

Thermal-Setting 기법에 의한 과실겔의 제조 및 레올로지 특성

지호균 · 김철진 · 조용진 · 장영상* · 박용곤 · 김종태

한국식품개발연구원, *충부대학교 생명식품공학과

Preparation of Fruit/Starch-Based Gels by Thermal-Setting Treatment and Their Rheological Properties

Ho-Kyun Jee, Chul-Jin Kim, Yong-Jin Cho, Young- Sang Jang*,
Yong-Gon Park and Chong-Tai Kim

Biosystems Engineering Team, Korea Food Research Institute

**Department of Biotechnology and Food Science, Joong Bu University*

Abstract

The fruit/starch-based gels were prepared from the mixtures of fruit powders (apple, citron, grape), starch, and gelling agents (pectin, gelatin, arabic gum) at different thermal-setting (TS) time and temperature. The TS time and temperature were varied from 0 to 50 min at 95°C and from 55 to 95°C for 30min, respectively, to study their effects on the rheological properties of fruit/starch-based gels. Rheological measurements of the fruits/starch-based gels were performed in the angular velocity range of 1~100 rad/s. The results were expressed as storage modulus (G'), loss modulus (G'') and $\tan \delta$. All the fruits/starch-based gels showed distinctive frequency dependencies, which were different from each other; The value of G' decreased as TS time increased, whereas the value of $\tan \delta$ increased. At the low velocity range of 1~25 rad/s, the fruits-based gels showed no marked differences depending on the conditions for sample preparation. Of gelling agents, pectin had the highest effect on the extent of these changes for fruits/starch-based gels, followed by gelatin and arabic gums. The visco-elastic properties of apple and grape gels were not higher than those of citron gel. The fruit-based gels were produced at different temperatures (55, 65, 75, 85, and 95°C) for 30 min to study the effects of TS temperature on their rheological properties and gelling speed. This was made by measuring velocity dependency (0.1~8 rad/s) at 20% strain and 30°C. The value of G' decreased as TS temperature increased, whereas that of $\tan \delta$ increased. The Arrhenius relationship was used to find a relationship between the effect of TS temperature and changes in G' . It was found that coefficients of determination for apple, citron, and grape gels were 0.947, 0.986, and 0.953, respectively, indicating that TS temperature was one of important factors for controlling rheological properties and gelling speed of fruit-based gels.

Key words: thermal-setting, fruit-based gel, Arrhenius plot, storage modulus, loss modulus

서 론

미국의 경우 과실의 잉여 생산량이 총생산량중 매년 30~40% 정도에 달하여 이를 이용하여 새로운 제품을 개발하려는 노력이 식품관련 기술자들에 의

하여 시도되고 있지만(Joshi와 Bhutain, 1995), 과실 고유의 특성과 성분으로 인하여 가격적인 면이나 생산의 다양성 면에서 제한적인 문제에 직면하고 있다(Mancini와 McHugh, 2000). 또한 과실을 이용한 가공식품들은 색소, 맛, 또는 향을 내기 위한 목적으로 소량이 이용되고 있을 뿐(Cantor, 1999), 과실을 주원료로 이용한 가공식품들은 부족한 실정이다. 국내에서도 잉여생산된 과실의 이용도를 높이기 위한 방법의 하나로서 종래의 과실제품과는 차별화된 과실제품의 개발에 관한 연구가 시도되어

Corresponding author: Chong-Tai kim, Biosystems Engineering Team, Korea Food Research institute, Songnam 463-746, Kyonggido, Republic of Korea.
Phone: 031-780-9138, Fax: 031-780-9257
E-mail: ctkim@kfri.re.kr

다양한 제품과 기술에 대한 결과가 보고되었다(박용곤 등, 2003), 겔 형태의 대표적인 식품으로는 한천, 두부, 곤약, 육류, 야채류, 곡물 등을 이용한 젤리가 있으며(이태희 등, 1991), 이러한 식품은 전분에 함유된 아밀로스, 아밀로펙틴의 종류 및 구조, 겔화제의 종류와 제조공정에 따라서 겔의 물리적 특성이 달라지므로 다양한 조직감을 가지는 제품을 기대할 수 있다(Gidley와 Bulpin, 1998). 또한 과실 겔의 조성물은 과실에 함유되어 있는 펙틴이나 고분자 폴리머 등의 영향으로 물리적 성질이 달라지며, 전분의 종류와 함량, 첨가물(겔화제, 점증제)의 첨가수준, 물리적인 요소에 의해 점탄성 특성이 결정되어진다(O'Carroll, 1998).

