

## 수침에 따른 찰쌀, 찰쌀 가루 및 찰쌀 전분의 물리화학적 특성 변화

김성우 · 김동섭<sup>1</sup> · 김병용 · 백무열\*

경희대학교 생명자원과학연구원 식품공학과, <sup>1</sup>부산대학교 생명응용과학부 식품공학전공

### Physicochemical Properties of Waxy Rice, Waxy Rice Flour and Waxy Rice Starch During Steeping

Sung-Woo Kim, Dong-Seob Kim<sup>1</sup>, Byung-Yong Kim, and Moo-Yeol Baik\*

Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Pusan National University

Received October 27, 2008; Accepted November 11, 2008

The objective of this study was to investigate the effect of soaking time on physicochemical properties of waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch. Waxy rice (WR), waxy rice flour (WRF), waxy rice starch (WRS) were soaked at 18°C for 14 days and dried at 40°C. Dried samples were grounded and sieved using 180 mesh. Physicochemical properties of the three samples, such as swelling power, solubility, moisture sorption isotherms and pasting properties using rapid visco analyzer (RVA) and crystal pattern using X-ray diffractometer were determined. In all samples, soaking time greatly influenced moisture sorption isotherms but no typical pattern was shown. Swelling power was not greatly changed by soaking time in the three samples. Solubility increased with increasing soaking time in all three samples, indicating that some soluble particles were exuded during soaking. In RVA pasting properties, WR and WRF showed a similar pattern, while WRS showed different pasting properties, suggesting that rice protein plays a significant role in pasting properties. X-ray diffraction patterns of all three samples showed typical A-type crystal pattern suggesting that soaking did not affect crystalline region of samples.

**Key words:** soaking, physicochemical properties, waxy rice, waxy rice flour, waxy rice starch

### 서 론

우리나라 전통한과의 하나로서 찰쌀을 주 원료로 하는 유과는 찰쌀을 수침하는 공정, 분쇄, 증자, 파리치기, 성형 및 번데기 건조, 기름에 튀기는 공정을 거쳐 조청을 발라 여러 가지 고물을 묻혀낸 과자류이다.<sup>1)</sup> 유과는 제례용 및 계절식으로써 최근 들어서 전통한과의 소비가 증가하는 추세로 유과의 전국 생산량은 약 200개 업체가 1,000억 원 정도 생산하는 것으로 추산되고 있으며, 내부가 팽창된 독특한 조직감으로 빵을 주식으로 하는 서구인의 입맛에도 잘 맞는 경쟁력을 갖춘 식품이다. 유과의 전통적인 제조 공정은 계절에 따라 7~14일 상당의 장시간이 소요되며,<sup>2,5)</sup> 이 중 대부분의 시간이 찰쌀의 수침 공정에 사용되고 있다. 수침 공정은 아밀로펙틴 함량이 높은 찰쌀을 정미하여 수세한 후 물에 담가 두는 공정으로 유과제품의

우수한 조직 및 미세한 구조를 얻기 위하여 장시간 수침이 요구되고 있다. 수침 동안에는 미생물의 작용에 의해 발효와 유사한 과정을 거치며, 전분의 물성변화가 유과의 팽화 기작과 경도에 영향을 미치게 되어 최종제품의 조직감과 향미를 부여하게 된다고 알려져 있다.<sup>1,5)</sup> 찰쌀의 수침조건이 유과의 품질에 미치는 영향에 대한 연구 결과 또한 보고되어 있는데 찰쌀을 25°C에서 10일간 수침했을 때 유과의 팽화부피는 수침 3일에서 가장 컸고 그 이후에는 큰 변화가 없었다고 한 반면,<sup>6)</sup> 다른 연구에서는 찰쌀을 10°C에서 20일간 수침했을 때 찰쌀 가루의 팽화력은 수침시간 길어짐에 따라 증가한다고 하였다.<sup>7)</sup> 온도를 기준으로 한 실험에서는 수침을 각각 5°C와 20°C에서 25일간 하였을 때 고온에서 수침시간이 길수록 유과제조에 효율적이라고 하였다.<sup>8)</sup>

곡식을 낱알 상태로 물에 침지 시켜두게 되면 수분은 배아부분을 통해 내부의 central line을 통해 우선 침투되며 이후 중앙 지점을 중심으로 퍼져나가게 되고 이러한 과정을 거치게 되어 30~60분 사이에 내부로 침투한 수분이 평형상태에 도달하게 되고 이 후의 수침 기간 동안은 이러한 평형상태가 유지된다고 보고되고 있다.<sup>9,11)</sup> 이러한 수침 처리는 시간과 온도에 큰

\*Corresponding author  
Phone: 82-31-201-2625; Fax: 82-31-204-8116  
E-mail: mooyeol@khu.ac.kr

영향을 받게 되며 일반적으로 수침을 하게 되면 수화가 일어나 단백질, 당 그리고 기타 비 전분 물질 등의 수용성 성분들이 용출되게 된다.<sup>12-14)</sup> 유과 제조에서 수침은 이보다 더 장기간의 시간이 요구되고 이에 따른 장기간 수침을 통해 단순한 수화와 함께 찹쌀의 물리화학적 변화가 발생되게 된다.

일반적으로 찹쌀의 수침처리 적용은 조리 및 가공을 함에 있어서 충분한 호화도를 가지기 위해 수화시키는 것이 주 목적이다. 하지만 유과의 경우 장기간 수침처리를 적용함으로써 유과에서 가장 중요한 특성으로 볼 수 있는 다공성 구조의 팽창된 질감을 주게 된다고 알려져 있다. 유과의 수침공정은 장기간 수침 하는 동안 주변환경에 영향을 많이 받는 예측 불허한 특징을 가지고 있다. 과거의 수침처리에 관련된 연구 활동은 적절한 온도와 수침시간을 알아보는 것을 통해 보다 우수한 품질의 유과를 제조하는 것이었던 반면, 근래의 연구활동은 상품의 품질을 유지하면서 수침공정을 줄이는 데 그 목적을 두고 있다. 이처럼 수침의 표준을 구하고, 처리 시간을 줄이고 이를 통하여 보다 우수한 품질의 유과를 얻기 위해서는 수침처리 동안 찹쌀 내에서 일어나는 변화를 보다 깊게 이해하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 수침처리 동안 찹쌀에서 일어나는 변화를 보다 다방면에서 관찰하여 연구하는 것이 필요 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 14일 동안의 수침공정을 수행하면서 찹쌀 및 찹쌀 분말 그리고 찹쌀로부터 분리한 찹쌀 전분 등 세 가지 시료를 대상으로 각각의 특성변화를 분석 하였고 기존에 보고된 연구결과와 비교하여 가장 효과적인 찹쌀, 찹쌀 가루 및 찹쌀 전분의 수침 조건을 찾고 그 활용 가능성을 연구하였다.

