

쌀가루 수용액 계의 유동 특성에 미치는 칩 분말의 첨가 효과

이신영 · 오건준 · 정광승* · 박홍조**

강원대학교 환경·생물공학부, * 영월공업고등학교 식품공업과, **충주산업대학교 고분자공학과

Effect of Arrow Root Flour on the Flow Property of Rice Flour-water System

Shin-Young Lee, Kun-Jun Oh, Kwang-Seung Jung* and Heung-Cho Park**

Division of Environmental and Biological Engineering, Kangwon National University

*Department of Food Industry, Yongwol Technical High School,

**Department of Polymer Engineering, Chungju National University

Abstract

The influence of addition of arrow (*Pueraria hirsuta* Matsum) root flour and its fractions by ultrafiltration on the flow properties of the rice flour-water systems were investigated. The flow properties of rice flour pastes during cold storage(5°C) were measured and the components from arrow root flour responsible for changes of flow properties were screened. Addition of arrow root flour significantly changed the flow properties of rice flour pastes. Permeate fractions by ultrafiltration, representing low molecular weight component fraction, significantly affected the flow property of rice flour paste stored at 5°C. Addition of permeate fraction to rice flour pastes rapidly decreased the consistency index, yield stress and pseudoplasticity, and showed a stability of flow property during storage suggesting the retardation of rice starch retrogradation. Permeate fractions of ultrafiltration were identified as puerarin, daidzein and daidzin known to representative isoflavonoid from arrow root.

Key words : Arrow root, rice flour-water system, flow properties, retrogradation

서 론

전분의 호화 및 노화현상은 전분질 식품의 독특한 성질로, 특히, 노화현상의 억제에는 전분질 식품의 산업화에 있어서 매우 중요한 과제이다^(1,2). 당류, 지방질, 계면활성제, 식이섬유, 염류 및 효소 등, 각종 물질의 첨가가 노화억제에 효과가 있는 것으로 알려지고 있지만⁽³⁻¹²⁾, 그 동안의 전분 노화에 대한 많은 연구에도 불구하고, 실용성, 경제성 및 장기 저장의 측면에서 효과적으로 노화를 억제할 수 있는 물질은 매우 드문 실정이다. 따라서 노화억제를 위한 새로운 첨가물질의 탐색 연구 필요성은 매우 높은 실정이며, 이 점에서 식물체에 널리 존재하는 tannin류의 전분 호화 및 노화에 미치는 영향을 살펴 볼 필요가 있다. 이는 지금까지 전분의 호화 및 노화에 가장 큰 영향을 주는 것으로 알려지고 있는 당류나 계면활성제들의 경우와 마

찬가지로 tannin류들도 많은 유리 수산기를 가지고 있고, 전분분자와 물리흡착하여 복합체를 형성하므로⁽¹³⁾, 이웃한 전분분자의 수산기 사이에 강한 수소결합을 형성하고 자연발생적으로 입자를 형성하여 결정성을 증가시키는 노화현상에 큰 영향을 줄 것으로 예상되기 때문이다. 하지만 이들 tannin류에 관하여는 최근에 생리활성에 관한 연구가 널리 이루어지고 있을 뿐⁽¹⁴⁾, 전분 노화의 억제효과에 관하여는 전혀 보고된 바 없었다.

칩(*Pueraria hirsuta* Matsum)은 식물분류학적으로 두과에 속하는 다년생 덩굴식물로서 우리나라를 비롯하여 일본, 중국, 인도 및 남양 등 열대지방의 산야에서 자생하고 있다. 이 칩뿌리에는 각종 isoflavonoid가 다량 함유되어 있으며, 25종 이상의 구조가 밝혀졌는데⁽¹⁵⁾, 칩전분의 제조시에 쉽게 얻을 수 있으므로, 비교적 값싸게 얻을 수 있는 천연 tannin류 소재의 하나라 할 수 있다.

한편, 과잉 및 제한된 물 환경하에서 물-전분 수용액계는 노화 억제물질의 첨가로 유동특성의 큰 변화를 동반하며, 전분 수용액계의 점도변화는 구조의 변

corresponding author : Division of Environmental and Biological Engineering, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

화와도 밀접한 관련을 갖는다. 또 이들 유동특성의 변화나 겔보기 정도의 안정성은 노화의 예측에도 이용될 수 있으므로, 전분 수용액계의 유동특성 연구는 노화와 관련된 물질 첨가의 효과를 용이하게 판단하는 수단이 될 수 있다^(16,17).

따라서 본 연구에서는 전분노화에 대한 효과적인 억제물질의 탐색 연구 일환으로, 동진벼 쌀가루(8%, w/v) 호화액의 유동특성에 미치는 칩분말 및 이들의 한외여과 성분분획의 첨가효과를 조사하였고, 아울러 냉장 보관(5°C)중의 경시변화(4주)를 측정하였으며, 이로부터 칩성분의 첨가에 의한 전분 노화억제의 가능성을 탐색하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구의 재료인 쌀은 1997년도에 충남 아산군에서 수확, 도정한 동진벼이며, 이의 전분은 알칼리 침지법⁽¹⁸⁾으로 분리한 것으로, 각각 60 mesh로 분쇄한 후, 5°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 또 칩은 1998년도에 강원도 오대산에서 생산한 것으로, 한국생약협회 가평군 공판장에서 가공한 건조 칩을 구입한 후, 60 mesh로 분쇄하여 사용하였다.