물성학적으로 겔의 가장 큰 특징은 점탄성을 가지고 있는 것이며, 이러한 점탄성체는 시간의존성의 점성과 탄성을 포함하는 물질의 역학적 성질을 나타냄과 동시에 식품의 특성을 연구하는 데 매우 유용하다(Kokini, 1994). 겔의 점탄성에 관한 물성연구는 한천/설탕 조성물로 제조된 겔에 함유되어 있는 수분의 상 분리에 대하여 설탕이 물의 배출을 감소시켜 겔 물성에 미치는 영향(Shin 등, 2002)이 있으며, 복숭아/전분의 혼합물로 압출성형 공정에서 의하여 과실겔을 제조함에 있어서 물, 당 및 전분의 농도가 겔의 색, 경도, 부착성 및 응집성에 미치는 영향에 대한 연구 (McHugh와 Huxsoll, 1999)가 보고되었다. 국내에 있어 과실함량이 높은 과실겔의 제조에 있어 가공공정 변수에 따른 과실겔 혼합물의 형성과 물리적 특성변화에 대한 연구보고는 거의 진행되어 있지 않다.

탄수화물 고분자 물질은 겔형성 기작을 유도하여 안정화시킴으로서 식품에의 적용시 기능과 품질특성을 조절할 수 있기 때문에 확산조절기술, 다가 이온의 결합기술, 가열처리후 냉각에 의한 겔형성 유도기술 등이 이용되고 있다. Ca-알긴산 겔은 실온에서 가교결합에 의하여 쉽게 형성되는데, 최종 형성된 겔은 열에 비가역적인 상태를 유지하며 재가열에 의하여 용융되지 않는다(Imerson, 1990). 저메톡실 펙틴은 고메톡실 펙틴보다 수분과 열에 대하여 화학적으로 안정하며, 이들의 겔형성에 작용하는 인자는 메톡실화 정도, 전하의 정도, 평균분자량, 이온강도, pH, 온도 및 공요질의 존재 등에 좌우된다(Crandall, 1986).

따라서 본 연구에서는 과실분말, 전분 및 겔화제 등으로 조성된 과실겔을 제조함에 있어서 다당류의

thermal-setting(TS) 형성특성을 이용하여 TS의 조건에 따른 과실겔의 형성특성과 제조된 과실겔의 레올로지 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

시료용 사과(apple, *Malus domestica*, Fuji) 분말은 S&D Co.(천안, 대한민국), 유자(Citron, *Citrus medica* L.) 및 포도(grape, *Vitis labrusca* L., Campbell early) 분말은 (주)Food Korea Co.(금산, 대한민국), 옥수수 변성전분인 Ultratex-3는 National Starch Co.(USA), Gelatin은 경기 젤라틴사(서울, 대한민국), Pectin과 Arabic gum은 Sigma(USA)에서 구입하여 사용하였다. 첨가제인 물엿((주)대상)과 설탕((주)제한제당)은 시판중인 제품을 구입하여 사용하였다.

과실겔의 제조

조성물과 TS 처리에 따른 과실겔

과실겔의 제조는 Table 1에서 보는 바와 같이 물엿과 겔화제(펙틴, 젤라틴, 아라비아 검)를 종류수에 15분간 용해시킨 후 미리 혼합해 놓은 과실분말과 전분을 첨가하여 5분간 교반한 다음 알루미늄 접시에 담아 밀봉하였으며, 과실겔 제조 과정은 Fig. 1과 같다. TS 처리는 95°C에서 0, 10, 20, 30, 40, 50분 동안 실시하여 과실겔에 미치는 물리적 특성을 측정하였고, 55, 65, 75, 85, 95°C에서 30분 동안 처리하여 과실겔 형성시 TS조건의 의존성을 분석하였다.