## 재료 및 방법

**실험재료.** 본 연구에 사용한 찹쌀(2002년산, 화산찰벼)은 농협에서 구입하였으며 냉장실 (4±1°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

**찹쌀 분말 제조.** 찹쌀 분말은 찹쌀을 상온의 물에 1시간 침지한 후 30분 동안 체에 받쳐서 물을 제거하고 제분기(SP-96L, Buil, Korea)를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄된 쌀가루를 환풍 건조오븐(Kosco, HP-6000, Korea)으로 40°C에서 건조시킨 후 180 mesh 체로 걸러 찹쌀 가루를 제조하였다.

**찹쌀 전분의 분리.** 찹쌀 전분은 알칼리 침지법을 이용하여 분리하였다.<sup>15)</sup> 찹쌀 가루에 0.4% NaOH용액을 1:3의 비율로 가하고 24시간 동안 침지하여 상등액을 제거하였다. 단백질이 완전히 제거 될 때까지 24시간 마다 4~5회 알칼리 처리를 반복하였다. 현탁액의 pH가 중성이 될 때까지 증류수로 전분을 수세한 후 상온에서 수분함량이 10% 내외가 될 때까지 건조하여 시료로 사용하였다.

**수침처리.** 준비된 각각의 찹쌀, 찹쌀 가루, 찹쌀 전분 100 g에 과량의 증류수(200 ml)를 넣은 후 18°C의 항온기에(B.O.D. Incubator, HK-IBO25, Korea) 넣어 최대 14일간 수침 처리 하면서 1일 간격으로 꺼내어 환풍 건조오븐을 이용하여 30°C에서 건조한 후 분쇄 및 180 mesh 체로 쳐서 시료로 사용하였다.

**수침액의 pH 측정.** 각 날짜별로 수침이 진행된 상태에서 수

침액의 pH는 pH meter(iSTEK, pH-20N, Korea)를 사용하여 측정하였다.

**팽윤력 및 용해도.** 시료의 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법을 변형하여 측정하였다.<sup>16)</sup> 시료 0.5 g을 30 ml의 증류수로 분산시켜 20~90°C까지 10°C 간격으로 30분간 가열하고 실온에서 3,500 rpm으로 30분간 원심분리를 하였다. 상등액은 120°C에서 4시간 이상 건조시켜 가용성 성분의 무게를 측정하였고 침전물은 그대로 무게를 측정 후 아래의 식에 의하여 팽윤력 및 용해도를 각각 구하였다.

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전물의 무게} \times 100}{\text{시료 건조무게} \times (100 - \text{용해도} \%)}$$

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{가용성 성분무게} \times 100}{\text{시료 건조무게}}$$

**등온흡습곡선.** 등온흡습곡선은 Koo의 방법을 이용하여 측정하였다.<sup>17)</sup> 시료 약 1 g을 칭량용기에 정량한 다음 25°C의 온도에서 수분활성도가 0.11~0.94로 일정하게 유지된 데시케이터에 넣고 24시간마다 무게의 변화를 측정하여 2~3일간 시료의 무게 변화가 없을 때의 평형 수분함량을 측정하여 나타내었다. 이때 상대습도의 조절을 위해 사용한 각각의 포화 염 용액 수분활성도 값은 Table 1과 같다.

**Pasting 특성.** 시료의 Pasting 특성은 Rapid Visco Analyzer (RVA-3D, Newport Scientific Pty. LTD, Australia)를 이용하여 Lee등의 방법으로 측정하였다.<sup>18)</sup> 알루미늄 용기에 시료(14% 수분함량 기준) 3.0 g과 증류수 25 ml를 가한 다음 플라스틱 회전축을 사용하여 완전하게 교반시켜 시료액을 제조하였다. 50°C로 맞춘 RVA에서 1분간 빠른 속도로 교반한 다음, 분당 12°C씩 95°C까지 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 후 50°C로 냉각시켜 2분간 유지 시키면서 Pasting Temperature, Peak Temperature, Peak Viscosity, Breakdown, Setback 및 Final Viscosity 값을 측정하였다.

**X선 회절 분석.** X선 회절도는 X-ray diffractometer (M18XHF, Mac Science Co., Japan)를 사용하여 Target: Cu-K $\alpha$ , Voltage: 40 kV, Current: 300 mA의 조건으로 회절각도는 (2 $\theta$ ) 3~40°까지 scanning speed: 5°/min(0.02° Step) 으로 회절하여 X-ray diffraction pattern을 보았으며 X-ray diffractogram을 이용하여 Nara 와 Komiya의 방법을 참고하여 아래의 식으로 시료의 상대적 결정화도를 구하였다.<sup>19)</sup>