쌀가루 호화액의 조제

쌀전분 및 가루의 호화액은 다음과 같이 조제하였다. 즉 시료에 증류수를 가하여 각각 5 및 8%(w/v) 농도가 되도록 쌀전분 및 쌀가루의 현탁액을 조제하고, 이를 95°C 항온수조에서 일정하게 흔들어 주면서 35분간 가열하였다. 얻어진 호화액은 즉시 감압펌프에 연결시켜 기포를 제거한 후, 흐르는 수돗물에서 5분간 냉각하였고, 이를 호화액으로 하였다. 호화액은 그대로 또는 5°C에서 저장하면서 0-28일 사이의 일정 시간동안 저장한 것을 측정 시료로 사용하였다. 이때, 첨가구의 경우는 쌀 전분 및 가루의 건조증량에 대하여 0.5-9.0%(w/w)의 칩분말을 첨가하여 조제하였다. 칩의 각 성분분획(전분, 한외여과 투과액 및 농축액 분획) 첨가시는 5%(w/w)를 첨가하여 사용하였다.

칩의 성분 분획

칩의 성분은 다음과 같은 방법으로 분획하였다. 증류수 100 mL를 가하여 칩분말의 농도가 10%가 되도록 현탁한 후, 30분간 교반하였다. 이를 6500×g에서 30분간 원심분리하여 상등액과 침전물을 분리하였다. 분리된 상등액은 배제분자량(MWCO) 10,000의 한외여

과막을 사용하여 한외여과장치(Satorius Satocon Mini)로 농축액과 투과액으로 분획하고 각 시료로서 사용하였다. 한편, 칩 전분은 6배량의 증류수를 가하여 저온에서 1일 방치한 후, 침전 고형분만을 회수하였고, 이 과정을 4회 반복하여 정제전분을 얻었다⁽¹⁹⁾. 회수된 전분은 실온에서 3일간 풍건한 후, 100 mesh로 분쇄하여 칩전분 시료로 사용하였다.

유동특성의 측정 및 특성값의 산출

유동특성의 측정은 회전점도계인 Brabender viscosimeter(Viscotron, model No. 803401, Germany)을 사용하여 3-5회 측정하였다. 측정용 컵(E17)에 각 시료액을 스펀들의 표선에 일치하도록 넣고, 30°C에서 10분간 열평형시킨후에 0-128 rpm의 전단속도로 연속적으로 증가시킨 다음, 다시 128-0 rpm으로 감소시키면서 대응하는 토오크 변화를 X-Y-t 기록계로 자동기록하여 시간의존 특성을 측정하였고, hysteresis loop의 형성 여부 및 loop 형태 또는 면적의 크기에 의하여 해석하였다. 이 때, 전단속도(τ)와 전단응력($\dot{\gamma}$)은 회전속도에 따른 측정 토오크 값으로부터 각각 식 (1) 및 (2)에 의하여 구하였다.

$$\tau = B \cdot S \cdot Y \tag{1}$$

$$\dot{\gamma} = N \cdot X \tag{2}$$

여기서 S는 토오크값, N은 회전속도(rpm)이며, B, X 및 Y는 각각 제조사의 manual로 제공되는 토오크 측정용 스프링에 의존하는 scale, shear 및 stress factor이다⁽²⁰⁾.

한편, 시료 유동특성값의 산출은 항복응력을 포함하는 의가소성 유체에 널리 이용되는 다음의 Herschel-Bulkley 식⁽²¹⁾을 적용하여 구하였다.

$$\tau = \tau_y + K \dot{\gamma}^n \tag{3}$$

여기서 τ_n 는 전단응력(Pa), τ_y 는 항복응력(Pa), $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(sec⁻¹)이고, K는 점도지수(Pa·secⁿ), n은 유동지수(-)이다.

식 (3)중의 τ_y 는 다음 식 (4)의 Casson식⁽²²⁾을 적용하여 구하였으며, 모든 계산은 Brabender사의 프로그램을 응용하여 PC로 계산하였다.

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_y} + Kc \sqrt{\dot{\gamma}} \tag{4}$$

여기서 Kc는 Casson 점도(Pa·sec)^{1/2}이다.

유동특성 변화 요인 성분의 분리 및 확인

한외여과 투과액의 분말 시료(20 g)에 methanol 용액

40 mL를 넣어 하룻밤 1회 추출후, 다시 3.5시간 동안 3회 추출하였다. Methanol 추출액을 감압증발(50°C 이하)하여 용매를 증발시켜 황갈색 분말을 얻었고, 이를 butanol-water계에서 분배추출하였다. n-butanol층을 취하여 감압증류한후 건조하여 얻어지는 열은 황갈색 분말을 TLC 시료로 하였다. TLC는 methanol 용해 시료액을 silica gel-coated TLC plate(Kiesel Gel 60, Merck)에 2-5회 spotting하고, CHCl₃/methanol(3:1, v/v)의 용매로 전개한 다음, 전개정도를 자외선에서 확인하였다. 또 HPLC(Waters M-45)는 Sorex ODSpak F-411 column을 사용하여 CH₃CN-0.05 M Na₂HPO₄ (15:85, v/v)를 이동상으로 하였고, 유속 0.7 mL/min, 실온의 column 온도에서 UV detector(254 nm)로 검출하여 실시하였다. 이 때, 분석 표준물질로는 puerarin, daidzein(Sigma Co.) 및 daidzin을 사용하였다.