과실겔의 물리적 성질 측정

Rheometer(Model 902-30062 REV B Rheometric Scientific, NJ, USA)을 이용하여 온도 30°C, 각속도 1~100 rad/s, 스트레인(strain) 10% 조건에서 물리적

Table 1. The formulation of fruit gel

Composition	Content
Fruit powder	75 g
Ultratex-3	75 g
Corn syrup	180 g
Water	60 mL
Gelling agent	24 g

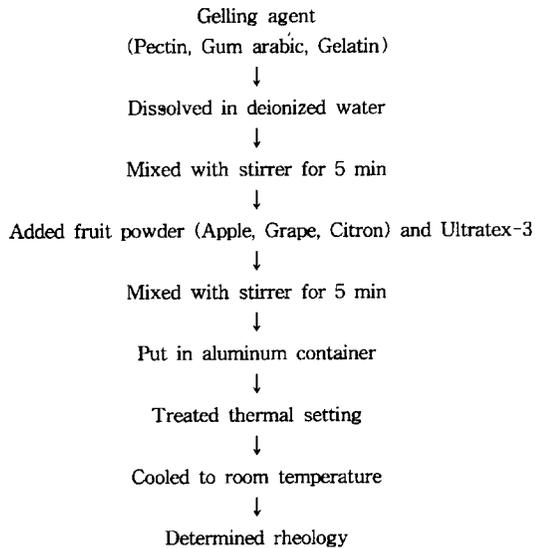


Fig. 1. Procedure for the preparation of fruit gel.

특성을 측정하였다.

과실겔 형성시 TS 처리에 따른 온도 의존성

과실겔 제조시 TS 처리 온도에 따른 의존성은 $\ln G'$ 과 TS 처리온도의 역함수 $1/T$ 에 대한 Arrhenius plot으로 나타내었다.

결과 및 고찰

TS 처리 시간에 따른 과실겔의 점탄성 특성 분석

본 연구에 사용한 점탄성 측정 기법은 동력학적 레올로지 측정법(dynamic rheology measurement)으로서, 측정원료에 작은 변형을 유도하면서 비파괴적으로 레올로지 특성을 측정할 수 있으며, 측정하는 동안 시료의 구조를 유지할 수 있다. 즉, 진동적 사인파형 strain과 동력학적 반응값인 사인파형 stress로부터 시료의 저장탄성(G'), 손실탄성(G'') 및 $\tan \delta$ 값을 얻을 수 있다. 특히, $\tan \delta$ 는 시료에 대하여 가해진 strain과 stress의 위상차(phase difference)를 의미하므로 측정시료의 $\tan \delta$ 값이 90° 이면 완전한 점성액체의 특성을 나타내고, 0° 에 근접할수록 점탄성이 높은 특성을 갖는 것으로 해석되며, G' 와 G'' 의 비 즉, G'/G'' 로 나타낸다. 따라서 $\tan \delta$ 를 이용한 시료의 물리적 특성에 대한 설명은 측정 대상물질의 구조적 변화와 물질변화에 대한 보다 정확한 정보를 제공할 수 있으리라 판단된다.

과실(사과, 유자, 포도) 및 겔화제(펙틴, 젤라틴, 아라비아 검)를 달리하여 제조한 과실겔의 TS 처리 조건에 따른 물리적 특성은 Fig. 2, 3 및 4와 같다. 각속도의 증가에 따라 $\tan \delta$ 가 높아졌으며, TS 처리시간이 길어질수록 G' 은 낮아졌고 $\tan \delta$ 는 높은 값을 나타내었다. 이와 같이 점탄성 특성이 다르게 나타난 것은 겔 형성시의 열·물리적 특성 차이에 의한 것으로 설명할 수 있는데, 즉, 가열시간이 길어질수록 호화전분의 사슬과 과일분말 및 다른 구성성분들의 network 형성이 일어나며 전분분자의 재배열과 가열처리 중 발생한 수분의 손실 등에 기인하는 것으로 판단된다.