Table 1. Water activity at 25°C of saturated salt solutions

Saturated salt solution	Water Activity at saturation (25°C)
Lithium Chloride	0.113±0.003
Potassium Acetate	0.225±0.003
Magnesium Chloride	0.328±0.002
Magnesium Nitrate	0.529±0.002
Sodium Bromide	0.576±0.004
Sodium Chloride	0.753±0.001
Ammonium Sulfate	0.810±0.003
Potassium Nitrate	0.936±0.006

$$\text{상대적 결정화도}(\%) = A_c / (A_a + A_c) \times 100$$

$A_a$  = amorphous area on the X-ray diffractogram

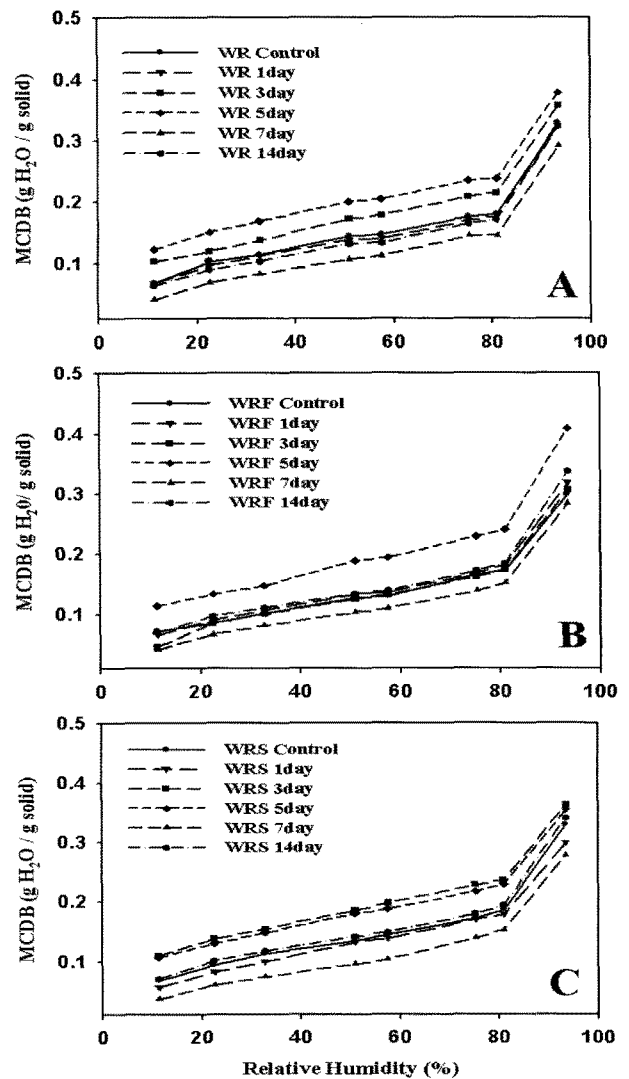
$A_c$  = crystallized area on the X-ray diffractogram

**통계분석.** 모든 실험은 3회 이상 반복 측정된 다음 SAS(Statistical analysis system) 통계 프로그램을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 평균간의 다중 비교를 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**등온흡습곡선.** 등온흡습곡선은 주어진 상대습도에서의 시료의 수분흡습도(moisture content dry basis, MCDB)를 나타내는 그래프들로서 Fig. 1은 찹쌀(waxy rice, WR), 찹쌀 가루(waxy rice flour, WRF) 그리고 찹쌀 전분(waxy rice starch, WRS)의 등온흡습곡선을 나타내고 있다. 세 종류의 시료 모두 일반 곡류 전분에서 나타나는 전형적인 sigmoid 형의 곡선(Type II isotherm)을 나타내었고, 0.11~0.94 범위의 수분활성도가 증가함에 따라서 평형수분함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 시료의 종류와 수침 기간에 따라서 수분흡습도에 변화를 나타내었다. 찹쌀과 찹쌀 가루는 비슷한 경향을 나타내었는데, 수침 5일 시료에서 가장 높은 수분흡습도를 나타내었고, 찹쌀 전분의 경우에는 수침 3일 시료에서 가장 높은 수분흡습도를 나타내었다. 세가지 시료 모두 7일 이상 수침한 시료들에서 수분흡습도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 등온흡습곡선은 전분 입자내의 결정형영역의 표면과 무정형영역에 존재하는 hydroxyl group들과 물 분자들 사이의 수소결합에 의하여 변화하는 것으로 알려져 있다.<sup>20)</sup> 또한 전분 입자의 수침 및 팽윤동안 발생하는 다양한 반응에 의하여 전분 입자 내부의 변화가 일어나 crack이 생기거나 전분 분자 사이의 간격에 변화가 생기기에 따라 등온흡습곡선이 변화할 수 있다.<sup>20)</sup> 등온흡습곡선의 경우 찹쌀 및 찹쌀가루가 비슷한 경향을 나타낸 것은 두 시료의 화학적 구성성분이 유사하기 때문으로 생각되며, 이들 두 시료로부터 단백질을 제거한 찹쌀 전분의 경우 찹쌀 및 찹쌀가루 시료와 다른 등온흡습곡선을 나타낸 것으로 생각된다.

**용해도 및 팽윤력.** 수침기간에 따른 찹쌀, 찹쌀 가루 및 찹쌀 전분의 용해도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 호화 개시 온도 이전의 구간인 50°C까지는 각각 찹쌀 1.0~4.2%, 찹쌀 가루 1.6~7.0%, 찹쌀 전분은 2.4~4.2%의 용해도를 나타내어 수침처리 기간에 따른 변화가 적었으나, 70°C 이상의 온도에서는 용해도가 크게 증가하기 시작하여 90°C에서 찹쌀의 경우 12.1~16.3%, 찹쌀 가루는 22.8~32.7%, 찹쌀 전분은 54.3~63.1%의 최대 용해도 값을 나타내었다. 전체적인 용해도 값은 찹쌀 전분이 가장 높은 값을 보였고, 찹쌀이 가장 낮은 용해도를 나타내었다. 찹쌀 가루가 찹쌀에 비해 높은 용해도를 보인 이유는 분쇄를 통해 일부 전분입자 내부의 구조와 아밀로오스의 길이가 변화되었기 때문으로 생각된다.<sup>21)</sup> 모든 시료들에 있어 수침기간이 증가할수록 용해도가 증가하는 양상을 나타내었는데, 이는 장기간 수침처리에 따른 내부 분자간 결합력의 약화에 따른 것으로 생각된다.



**Fig. 1.** Moisture sorption isotherms of waxy rice; WR (A) and waxy rice flour; WRF (B) and waxy rice starch; WRS (C) during soaking. MCDB is the moisture content dry basis.

