pullulan을 첨가하여 증편을 제조하여 4°C에서 저장한 시료의 수분함량의 변화는 유의차가 없었다. 검의 첨가 농도를 낮게 하여 증편을 제조한 경우에는 검 첨가증편의 경도가 무첨가군에 비해 감소하였으나 검의 첨가농도가 0.5% 이상을 첨가하게 되면 pullulan을 제외하고 경도가 무첨가군보다 높게 나타났다. 검류 첨가에 의해 증편의 노화 유형은 변화했으며, Avrami 지수는 pullulan과 xanthan 검을 첨가한 경우에는 n=1에 가까운 값을 나타내어, xanthan 검과 pullulan의 노화 유형이 유사하게 나타났다. Pullulan의 첨가량이 증가함에 따라 시간상수(1/k)도 5.37에서 15.65로 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 실험결과에 의해 검류 첨가량에 따라 수분함량 변화가 거의 발생하지 않았으며, 경도 변화도 적게 나타났다. Xanthan 검 또는 pullulan 첨가가 증편의 노화 속도를 늦춰줌으로써 노화가 지연되며 shelf-life 연장에 효과가 있는 것으로 나타났으며, xanthan 검 또는 pullulan보다 guar 검 첨가한 경우가 가장 효과가 적음을 알 수 있었다.

문 헌

1. Choi YH, Jeon HS, Kang MY. Sensory and rheological properties of jeungpyun made with various additives. *Korean J. Soc. Food Sci.* 12: 200-206 (1996)
2. Cho SY, Choi SG, Rhee C. Determination of degree of retrogradation of cooked rice by near-infrared reflectance spectroscopy. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 579-584 (1994)
3. Kim NS, Nam YJ, Shin DH. Retrogradation of dilute starch dispersion. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 13-18 (1988)
4. Kim YI, Kum JS, Lee SH, Lee HY. Retrogradation characteristics of Jeungpyun by different milling method of rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 834-838 (1995)
5. Choi YH, Kang MY. Studies on processing adaptability of rice varieties for the preparation of Jeungpyun. *J. East Asian Soc. Diet. Life.* 4: 67-74 (1994)
6. Choi CR, Shin MS. Effects of sugars on the retrogradation of rice flour gels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 904-909 (1996)
7. Lee JY, Koo SJ. A study on the effect of addition of dietary fibers on quality of Julpyun. *Korean J. Soc. Food Sci.* 10: 267-276 (1994)
8. Russell PL, Oliver G. The effect of pH and NaCl content on starch gel aging. *J. Cereal Sci.* 10: 123-138 (1989)
9. Son HS, Park SO, Hwang HJ, Lim ST. Effect of oligosaccharide syrup addition on the retrogradation of a Korean rice cake (Karedduk). *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 1213-1221, (1997)
10. Hwang JK. Physicochemical properties of dietary fibers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 715-719 (1996)
11. Sutherland IW. Novel and established applications of microbial polysaccharides. *Trends Biotechnol.* 16: 41-46 (1998)
12. Masuda K, Sakagami M, Horie K, Nogusa H, Hamana H, Hirano K. Evaluation of carboxymethylpullulan as a novel carrier for targeting immune tissues. *Pharmaceut. Res.* 18: 217-223 (2001)
13. Deguchi S, Huroda K, Akiyoshi K, Lindman B, Sunamoto J. Gelation of cholesterol-bearing pullulan by surfactant and its rheology. *Colloid Surface A* 147: 203-211 (1999)
14. Park SK, Cho JM, Rhee CO. Effect of guar gum, carrageenan and calcium chloride on foaming properties of soy protein isolate. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 257-260 (2001)
15. Katzbauer B. Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degrad. Stabil.* 59: 81-84 (1998)
16. Guarda A, Rosellb CM, Bénédictob C, Galottoc MJ. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloid* 18: 241-247 (2004)
17. Chung JY, Kim CS. Development of buckwheat bread; 1. Effects of vital wheat gluten and water-soluble gums on dough rheological properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 140-147 (1998)
18. Chung JY, Kim CS. Development of buckwheat bread; 2. Effects of vital wheat gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 168-176 (1998)
19. Kang MY, Choi YH, Choi HC. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 700-704 (1997)
20. Kim YL, Lee HC, Cho BY, Huh KB. Dietary fiber (guar gum) in management of non-insulin dependent diabetes mellitus. *J Korean Diabetes Assoc.* 14: 73-78 (1990)
21. Koo HJ, Park SH, Jo JS, Kim BY, Baik MY. Gelatinization and retrogradation of 6-year-old Korean ginseng starches studied by DSC. *Lebensm.-Wiss.-u.-Technol.* 38: 59-65 (2005)
22. Choi YS, Kim YA. Effect of addition of potato peel, guar gum, polydextrose on quality of backsulgies. *Korean J. Soc. Food Sci.* 8: 333-341 (1992)
23. Choi JJ, Kim YA. Effect of addition of dietary fibers on quality of Backsulgies. *Korean J. Soc. Food Sci.* 8: 281-289 (1992)
24. Fox JE. Seed gums. pp. 262-283. In: Thickening and Gelling Agents for Food. 2nd ed. Imeson A (ed). Blackie Academic & Professional, London, UK (1997)
25. Kohyama K, Nishinari K. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Food Sci.* 57: 128-137 (1992)
26. Garcia-Alonso A, Jimenez-Escrig A, Martin-Carron N, Bravo L, Saura-Calixto F. Assessment of some parameters involved in the gelatinization and retrogradation of starch. *Food Chem.* 66: 181-187 (1999)
27. Jouppila J, Kansika J, Roos YH. Factors affecting crystallization and dcrySTALLIZATION kinetics in amorphous corn starch. *Carbohydr. Polym.* 36: 143-149 (1998)
28. Lee SW, Rhee C. The effect of water activity and temperature on the retrogradation rate of gelatinized corn starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 370-374 (1994)
29. Kim SK, Ciacco CF, D'Appolonia BL. Kinetic study of retrogradation of cassava starch gels. *J. Food Sci.* 41: 1249-1250 (1976)
30. McIver RG, Axford DWE, Colwell KH, Elton GAH. Kinetic study of the retrogradation of gelatinised starch. *J. Sci. Food Agric.* 19: 560-563 (1968)
31. Song JC, Park HJ. Studies on softening stability of softened sea tangle depending on various softening agents. *Korean J. Food Nutr.* 17: 193-198 (2004)
32. Kim K, Lee YH, Park YK. Effect of steeping time of waxy rice on the firming rate of waxy rice cake. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 264-265 (1995)