겔화제 종류에 따른 과실겔의 점탄성 특성은 겔 형성 능력이 높은 펙틴과 겔형성 능력이 작은 아라비아 검에서 두드러진 차이를 보였다. Fig 2, 3 및 4의 c'에서 보는 바와 같이 아라비아 검이 첨가된 과실겔이 TS 처리에 따라 민감하게 작용함을 알 수 있었다. 펙틴과 젤라틴이 첨가된 과실겔은 유자겔에서만 레올로지 특성이 큰 차이를 나타냈지만, 과실특성상 당이 함유되어 있는 사과겔, 포도겔에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 즉, 과실겔 제조시 첨가된 겔화제의 특성은 물리적인 요소와 과실의 주성분에 따라 특징적인 레올로지를 나타내었음을 알 수 있었다. 펙틴이 첨가된 각각의 과실겔에 나타난 점탄성의 특성을 Fig. 2, 3 및 4의 a'에 나타내었듯이 펙틴의 함량이 높은 과실일수록 유의적인 차이를 보였다. Thakur와 Saxena(2000)의 연구보고에 따르면 여러 가지 검 물질이 스넥의 조직감 특성에 미치는 영향을 살펴본 결과 다양한 검 중 아라비아 검이 가장 낮은 점도를 갖는다고 보고하였는데 이는 본 연구 결과를 뒷받침해 주고 있다. 김인철(1999)의 연구보고에 의하면 일정한 가열온도에서 펙틴 함량이 높고, 가열시간이 짧은 펙틴겔과 펙틴함량이 낮고, 가열시간이 긴 펙틴겔과 다른 겔화제가 첨가된 겔화제에 비해 경도가 높다고 보고하였다. 이는 펙틴이 첨가된 과실겔이 다른 겔화제가 첨가된 과실겔보다 높은 탄성을 유지하는 본 실험의 결과와 유사하였다. 따라서 TS조건이 전분, 수분 등에만 영향을 끼치는 것이 아니라 겔화제의 특성에도 영향을 끼치는 것으로 사료된다.

당이 전분의 노화 방지에 끼치는 영향에 대해서 Kohyama와 Nishinarr(1991)는 전분의 노화 억제에 가장 효과적인 당이 자당이라 보고하였으며, 이러한 결과는 Levine과 slade(1998)의 보고에 의해서도

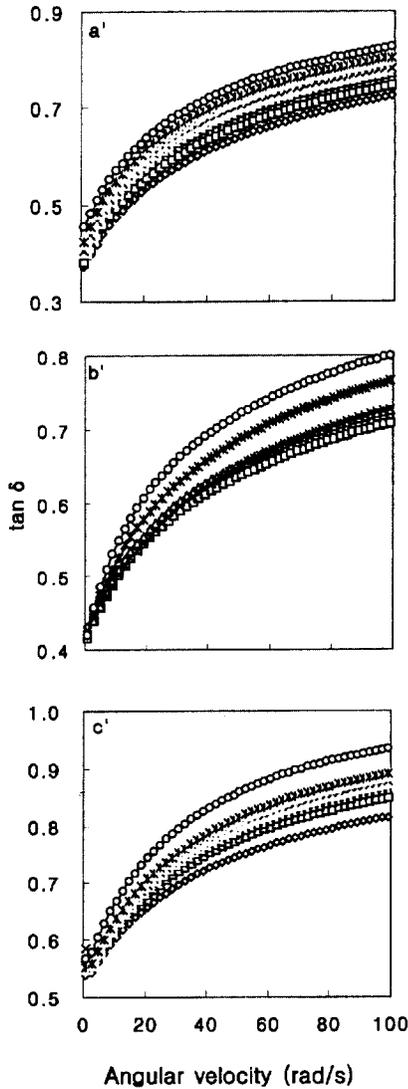


Fig. 2. Angular velocity dependence of $\tan \delta$ for apple/starch gel with various gelling agent.
 TS condition: \diamond - 0 min, \square - 10 min, \triangle - 20 min, \times - 30 min, $*$ - 40 min, \circ - 50 min at 95°C. a': pectin added; b': gelatin added; c': arabic gum added.