찹쌀, 찹쌀 가루 및 찹쌀 전분의 팽윤력의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 팽윤력은 30~50°C의 구간에서는 변화를 보이지 않았으며, 호화온도 이후 증가하기 시작하여 90°C에서 모두 최고 값을 나타내었다. 수침기간에 따른 팽윤력의 변화를 보면 찹쌀과 찹쌀 가루의 경우 수침처리를 하지 않은 시료가 가장 높은 팽윤력을 나타내었으며, 수침기간이 증가함에 따라 팽윤력이 점차 감소하는 경향을 나타내었다. 찹쌀 전분의 경우 수침 1일에 팽윤력이 감소한 이후 지속적으로 증가하여 수침 7일 이후부터는 수침 처리하지 않은 시료보다 높은 팽윤력을 나타내었다. 팽윤양상은 전분입자 내부의 결합력과 전분분자의 회합정도에 영향을 강하게 받기 때문에 전분입자 내부의 결합력이 강하면 팽윤에 강하게 저항하므로 입자내의 결합성이 클수록 팽윤력이 낮아진다.<sup>22)</sup> 7일 이상 수침한 찹쌀 전분이 가장 높은 팽윤력을 나타내고 낱알상태로 수침된 찹쌀이 가장 낮은 팽윤력을 나타내었는데 이처럼 찹쌀 가루와 찹쌀이 찹쌀 전분에 비해 낮은 용해도와 팽윤력을 보이는 이유는 전분만으로 이루어지지 않고

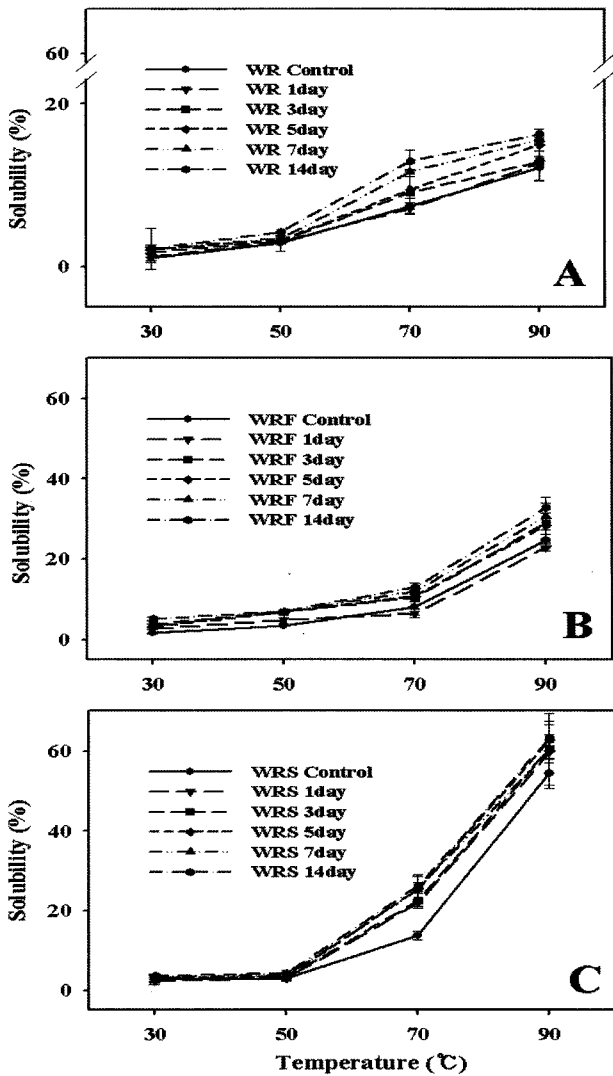


Fig. 2. Changes in solubility of soaked waxy rice (A), waxy rice flour (B), waxy rice starch (C) during soaking.

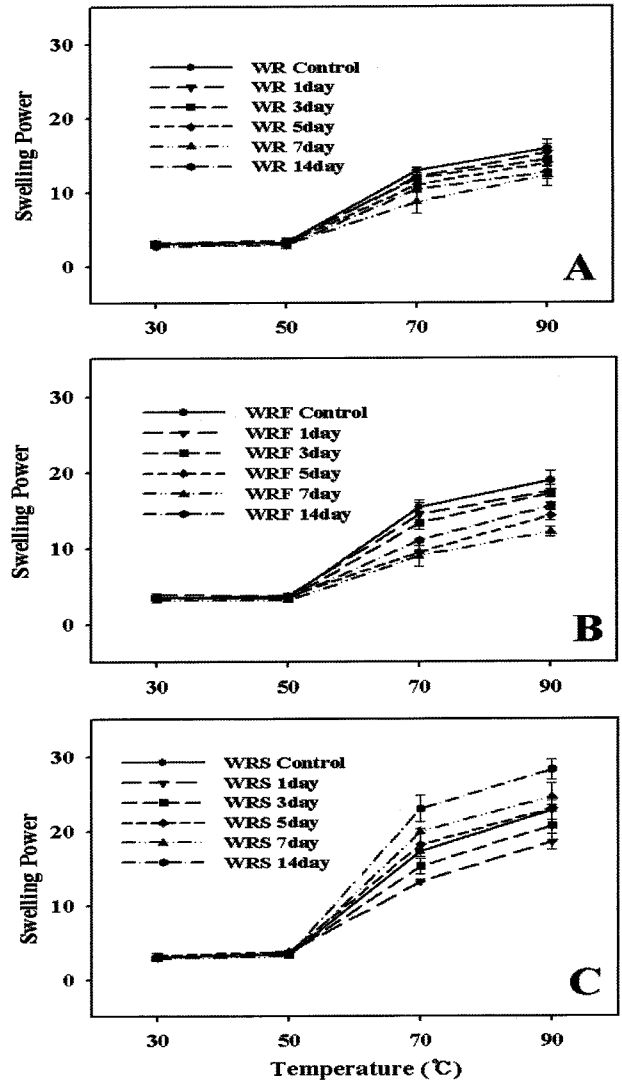


Fig. 3. Changes in swelling power of soaked waxy rice; WR (A), waxy rice flour; WRF (B) and waxy rice starch; WRS (C) during soaking.

단백질과 지질 등 기타 불용성 성분들이 함유되어 있기 때문으로 생각된다.