결과 및 고찰

쌀가루 호화액의 유동특성에 미치는 칩 분말 첨가의 효과

서로 다른 농도의 칩분말 첨가가 쌀가루(8%, w/v) 호화액의 유동특성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 전단속도(0-180 s⁻¹)에 따른 전단응력의 변화를 30°C에서 측정하여 유동곡선을 얻었으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다.

시료 조제 직후 쌀가루 호화액은 전단 상승 곡선과

하강 곡선이 서로 일치하지 않고 hysteresis loop를 형성하였고, 전단이력후 전단응력은 감소하였다. 전단이력후에 전단응력이 감소하는 것은 갑작스런 전단으로 인하여 구조가 파괴됨을 의미하므로⁽²³⁾, 쌀전분 호화액은 구조변화를 동반하는 유동, 즉 불완전한 회복성의 thixotropy 거동을 나타냄을 알 수 있다. 그러나 각 전단속도에 대응하는 전단응력 값과 hysteresis loop 면적의 크기는 칩분말 첨가구가 대조구보다 낮았으며, 칩분말 첨가량의 증가에 따라 크게 감소하는 경향을 보였다. Hysteresis loop의 면적은 thixotropy 파괴의 척도로, Hebeish 등⁽¹⁶⁾은 urea 첨가 전분 페이스트의 hysteresis loop면적은 무첨가 전분 페이스트보다 더 작은데, 이는 더욱 균일한 콜로이드 계를 형성하여 적용되는 응력에 영향을 받지 않기 때문이라 하였다. 따라서 칩분말의 첨가는 쌀가루 호화액의 전단에 의한 구조의 파괴를 감소시켜 안정성을 증가시키는 것으로 생각된다. 또 쌀가루의 각 시료구는 칩분말의 첨가유무 및 첨가농도에 관계없이 모두 측정 농도 범위에서 항복응력이 존재하였으며, 전단속도에 따른 전단응력의 변화는 비직선적으로 증가하여 전분 호화액에서 전형적으로 보여지는 의가소성의 비뉴턴 유체 거동을 나타내었다.

항복응력을 갖는 비뉴턴 유체 거동의 일반적 유체 변형 모델로는 Herschel-Bulkley 식⁽¹¹⁾이 널리 이용되므로, Casson 식⁽²²⁾에 따라 상승곡선의 항복응력값을 구한 후, 각 전단응력값에서 항복응력 값을 뺀 차이 값에 대한 전단속도의 관계를 대수값으로 도시하였으

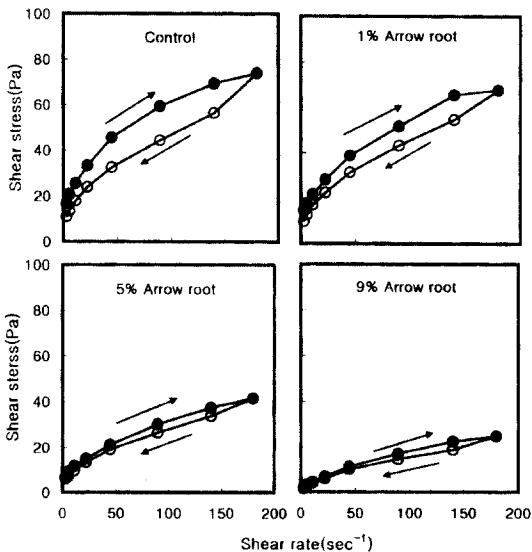


Fig. 1. The flow curves of 8% (w/v) rice flour pastes with different concentrations of arrow root flour at 30°C.

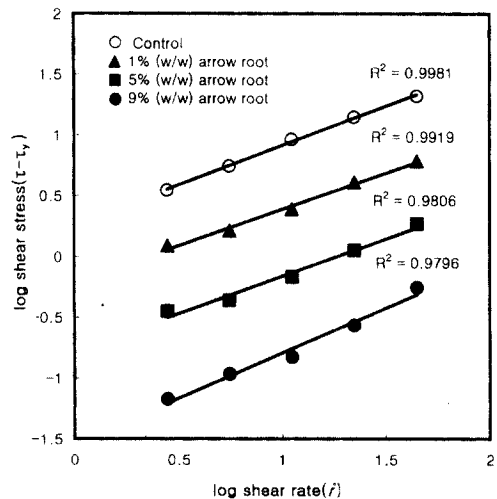


Fig. 2. Plot of shear stress($\tau - \tau_0$) vs shear rate($\dot{\gamma}$) for 8% (w/v) rice flour pastes with different concentrations of arrow root flour at 30°C.

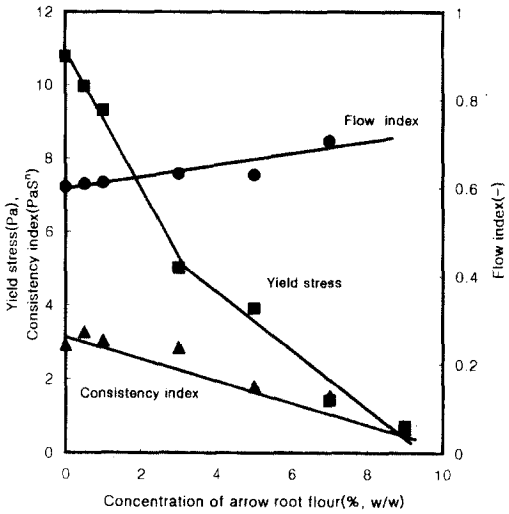


Fig. 3. Effect of arrow root flour concentration on yield stress(τ_y), flow index(n) and consistency index(K) value of 8%(w/v) rice flour paste at 30°C.