입증되었다. 따라서 본 연구에서는 이를 근거로 전분 노화방지에 효과가 큰 설탕과 물엿을 과실젤 제조에 이용하여 점탄성을 측정하였다. 사과젤, 포도젤과 같이 당 함량이 높은 과실이 유자젤보다 G'가 높게 나타났는데, 이는 과실 특유의 당 성분에 의해서 점탄성이 결정지어지는 결과라고 해석될 수 있다. 과실젤 제조시 첨가된 감미료나 과실자체에

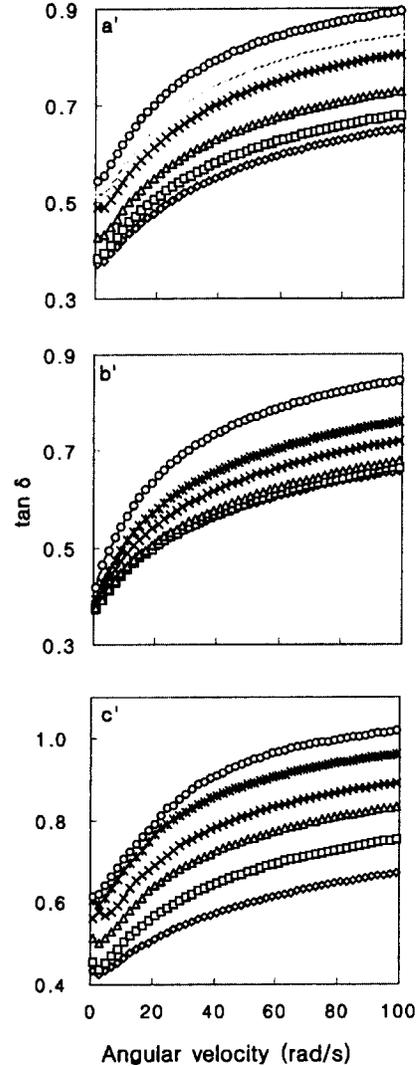


Fig. 3. Angular velocity dependence of $\tan \delta$ for citron/starch gel with various gelling agent.
 TS condition: \diamond - 0 min, \square - 10 min, \triangle - 20 min, \times - 30 min, $*$ - 40 min, \circ - 50 min at 95°C. a': pectin added; b': gelatin added; c': arabic gum added.

함유된 고분자 당이 전분의 호화에 필요한 수분을 흡수하거나 또는 수분의 활성도를 저하시켜 젤의 노화 억제에 대한 영향과, TS 처리 동안 수분-당 결합에 의해 결정화가 일어나기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 각기 다른 TS 처리조건이 전분의 호화 정도에 영향을 미쳐 젤의 물리적인 특성인 점탄성이 증가된 것이며, 이 때 당이 호화를 지연 또는 방지

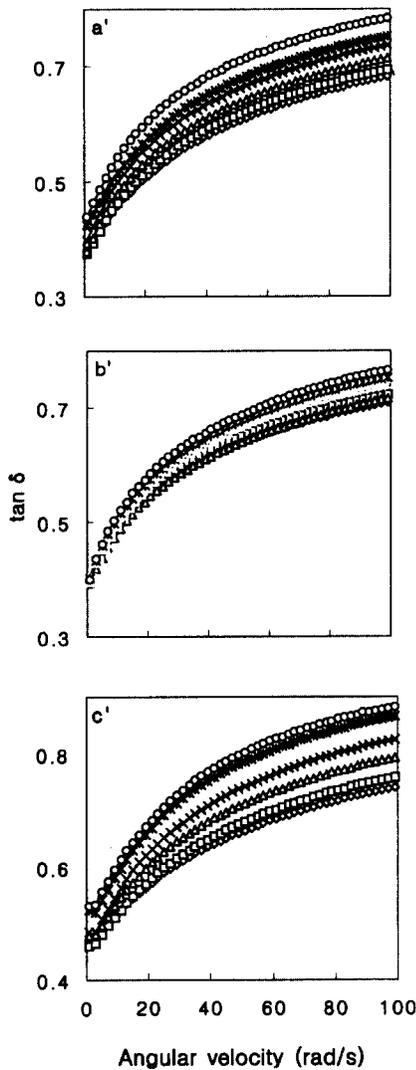


Fig. 4. Angular velocity dependence of $\tan \delta$ for grape/starch gel with various gelling agent. TS condition: \diamond - 0 min, \square - 10 min, \triangle - 20 min, \times - 30 min, $*$ - 40 min, \circ - 50 min at 95°C. a': pectin added; b': gelatin added; c': arabic gum added.