**수침액의 pH.** 수침기간에 따른 찹쌀, 찹쌀 가루, 그리고 찹쌀 전분 수침액의 pH의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 세가지 시료의 수침액의 pH는 모두 수침기간이 증가함에 따라 감소하다가 일정해지는 경향을 나타내었다. 일반적으로 전분의 점도 특성은 pH 환경 조건의 영향을 많이 받게 된다.<sup>23)</sup> 찹쌀과 찹쌀 가루의 수침 1일째 pH가 각종 amylase의 최적 반응조건인 pH 5.4~5.5를 나타낸 것으로 보아 수침이 진행되면서 각종 전분분해효소들에 의해 전분의 분해작용이 이루어졌을 것이라 생각할 수 있다.<sup>24)</sup> 기존에 보고된 결과를 비교해보면 찹쌀을 25°C에서 장기간 수침하였을 때 pH는 1~3일 사이에 현저히 감소한다고 하여 본 실험과 비슷한 경향을 보였다.<sup>25)</sup> 한편 찹쌀을 수침하였을 때 찹쌀의 지방산도 또는 총 산도는 침지시간에 따라 증가하게 된다.<sup>7,24,26)</sup> 따라서 찹쌀의 수침기간에 따라 수침액의 pH가 감소하는 것은 수침 중 생성되는 유기산 또는 지방산에 기인되는 것으로 판단된다.

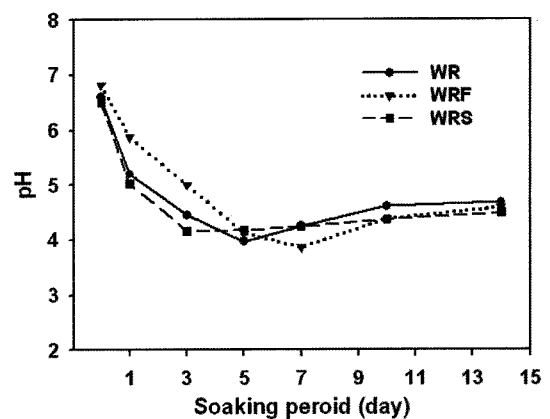


Fig. 4. Changes in pH of soaked waxy rice (WR), waxy rice flour (WRF) and waxy rice starch (WRS) during soaking.

**X선 회절도.** 찹쌀, 찹쌀 가루, 찹쌀 전분의 수침기간별의 X선 회절도를 Fig. 5에 나타내었으며, 이를 이용하여 계산한 상

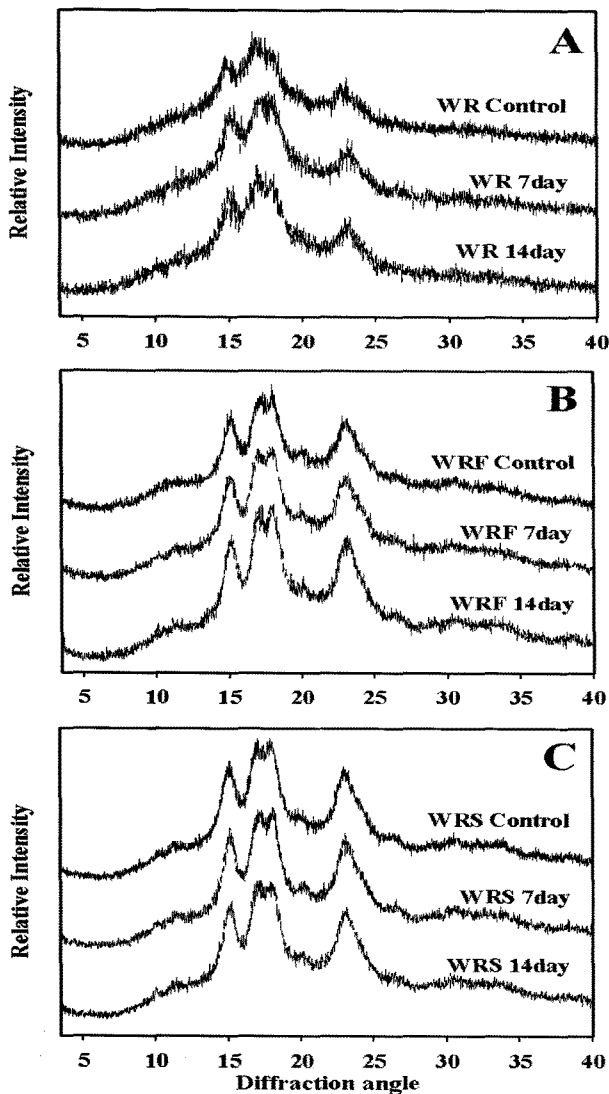


Fig. 5. X-ray diffraction pattern of soaked waxy rice; WR (A), waxy rice flour; WRF (B) and waxy rice starch; WRS (C).

대적 결정화도는 Table 2에 나타내었다. 일반적으로 전분입자의 결정 형태와 결정화도를 비교하는데 X선 회절도를 이용하며 peak의 형태로부터 A, B 및 C형 전분으로 구분한다.<sup>27)</sup> 찹쌀은 회절각도(2θ) 15°, 17°에서 2개의 peak, 23°에서 강한 peak을 보이는 전형적인 A형 전분으로써 수침에 따른 찹쌀과 찹쌀 가루 그리고 찹쌀 전분 모두 회절각도가 변하지 않고 전형적인 A형 전분의 peak를 유지하였다. X선 회절도형을 통해 구한 각 시료의 상대적 결정화도는 수침기간이 지날수록 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 찹쌀의 경우 14일간의 수침처리를 통하여 상대적 결정화도가 12.3%에서 11.4%로 감소하였고, 찹쌀 가루의 경우 10.5%에서 8.7%로, 찹쌀 전분은 13.44%에서 9.5%로 감소하였다. 일반적으로 전분을 수침시켰을 때 무정형영역이 먼저 수화되고 이후 결정형영역의 수화가 이루어지게 된다.<sup>28)</sup> X선 회절분석 결과로 보아 찹쌀과 찹쌀 가루 그리고 찹쌀 전분은 수침처리를 통하여 결정의 구조는 유지하나 일부 결정구조가 파괴 된다는 것을 확인할 수 있었다.