며, 그 결과는 Fig. 2와 같다.

시료의 유동거동은 모두 단일의 직선 관계를 나타내어($R^2=0.9796-0.9981$) Herschel-Bulkley식에 잘 따름을 알 수 있었다. 따라서 이들 식을 사용하여 칩분말의 농도변화에 따른 쌀가루 호화액의 유동변수값을 산출하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다.

먼저 유동지수(n) 값의 변화를 살펴보면, 칩분말의 농도의 증가에 따라서 n 값이 증가하는 경향을 보였다. 대표적으로 대조구와 칩분말 9%(w/w)의 첨가구를 비교하면, 대조구의 경우는 유동지수가 0.601인 반면, 첨가구의 경우는 0.732로 증가하여 칩분말의 첨가로 다소 의가소성이 감소하였다. 또한 항복응력(τ_y) 값의 경우는 칩분말 첨가 농도의 증가에 따라서 첨가농도 3%까지 그 값이 급격히 낮아지다가 이후 이 보다 완만하게 낮아지는 경향을 보였다. 한 예로서 대조구와 칩분말 9%(w/w)의 첨가구를 비교하면, 대조구의 경우는 항복응력이 10.77 Pa인 반면, 첨가구의 경우는 0.71 Pa로써 칩분말 첨가로 항복응력의 현저한 감소를 나타내었다. 점조도 지수 K 값의 경우도 항복응력과 비슷한 경향을 보여 칩분말의 농도의 증가에 따라서 K 값이 감소하는 경향을 보였다. 따라서 칩분말은 항복응력, 의가소성 및 점조도 지수값을 감소시키는 특징을 나타냄을 알 수 있었으며, 대체로 대조구의 비뉴턴성의 의가소성 유체거동은 칩분말의 첨가로 뉴턴성 유체에 유사한 유체거동으로 변화됨을 알 수 있었다. 통상 온도의 증가는 점도와 hysteresis loop를 감소시키는

반면, 농도의 증가는 점도와 hysteresis loop를 증가시키는데, 전자는 온도가 높아지면 부피의 증대로 분자간 거리가 멀어져 흐름이 쉬워지기 때문이며, 후자는 전분의 농도 증가에 따라 분자들이 서로 인접할 가능성이 높아져서 분자간 결합을 끊는데 더 많은 힘이 필요하여 흐름이 어려워 지기 때문이다⁽²⁴⁾. 전분의 경우는 가열중 전분이 수화, 팽윤하여 붕괴되는 과정에서 붕괴되지 않고 남아있는 팽윤전분립 내의 수분함량과 연속상의 수분함량 비율에 따라서 유동거동이 달라지는 것으로 알려지고 있다⁽²⁵⁾. 따라서 팽윤이 억제되면 점도의 저하현상이 일어나는데, 칩분말 첨가에 의한 항복응력, 의가소성 및 점조도 지수값의 감소도 이러한 수화나 팽윤의 억제와 관련이 있을 것으로 생각된다.

쌀가루 호화액의 저장중 유동특성의 경시변화

칩분말은 조제직후 쌀가루 호화액의 유동 특성에 매우 큰 영향을 미쳤으므로, 저장경시변화를 알아보기 위하여 비교적 뚜렷한 영향을 미치기 시작하는 5%(w/w) 칩분말 첨가구에 대한 5°C 저장구에서의 시간 의존성 유체의 거동을 28일간 저장하면서 일정시간 간격으로 30°C에서 조사하였고, 그 결과를 Fig. 4 및 5에 도시하였다.

대조구의 시간 경과에 따른 hysteresis loop은 비교적 큰 hysteresis loop를 형성하는 반면(Fig. 4), 5%(w/w)의 칩분말을 첨가한 경우(Fig. 5)는 hysteresis loop를 거의 형성하지 않아 전단력에 의한 구조의 파괴가 거

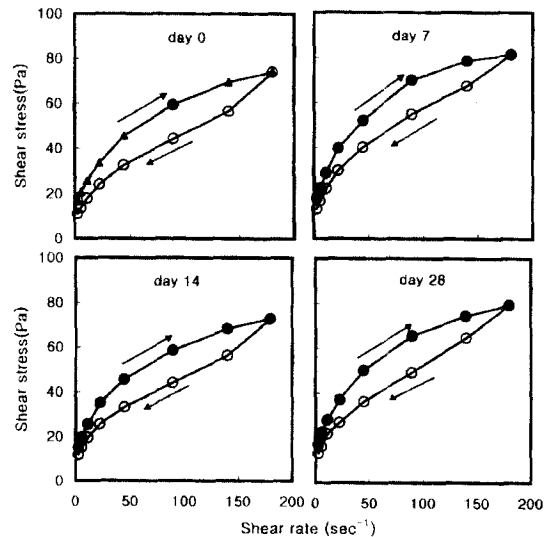


Fig. 4. The flow curves of 8%(w/v) rice flour pastes in the absence of arrow root flour during storage at 30°C.