시킴으로써 점탄성체를 유지하는 것으로 해석된다.

TS 처리 온도에 따른 과실겔의 점탄성 특성 분석

TS 처리 온도가 펙틴을 첨가한 과실겔에 미치는 영향은 Fig. 5에서 보는 바와 같이 TS 처리시간을 달리한 과실겔과 유사한 결과를 나타내었다. 사과겔의 경우 G' 은 TS 처리온도에 따른 차이는 크게

나타나지 않았고, 유자겔의 G' 의 값이 사과나 포도겔의 G' 보다 낮게 나타났다. 이러한 특성 또한 유자가 함유하고 있는 펙틴 성분이 겔의 물성변화에 가장 많은 영향을 끼친 것으로 해석된다. 즉, 저장탄성률보다 손실탄성률이 높게 나타나 펙틴의 레올로지 특성과 유사한 결과를 보였다. 황재관(1995)의 연구에 의하면 펙틴은 손실탄성률이 저장탄성률보다 크기 때문에 분자간의 강한 작용보다는 분자자체의 유동성이 강해 펙틴의 레올로지 특성은 점성이 점탄성을 지배하는 것으로 보고하고 있는데, 본 연구에서 나타난 펙틴 특성은 이러한 해석에 일치하는 결과라고 판단된다. Lii 등(1995)의 연구보고에 따르면, 전분을 가열하였다가 냉각시키는 과정에서 가열처리 온도가 높은 전분일수록 G' 는 낮게 나타났다고 보고하였는데, 본 연구에서 TS 처리조건에 따른 과실겔의 점탄성 특성이 이와 유사한 결과를 나타냈다. TS 처리에 따른 전체적인 과실겔의 레올로지 특성은 TS 처리시간이 과실겔의 점탄성에 미치는 영향에서 나타났듯이 TS 처리온도가 증가할수록 낮은 G' 을 나타내었고, 이에 따라서 $\tan \delta$ 는 TS 처리온도에 비례하여 높은 값을 나타내었다.

과실겔 형성시 TS 처리 조건에 따른 의존성

과실겔의 TS 처리 온도 의존성을 규명하기 위해 각각의 과실과 겔화제 중 펙틴만을 첨가하여 과실겔의 제조하였다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 과실겔의 $\ln G'$ 과 TS 처리 온도의 역함수 $1/T$ 에 대한 Arrhenius plot을 나타내어 TS 처리 온도가 증가할수록 높은 결정계수(사과겔: $R^2=0.9474$; 유자겔: $R^2=0.9856$; 포도겔: $R^2=0.9583$)를 나타내는 반응을 나타내었다. TS 처리 온도에 따른 과실겔 형성의 활성화에너지는 유자겔 4.905×10^3 kJ/kg, 포도겔 3.824×10^3 kJ/kg, 사과겔 2.99×10^3 kJ/kg를 나타내고 있다. 본 실험에 사용한 과실분말의 pH는 유자분말 2.65, 포도분말 3.94, 사과분말 3.97을 보였는데, 과실겔의 형성에 있어서 중요한 인자는 pH인데 Mouquet 등(1996)은 pH가 과실 pulp의 조직감의 형성 속도에 미치는 영향에 대해서 pH가 높을수록 조직감 형성 속도에 의존적이었다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서 유자겔의 겔형성에 관계한 활성화에너지가 포도 또는 사과겔보다 높은 값을 보인 것은 유자분말의 낮은 pH의 영향 때문인 것으로 판단된다.