**RVA 특성 변화.** 수침기간을 달리한 찹쌀, 찹쌀 가루, 찹쌀

Table 2. Relative crystallinity of soaked waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch

Sample	Relative Crystallinity (%) <sup>a</sup>
Waxy Rice control	12.29 <sup>b</sup> ±0.17
Waxy Rice 7 day	12.06 <sup>b</sup> ±0.34
Waxy Rice 14 day	11.38 <sup>c</sup> ±0.06
Waxy Rice flour control	10.48 <sup>d</sup> ±0.67
Waxy Rice flour 7 day	9.48 <sup>e</sup> ±0.04
Waxy Rice flour 14 day	8.67 <sup>e</sup> ±0.09
Waxy Rice starch control	13.44 <sup>a</sup> ±0.28
Waxy Rice starch 7 day	11.26 <sup>d</sup> ±0.02
Waxy Rice starch 14 day	9.50 <sup>e</sup> ±0.67

<sup>a</sup>Relative crystallinity(%)=A<sub>c</sub>/(A<sub>a</sub>+A<sub>c</sub>)×100

A<sub>a</sub>=amorphous area on the X-ray diffractogram

A<sub>c</sub>=crystallized area on the X-ray diffractogram

전분의 RVA pasting 특성 분석 결과를 Table 3에 나타내었다. 점도가 증가하기 시작하는 지점의 온도를 나타내는 pasting temperature는 찹쌀의 경우 수침처리 하지 않은 시료가 68.8°C로 가장 높았으며, 수침처리 한 시료와 유의적인 차이를 보였고 수침기간에 따른 차이는 나타나지 않았다. 찹쌀 가루의 경우 모든 시료들에서 유의적인 차이가 나타나지는 않았지만 찹쌀에 비해 2-3°C 가량 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 찹쌀 전분의 경우 모든 시료들에서 유의적인 차이가 나타나지는 않았지만 찹쌀 및 찹쌀 가루에 비해 높은 값을 나타내었다. 최고 점도 형성 온도를 나타내는 peak temperature는 찹쌀의 경우 수침 전 82.2°C에서 수침에 따라 낮아지는 경향을 나타내었다. 찹쌀 가루의 경우 수침한 찹쌀과 유사한 값으로 수침에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 찹쌀 전분의 경우 pasting temperature와 마찬가지로 수침에 따른 시료들의 최고점도 형성 온도는 유의적인 차를 나타내지 않았지만, 찹쌀 및 찹쌀 가루와 비교하였을 때 평균 2°C 가량 증가한 값을 나타내었다. 이로 보아 찹쌀 전분이 찹쌀 및 찹쌀 가루에 비하여 상대적으로 호화 시키기 어렵다는 것을 알 수 있었다. 최고점도(peak viscosity)는 수침 전에는 찹쌀 전분이 가장 높은 값을 나타내었다가 수침이 진행됨에 따라 찹쌀 가루가 가장 높은 값을 나타내었다. 찹쌀의 경우 수침 전 시료 및 수침 후 시료 모두에서 찹쌀 가루 및 찹쌀 전분보다 낮은 최고 점도를 나타내었다. RVA 점도 변화 측정 시 최고 점도와 95°C에서 50°C로 냉각했을 때 보이는 점도(holding strength)의 차이로써 전분입자가 열에 의해 붕괴되는 정도를 나타내는 breakdown값은 최고점도와 유사한 경향을 나타내어 수침 전 시료의 경우 찹쌀 전분이 90.0 RVU로 가장 높은 값을 나타내었고, 수침 후 시료에서는 찹쌀 가루가 99.0 RVU로 가장 높은 값을 나타내었다. 냉각 후 점도가 상승하는 정도를 나타내는 setback 역시 최고 점도 및 breakdown 값과 같이 수침 전 시료에서는 찹쌀 전분이 70.3 RVU로 가장 높은 값을 그리고 수침 후 시료에서는 찹쌀 가루가 91.0 RVU로 가장 높은 값을 나타내었다. 일반적으로 setback은 전분의 구성 성분 중 아밀로오스의 노화 특성을 나타내는 것으로 수치가 클수록 아밀로오스의 재결합도가 증가한다고 볼 수 있는데, 본 실험에 사용한 시료인 찹쌀의 경우 대부분 아밀로펙틴으로 구성되어 있어 상대적으로 적은 setback

Table 3. RVA pasting properties of soaked waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch