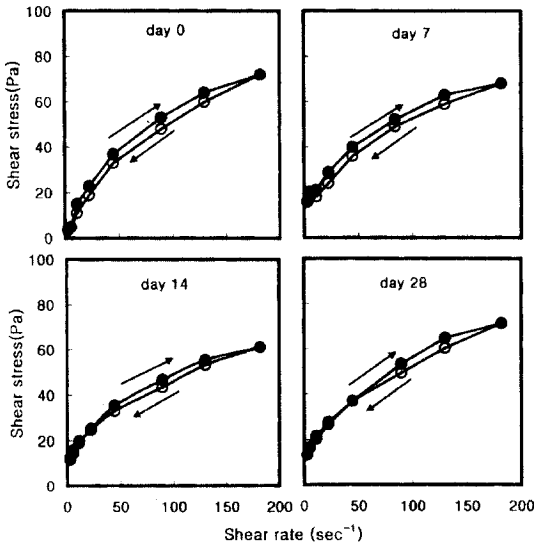


Fig. 5. The flow curves of 8%(w/v) rice flour pastes in the presence of 5%(w/v) arrow root flour during storage at 30°C.

의 없는 안정한 회복성을 나타냄을 알 수 있었다. 이들의 상승곡선을 기준으로 항복응력, 유동지수 및 점조도 지수의 값을 구하였고, 경시변화를 Fig. 6에 나타내었다. 항복응력(τ_y) 값의 경시변화를 보면 대조구와 각 첨가구에서 큰 차이를 보여서 대조구의 경우는

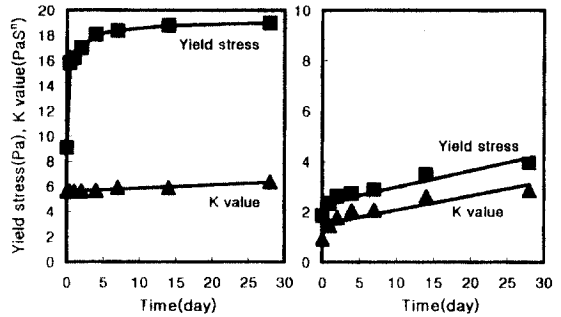


Fig. 6. Comparisons of flow properties between 8% rice flour pastes without(left) and with (right) 5%(w/v) arrow root flour during cold storage of 5°C(measuring temperature = 30°C).

9.07-18.96 Pa의 범위에서 저장 2일까지 급격히 증가한 후 서서히 증가하는 경향을 보였다. 반면, 5%(w/w)의 첨가구의 경우에는 1.84-4.62 Pa로 대조구보다 현저히 낮았고, 저장 2일까지 급격히 증가한 후 다소 서서히 증가하는 경향을 보였다. 또 점조도 지수 (K)값의 경우도 대조구는 시간 경과에 따라 5.59-6.34 Pa·Sⁿ인 반면, 5%(w/w) 칩분말 첨가구의 경우는 1.908-2.84 Pa·Sⁿ 범위로 대조구보다 현저히 낮았다. 그러나 유동지수 (n)값의 경우는 대조구 및 각 첨가구 모두 0.6내외로 시간 경과에 따라 미미한 의가소성의 증

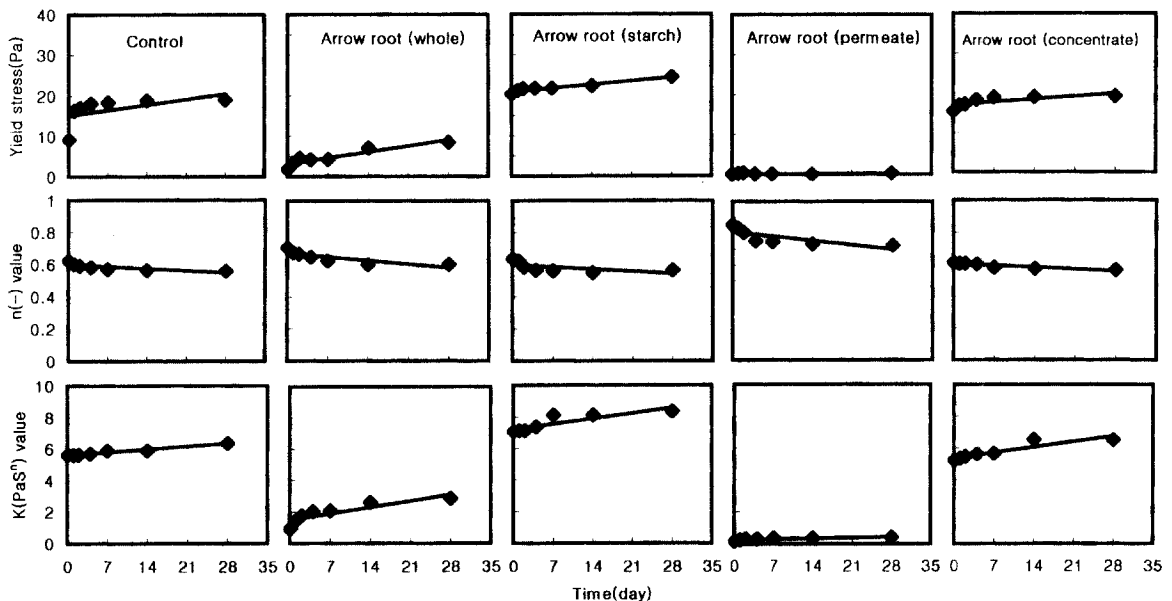


Fig. 7. The changes of yield stress, flow index(n) and consistency index(K) for 8%(w/v) rice flour pastes with 5%(w/v) arrow root flour and its fractions(starch, permeate and concentrate) during cold storage of 5°C(measuring temperature = 30°C).