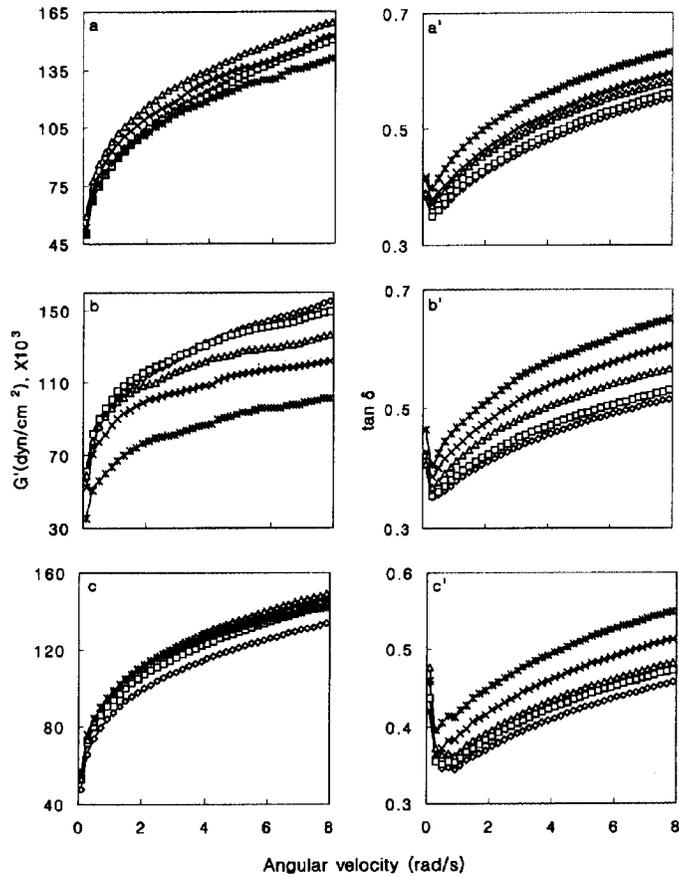


Fig. 5. Angular velocity dependence of G' and $\tan \delta$ for fruit/starch gel with pectin added. TS condition: \diamond - 55(°C), \square - 65(°C), \triangle - 75(°C) \times - 85(°C), $*$ - 95(°C), for 30 min. a, a': apple; b, b': citron; c, c': grape

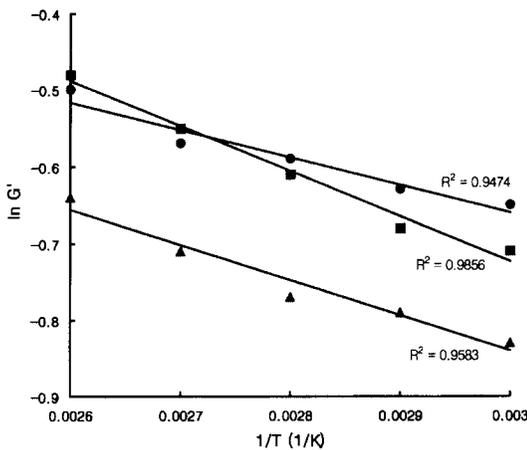


Fig. 6. Arrhenius plot of $\ln G'$ VS $1/T$ for fruit/starch gels. \bullet - apple/starch gel, \blacksquare - citron/starch gel, \blacktriangle - grape/starch gel

요 약

과실겔(사과겔, 유자겔, 포도겔)은 과실분말(사과, 유자, 포도)과 겔화제(펙틴, 젤라틴, 아리비아 검)의 종류에 따른 과실겔 조성을 가열시간과 가열온도를 달리하는 thermal-setting(TS) 처리를 통하여 제조하였다. TS 처리에 따른 물리적 특성을 측정하기 위해 가열온도 95°C에서 가열시간 0, 10, 20, 30, 40, 50분간 처리하였다. TS 처리시간을 달리한 과실겔의 점탄성 특성은 일정한 온도(30°C)와 strain (10%)에서 각속도(1~100 rad/s)의 변화에 따른 점탄성을 측정하여 저장탄성(G'), 손실탄성(G'') 및 $\tan \delta$ 값을 얻었다. 과실겔의 $\tan \delta$ 변화는 각속도가 증가됨에 따라 TS 처리시간에 의존하여 뚜렷한 결과를 보여 TS 처리시간이 증가할수록 $\tan \delta$ 가 증가하였다. 또한 첨가된 겔화제의 종류에 따라 G' , G'' , \tan