	Pasting temperature (°C)	Peak temperature (°C)	Peak viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU)
WR Control	68.8±0.2 <sup>a</sup>	82.2±0.2 <sup>a</sup>	78.7±2.5 <sup>d</sup>	34.0±1.73 <sup>d</sup>	58.3±1.1 <sup>b</sup>	20.3±1.5 <sup>d</sup>
WR 1day	67.2±0.6 <sup>b</sup>	79.8±0.1 <sup>b</sup>	125.3±2.6 <sup>a</sup>	72.0±0.3 <sup>ab</sup>	69.3±5.6 <sup>a</sup>	56.0±4.0 <sup>b</sup>
WR 3day	66.6±0.2 <sup>b</sup>	79.9±0.3 <sup>b</sup>	93.3±2.1 <sup>c</sup>	56.8±1.5 <sup>c</sup>	45.7±0.5 <sup>c</sup>	47.7±1.5 <sup>c</sup>
WR 5day	67.2±0.6 <sup>b</sup>	80.0±0.2 <sup>b</sup>	110.7±2.7 <sup>a</sup>	68.68±3.78 <sup>b</sup>	59.7±1.5 <sup>b</sup>	55.0±4.1 <sup>a</sup>
WR 7day	67.0±0.2 <sup>b</sup>	78.9±0.4 <sup>c</sup>	122.0±4.5 <sup>b</sup>	76.7±2.8 <sup>a</sup>	60.7±2.0 <sup>b</sup>	65.0±2.6 <sup>b</sup>
WR 14day	66.8±0.1 <sup>b</sup>	79.1±0.4 <sup>c</sup>	126.0±5.6 <sup>a</sup>	77.0±3.7 <sup>a</sup>	59.0±1.0 <sup>b</sup>	66.0±1.6 <sup>a</sup>
WRF Control	66.2±0.5 <sup>a</sup>	80.7±0.3 <sup>a</sup>	123.0±2.7 <sup>b</sup>	42.7±1.5 <sup>d</sup>	97.3±0.5 <sup>a</sup>	25.7±3.0 <sup>c</sup>
WRF 1day	65.8±1.0 <sup>a</sup>	79.8±0.9 <sup>a</sup>	149.0±3.5 <sup>a</sup>	83.0±2.8 <sup>b</sup>	79.7±4.1 <sup>b</sup>	69.3±7.2 <sup>b</sup>
WRF 3day	66.2±0.4 <sup>a</sup>	79.4±0.5 <sup>a</sup>	119.0±1.6 <sup>b</sup>	65.3±2.0 <sup>c</sup>	63.3±1.5 <sup>c</sup>	55.7±4.0 <sup>c</sup>
WRF 5day	64.2±0.1 <sup>a</sup>	79.5±0.3 <sup>a</sup>	115.0±2.7 <sup>b</sup>	59.0±1.0 <sup>c</sup>	68.0±2.0 <sup>c</sup>	47.0±1.0 <sup>d</sup>
WRF 7day	65.1±0.8 <sup>a</sup>	79.8±0.8 <sup>a</sup>	152.7±4.2 <sup>a</sup>	96.7±2.5 <sup>a</sup>	65.3±2.0 <sup>c</sup>	87.3±2.0 <sup>a</sup>
WRF 14day	65.6±0.3 <sup>a</sup>	79.5±0.8 <sup>a</sup>	155.3±2.5 <sup>a</sup>	99.0±1.7 <sup>a</sup>	64.3±1.1 <sup>c</sup>	91.0±1.7 <sup>a</sup>
WRS Control	69.5±0.5 <sup>ab</sup>	81.9±0.2 <sup>a</sup>	147.3±4.7 <sup>a</sup>	90.0±5.5 <sup>a</sup>	77.0±3.0 <sup>ab</sup>	70.3±2.0 <sup>a</sup>
WRS 1day	70.3±0.2 <sup>a</sup>	82.1±0.3 <sup>a</sup>	102.7±0.6 <sup>c</sup>	58.7±0.5 <sup>d</sup>	58.0±1.0 <sup>d</sup>	42.7±1.5 <sup>d</sup>
WRS 3day	69.5±0.1 <sup>ab</sup>	82.1±0.2 <sup>a</sup>	108.0±1.0 <sup>c</sup>	59.3±1.1 <sup>d</sup>	62.0±2.5 <sup>d</sup>	46.0±1.7 <sup>d</sup>
WRS 5day	69.9±0.9 <sup>ab</sup>	82.1±0.3 <sup>a</sup>	116.0±2.8 <sup>d</sup>	64.5±3.7 <sup>c</sup>	68.0±0.0 <sup>c</sup>	48.0±2.8 <sup>c</sup>
WRS 7day	69.2±0.6 <sup>b</sup>	82.9±1.7 <sup>a</sup>	124.0±5.5 <sup>c</sup>	68.7±3.7 <sup>c</sup>	77.3±1.5 <sup>a</sup>	51.0±2.0 <sup>c</sup>
WRS 14day	69.6±1.0 <sup>ab</sup>	82.5±0.4 <sup>a</sup>	133.3±2.7 <sup>b</sup>	74.7±4.9 <sup>b</sup>	73.0±3.0 <sup>b</sup>	56.0±4.5 <sup>b</sup>

의 변화를 보여 최고점도의 변화에 따른 것으로 판단된다.<sup>29)</sup>

찰쌀과 찰쌀 가루, 그리고 찰쌀 전분의 점도특성 중 최고점도와 breakdown 그리고 setback값을 따로 비교 하여 Fig. 6에 나타내었다. A는 최고 점도 값을, B는 breakdown값을, 그리고 C는 setback값을 나타내고 있다. 수침기간에 따른 최고 점도 값의 변화를 통하여 찰쌀 가루와 찰쌀의 수침 초기의 점도의 증가 추세를 확인할 수 있었으며, 이와 다르게 찰쌀 전분에서는 초기 증가 현상이 나타나지 않았는데 이를 통해 찰쌀과 찰쌀 가루의 초기의 점도 상승이 지방과 단백질의 제거에 의한 것임을 확인할 수 있었다. 그리고 찰쌀의 경우 수침 3일차에 최저로 감소된 최고 점도 값을 보이는 반면, 찰쌀 가루는 5일까지 점도가 감소하는 것을 통하여 찰쌀 가루에서 더욱 활발한 효소 작용이 일어났다는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 세 종류의 시료를 비교해보았을 때 전체적인 점도는 찰쌀 가루에서 가장 높았음을 확인하였는데 이를 통하여 수침처리에 의한 점도특성의 변화는 찰쌀 가루 상태에서 가장 큰 영향을 받는다는 것으로 알 수 있었으며, 이는 수침 중 발생하는 미생물의 생화학적 활성이 찰쌀 가루 상태에서 가장 활발히 일어났다는 것으로 판단할 수 있다. 한편 breakdown값과 setback값의 변화 역시 최고점도의 변화와 유사한 양상을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

일반적으로 쌀의 RVA 점도 특성은 전분입자 사이에 존재하는 지방과 단백질에 의하여 팽윤 및 붕괴 억제 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다.<sup>30)</sup> 찰쌀과 찰쌀 가루의 경우 수침 1일째에 점도가 급격히 상승한 것은 찰쌀과 찰쌀 가루에 존재하던 불용성 지방과 단백질 성분이 대량 용출되어 수침액과 함께 제거됨에 따른 것으로 생각된다. 이 결과는 수침 중 찰쌀의 기본 성분 변화에 대한 연구결과를 통해 알 수 있으며, 수침초기에 증가하는 용해도와 수분흡습도 특성에도 관련 지어 설명할 수 있다.<sup>24)</sup> 수침 1일 이후 감소하는 점도 특성의 원인으로는 장기