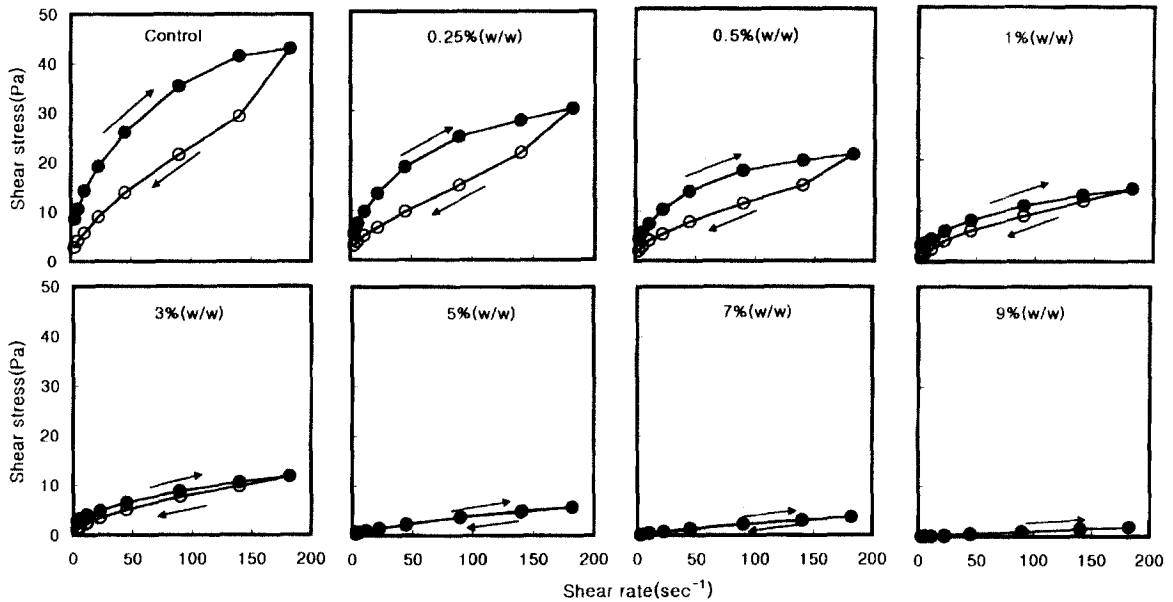


Fig. 8. The flow curves of 5% (w/w) rice starch pastes with different concentrations of arrow root permeate at 30°C.

가 경향을 보였다. 따라서 칩분말의 첨가는 저장기간 중 대조구에 비해 쌀가루 호화액의 항복응력과 점조도지수값의 큰 변화없이 매우 낮게 유지할 수 있음을 알 수 있다. 일반적으로 항복응력값과 점조도지수값은 온도를 높히거나 농도가 낮아지면 감소하므로, 이는 칩분말의 첨가가 온도상승이나 농도를 저하시키는 것과 같은 효과를 나타냄을 의미하며, 온도가 낮아지거나 농도가 높아질수록 노화현상도 증가하므로 노화억제와 밀접한 관계를 가질 것으로 생각되었다. Kurahashi와 Teranishi²⁶⁾는 우수수 전분의 경우 습열처리로 팽윤 및 호화가 억제되어 저점도화를 일으키는데, 이러한 입자 붕괴의 억제는 레토르트 식품에서 겔화의 방지와 점도의 안정성으로 내노화성을 개량할 수 있다고 하였다.

칩 중 유동 특성 변화의 요인성분 검색 및 확인

쌀가루 호화액의 저장중 유동 특성에 큰 영향을 미치는 칩분말 중의 주 성분을 알아보기 위하여 칩분말의 각 분획, 즉 칩의 전분 및 칩분말의 한외여과 분획(농축액과 투과액)을 쌀가루 중량의 5% (w/w)로 첨가하여 유동 특성을 조사하였으며, 이들의 경시변화는 Fig. 7과 같다.