δ 의 값은 펙틴, 젤라틴, 아리비아 검 순으로 높게 나타났다으며 TS 처리시간에 따른 점탄성 변화는 유자겔이 사과겔과 포도겔에 비하여 크게 나타났다. TS 처리온도가 겔의 점탄성 특성과 겔화속도에 미치는 영향을 측정하기 위해 TS 처리를 55, 65, 75, 85, 95°C에서 30분 동안 처리하였고, 또한 과실겔을 일정한 온도(30°C)와 strain (20%)에서 각속도(0.1~8 rad/s)의 변화에 따른 G' , G'' , $\tan \delta$ 값으로 분석하였다. TS 처리온도에 따른 점탄성은 TS 처리시간을 달리한 과실겔의 결과와 유사하였다. TS 처리온도에 따른 과실겔 형성의 온도 의존성을 분석하기 위해 일정한 각속도에서 나타난 G' 으로 Arrhenius plot한 결과 사과겔, 유자겔, 포도겔의 결정계수가 각각 0.947, 0.986, 0.953을 보여 TS 처리온도가 과실겔 형성에 중요한 요인으로 작용함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 수행한 2000/2003년도 농림특정연구개발사업(첨단기술개발과제)의 연구지원비에 의하여 수행한 연구결과의 일부분이며 연구지원에 감사드립니다.

문헌

- 박용곤, 김종태, 김성수, 오승용, 박동기. 2003. 국산 과실류의 활용성 제고와 수출상품화를 위한 가공기술 개발 및 제품 다양화. 한국식품개발연구원 보고서 GA0402-0260, 대한민국
- 백만희, 신말식. 1991. 쌀전분으로부터 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴 혼합겔의 형태학적 구조. 한국식품과학회지 **31**(5): 1171-1177
- 이태희, 이운형, 유명식, 이규순. 1991. 젤리의 기계적 및 관능적 물성. 한국식품과학회지 **23**(3): 336-340
- 황재관. 1995. 감귤류 펙틴용액의 레올로지 특성. 한국식품과학회지 **27**(5): 799-806
- Cantor, S. 1999. Fruity ideas. *The World of Ingredients* **6**: 30-32
- Crandall, P.G. and L. Wicker. 1986. Pectin internal gel strength: theory, measurement and methology. In: *Chemistry and Functions of Pectin*. M.L. Fishman and J.J. Jen(ed.). American Chemical Society, Washington, USA. pp. 88-92
- Gidley, M.J. and P.V. Bulpin. 1989. Aggregation of amylose in aqueous systems; The effect of chain length on phase behavior and aggregation kinetics. *Macromolecules* **33**: 341-346
- Imerson, A. 1990. In *Gum and Stabilizers for the Food Industry*. G.O. Philips, D.J. Wedlock and P.A. Williams (ed.). Pergamon Press, Oxford, England. pp. 553-562
- Joshi, V. K. and V.P. Bhutani. 1995. In *Handbook of Fruit Science and Technology; Production, Composition, Storage and Processing*, D.K. Salunkhe, (ed.). Macel Dekker, Inc., New york, USA
- Kohyama, K. and K. Nishinari. 1991. Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *Agri. Food Chem.* **39**: 1406
- Kokini, J.L. 1994. Rheological properties of food, Marcel Dekker, New York, USA. pp. 1-144
- Levine, H. and L. Slade. 1987. Water as a plasticizer. *Water Science Reviews* **3**: 79-185
- Lii, C.-Y., Y.Y. Shao and K.H. Tseng. 1995. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem.* **72**(4): 393-400
- McHugh, T.H. and C.C. Huxsoll. 1999. Extrusion processing of restructured peach and peach/starch gels. *Lebensm-Wiss u-Technol.* **32**: 513-520
- Mancini, F. and T.H. Mchugh. 2000. Fruit-alginate interactions in novel restructured products. *Nahrung* **44**(3): 152-157
- Mouquet, C., C. Aymard, S. Guilbert, G. Cuvelier and B. Launay. 1997. Influence of initial pH on gelation kinetics of textureized passion fruit pulp. *Lebensm-Wiss u-Technol.* **30**: 129-134
- Pat O'Carroll. 1998. Fruit baking. *The World of Ingredients* **9**: 26-32
- Shin J., P. Cornillon and L. Salim. 2002. The effect of centrifugation on argar/sucrose gels. *Food Hydrocol.* **16**: 89-94
- Thakur, S. and D.C. Saxena. 2000. Formulation of extruded snack food(gum based cereal-pulse blend); Optimization of ingredients levels using reponse surface methodology. *Lebensm-Wiss u-Technol.* **33**: 354-361