항복응력의 변화는 투과액 분획의 첨가구를 제외한 모든 시료구에서 시간의 경과에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 칩의 전분 분획 첨가구의 경우는 가장 큰 항복응력의 값을 나타내어, 초기 20.35 Pa에서 28

일 후에는 24.49 Pa의 값을 보였다. 이는 칩 전분의 첨가에 의한 전체 전분 농도의 증가 효과에 기인하는 것으로 생각되었다. 따라서 칩분말의 농축액 분획 첨가구의 경우에도 대조구와 비교하여 약간 높은 값을 나타내었는데, 이것도 농축액 분획에는 전분이 전분중으로 13-16%가 존재하므로 전체적으로 전분 농도의 증가에 따른 농도 효과에 기인하는 것으로 생각되었다. 반면, 칩분말의 투과액 분획 첨가구의 경우는 0-28일까지 0.02-0.25 Pa의 범위로 가장 낮은 값을 나타내었는데, 이를 28일째를 기준으로 전분분획의 첨가구와 비교하여 보면 약 100배 이하, 대조구와 비교하여서는 약 76배 이하의 항복응력이 감소된 결과이다. 또, 유동지수의 변화도 모든 시료구에서 시간의 경과에 따라 소폭 감소하고 의가소성이 증가하는 경향을 보였다. 대조구와 칩전분 및 칩분말의 농축액 분획의 유동지수값 변화는 거의 비슷한 크기와 양상을 나타내는 반면, 칩분말 및 칩분말의 한외여과 투과액 분획의 경우에는 시간경과에 따른 유동지수의 변화가 전자보다 높은 값을 유지하였으며, 특히 칩분말의 한외여과 투과액 분획의 경우 칩분말과 비교하여서도 더 큰 값을 나타내었다. 일반적으로 유동지수값은 전분농도의 증가에 따라 감소하여 농도가 높아지면 의가소성이 강해지는 것으로 알려지고 있다²⁷⁾.

한편, 점조도 지수의 변화를 살펴보면, 항복응력의 경우와 비슷한 경향을 나타내어 투과액 분획 첨가구

Fig. 9. Thin layer chromatogram of low molecular weight fraction in arrow root isolated by methanol extraction. M: Standard, DZ: Daidzein, D: Daidzin, P: Puerarin

를 제외한 모든 시료에서 시간의 경과에 따라 점조도 지수가 증가하는 경향을 나타내었다. 대조구와 칩분말의 농축액 분획의 K값은 5.5~6.5 Pa·Sⁿ 범위로 거의 비슷한 양상을 보였다. 그러나 칩분말의 투과액 분획의 경우에는 K값이 0.16~0.41 Pa·Sⁿ의 범위로 가장 낮은 점조도 지수값을 나타내었으며, 저장중의 변화도 거의 나타내지 않았다. 이를 28일째를 기준으로 하여 대조구 및 전분분획 첨가구와 비교하면, 각각 15배 및 20배 적은 값으로, 점도 특성값을 현저하게 저하시키는 것이 확인되었다. 이상의 결과로부터 칩분말 한외여과 투과액 분획의 성분은 배제 분자량 10,000이하의 저분자 물질이므로, 동진벼 쌀가루 호화액의 유동특성에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 칩의 전분과 같은 고분자물질이 아니고 칩분말내의 저분자 물질인 것으로 생각되었다. 따라서 5%(w/v) 쌀전분 호화액의 유동 거동에 미치는 이들 투과액 분획의 농도 효과를 조사한 결과, Fig. 8에서 보는 바와 같이, 쌀가루 호화액에 대한 유동거동(Fig. 1)보다 더욱 뚜렷한 농도 효과를 보여 전분에 대한 특이성이 있는 것으로 생각되었다.

한편, 이들 투과액 분획의 저분자 물질을 확인하기 위하여 예비실험한 결과, methanol 추출물에서의 효과가 뚜렷하였으므로 투과액 분획의 methanol 추출물을 TLC 및 HPLC로 조사하였으며, 그 결과는 각각 Fig. 9 및 10과 같다.

Fig. 9에서 볼 수 있는 바와 같이, 투과액 분획의 methanol 추출물의 TLC R_f 값은 P=0.633, D=0.760 및 DZ=0.930으로 각각 puerarin, daidzein 및 daidzin과 잘 일치하였다. 또 HPLC(Fig. 10)에서도 1개의

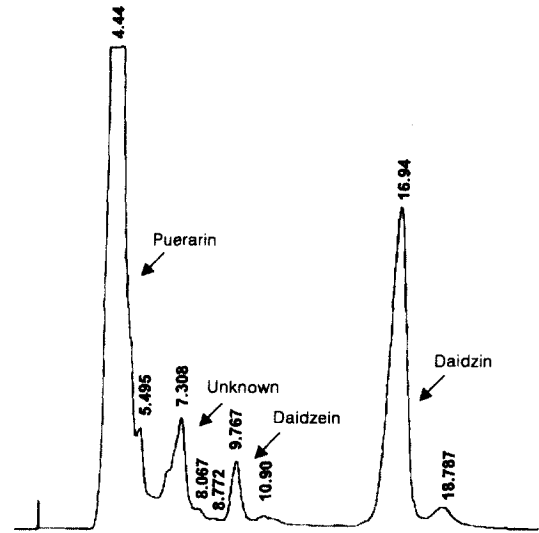


Fig. 10. High-performance liquid chromatogram of low molecular weight fraction in arrow root isolated by methanol extraction.

unknown peak가 검지되었으나 나머지 3개 peak의 retention time은 표준물질로 사용한 puerarin, daidzein 및 daidzin과 잘 일치하였고, 따라서 쌀전분 수용액체의 유동특성에 영향을 주는 주성분은 칩분말의 대표적인 isoflavonoid^(15,28)인 puerarin, daidzein 및 daidzin임을 확인할 수 있었다.

요 약

전분의 노화에 대한 새로운 억제물질의 탐색연구 일환으로 칩성분의 첨가 효과를 알아보기 위하여 칩분말 및 이들의 한외여과 성분 분획의 첨가가 동진벼 쌀가루(8%, w/v) 호화액의 유동 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 아울러 냉장 보관중의 유동 특성에 대한 경시변화를 측정하였으며, 이들 유동특성을 변화시키는 주요인 성분을 탐색하였다. 칩분말의 첨가로 쌀가루 호화액 유동 특성의 큰 변화를 동반하였으며, 특히 한외여과 투과분획의 저분자 물질중에서 쌀가루 호화액 및 이의 저장중의 유동 특성 변화가 가장 현저하였다. 한외여과 투과액 분획의 첨가는 쌀가루 수용액의 의가소성, 항복응력 및 점조지수값을 크게 감소시켰으며, 비교적 저장중의 안정성을 나타내어 노화억제의 효과가 시사되었다. 이들 한외여과 투과액 분획의 저분자 물질은 칩분말의 isoflavonoid로 알려진 puerarin, daidzein 및 daidzin인 것으로 확인되었다.

문헌

1. Kuge, T. On the physicochemical properties of starch(in Japanese). *Denpun Kagaku* 39: 51-56 (1992)
2. Hosney, R.C. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc., Minesota, MN, U.S.A. (1986)
3. Takahashi, R. On the texture of starch food. *The Food Industry* 36(10): 26-35 (1993)
4. Germani, R., Ciacco, C.F., and Rodriguez-Amaya, D.B. Effect of sugars, lipids and type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch* 35: 377-381 (1983)
5. Katsuta, K., Miura, M., and Nisshimura, A. Kinetic treatment for rheological properties and effects of saccharides on retrogradation of rice starch gels. *Food Hydrocolloids* 6: 187-198 (1992)
6. Miura, M., Nishimura, A., and Katsuta, K. Influence of addition of polyols and food emulsifiers on the retrogradation rate of starch. *Food Structure* 11: 225-236 (1992)
7. Bello-Perez, L.A. and Paredes-Lopez, O. Effects of solutes on retrogradation of stored starches and amylopectins: A calorimetric study. *Starch* 47: 83-86 (1995)
8. Kohyama, K. and Nishinari, K. Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agric. Food Chem.* 39: 1406-1410 (1991)
9. Spies, R.D. and Hosney, R.C. Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.* 59: 128-131 (1982)
10. Eliasson, A.C. Starch gelatinization in the presence of emulsifiers. *Starch* 37: 411-415 (1985)
11. Eliasson, A.C. and Ljunger, G. Interactions between amylopectin and lipid additives during retrogradation in a model system. *J. Sci. Food Agric.* 44: 353-361 (1988)
12. Ishida, K. Effects of enzymes to prevent hardening of high moistured cereal flour gels. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 33: 227-231 (1986)
13. Davis, A.B and Hosney, R.C. Grain Sorghum condensed tannin. I. Isolation, estimation, and selective adsorption by starch. *Cereal Chem.* 56(4): 310-314 (1979)
14. Huang, M.T., Ho, C.T., and Lee, C.Y. Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health I, II. American Chemical Society, Washington, DC (1992)
15. Ingham, J.L., Tahara, S., and Dzedzic, S.Z. A chemical investigation of Pueraria mirifica roots. *Z. Naturforschung* 41c: 403-408(1983)
16. Hebeish, A., El-Thalouth, I.A., and El Kashouti, M. Gelatinization of rice starch in aqueous urea solutions. *Starch* 33: 84-90 (1983)
17. Kokini, J.L., Lai, L., and Chedid, L.L. Effect of starch structure on starch rheological properties. *Food Technol.* 46(6): 124-139 (1992)
18. Yamamoto, K., Sawada, S., and Onogaki, T. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku* 20: 99-104 (1973)
19. Suzuki, A., Hizukuri, S., and Takeda, Y. Physicochemical studies of kuzu starch. *Cereal Chem.* 58: 286-290 (1981)
20. Brabender Instrument, Inc. Instruction manual of Viscotron, No. 2733 E. Duisberg (1983)
21. Holdsworth, S.D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. *J. Textures Studies* 2: 393-418 (1971)
22. Casson, N. A flow equation for pigment oil suspensions of the printing ink type, pp. 84-93. In: *Rheology of Disperse Systems*. Mill, C.C.(ed.), Pergamon Press, New York (1959)
23. Shomaker, C.F., and Fighoni, F.I. Time dependent rheological behavior of foods. *Food Technology* 4: 112-118 (1984)
24. Kim, E.H. and Rhee, G.J. Rheological studies on the aqueous suspension of Korean bentonite (in Korean). *Yakhak Hoeji* 34(5): 302-310 (1990)
25. Asada, H. and Suzuki, K. Shear stress dependence of flow properties of gelatinized modified starch suspensions. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 43: 56-63 (1996)
26. Kurahashi, Y. and Teranishi, K. Latent heat processed starch - Properties and application to food. *The Food Industry* 36(10): 51-55 (1993)
27. Asada, H. and Suzuki, K. Flow properties of gelatinized modified starch suspensions. *The Food Industry* 36(10): 43-50 (1993)
28. Hayakawa, J., Noda, N., Yamada, S., and Uno, K. Studies on physical and chemical quality evaluation of crude drugs preparations. I. Analysis of Pueraria radix and species Pueraria. *Yakugaku Zasshi* 104: 50-56 (1984)

(1999년 3월 30일 접수)