간 수침처리에 따른 미생물에 의한 찰쌀의 변성 즉, 효소에 의한 분해가 일어났기 때문으로 볼 수 있다. 찰쌀의 수침과 미생물의 생육에 관련된 연구결과를 보면 7일의 찰쌀 수침액에서 물이나 토양에서 존재하는 자연균인 *Enterobacter cloacae*, *E. coli* 등이 발견되었다는 보고가 있으며, 수침 5일 이후부터는 *Yeast spp.*와 *Lactobacillus spp.*가 발견되어 찰쌀 전분으로부터 유기산을 생성시킨다는 연구 결과가 보고된바 있다.<sup>31,32)</sup> 또한 수침액의  $\alpha$ -amylase와  $\beta$ -amylase의 효소 활성도를 측정된 결과  $\alpha$ -amylase가 높은 활성을 보여 찰쌀의 특성을 변화시키는데 중요한 요인으로 작용한다고 보고된바 있다.<sup>33)</sup> 이처럼 수침 중에 발생한 미생물의 효소작용에 의하여 점도 특성은 급격히 떨어지게 되며 이후 급격히 낮아진 pH환경조건 하에서 효소의 불활성화가 일어나게 되며 생성된 유기산의 작용으로 최고점도가 다시 증가하기 시작하는 경향을 나타내는 것으로 생각된다.

## 초 록

유과 품질에 큰 영향을 주는 수침 처리가 찰쌀, 찰쌀 가루 및 찰쌀 전분의 물리화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 수침처리는 세가지 시료 모두의 등온흡습곡선에 큰 영향을 주었으나 특정한 경향을 나타내지는 않았다. 용해도는 세가지 시료 모두 호화개시온도 이후 급격히 증가하였고 수침기간이 증가함에 따라 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 팽윤력은 찰쌀 및 찰쌀가루의 경우 수침기간이 증가함에 따라 감소하였으나 찰쌀 전분의 경우 감소하였다가 증가하는 경향을 나타내었다. X-선 회절 분석 결과, 수침처리를 한 시료 모두 A형 결정형 형태를 유지하였고, 상대적 결정화도는 수침이 진행될수록 감소하였다. 이로 보아 수침 과정 동안 전분의 일부 결정형 영역이 분해된다는 것을 확인할 수 있었다. RVA 점도 특성을 분석한 결과, 찰쌀과 찰쌀 가루의 경우 유사한 경향을 나타내었고, 찰

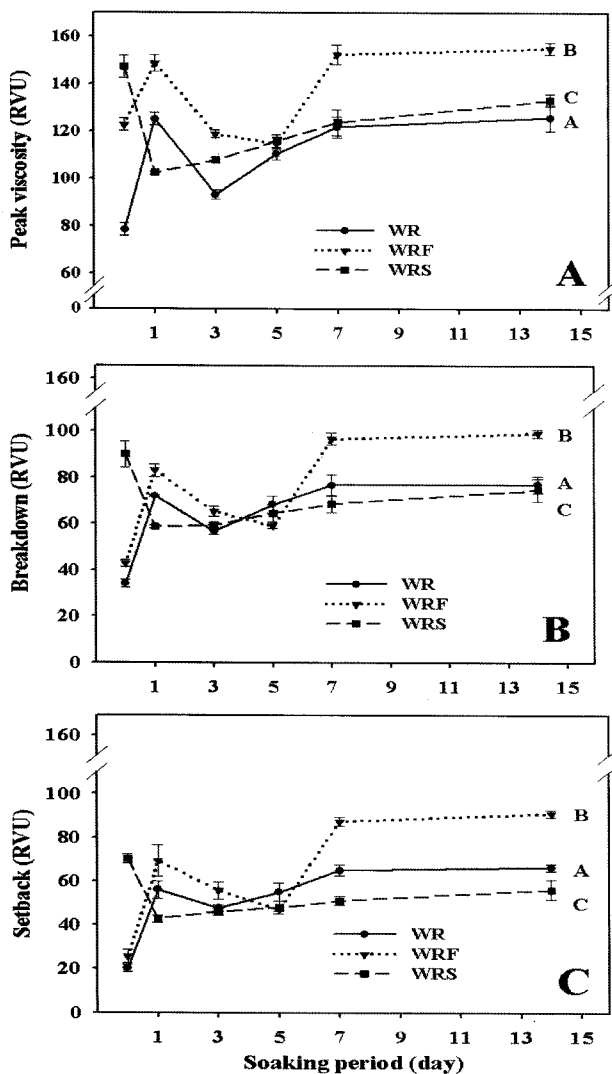


Fig. 6. Changes in pasting properties of peak viscosity (A), breakdown (B) and setback (C) during soaking of waxy rice (WR), waxy rice flour (WRF) and waxy rice starch (WRS).

쌀 전분의 경우 이들과 다른 RVA 점도 특성을 나타내었다. 이처럼 Native 상태의 찰쌀, 찰쌀 가루와 찰쌀 전분의 RVA 점도 특성 차이는 수침 초기에 단백질과 지질 등이 용출되어 제거되는 것에 기인한 것으로 보이며, 점도가 감소하는 이유는 수침 동안 일어나는 미생물의 생육작용에 의한 것으로 생각된다.

**Key words:** soaking, physicochemical properties, waxy rice, waxy rice flour, waxy rice starch

### 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업(과제번호: 20070401034016)의 지원에 의해 수행된 연구이며 이에 감사 드립니다.

### 참고문헌

1. Kang, S. H. and Ryu, G. H. (2002) Analysis of traditional

- process for Yukwa making, a Korean puffed rice snack (I): Steeping and punching process. *Korean J. Food Sci. Technol.* **34**, 597-603.
2. Shin, D. H., Choi, U. and Lee, H. Y. (1991) Yukwa quality on mixing of non-waxy rice to waxy rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 619-621.
3. Kim, J. M. and Yang, H. C. (1982) Studies on a title and characteristics of busuge. *Korean J. Food Sci. Technol.* **15**, 30-40.
4. Seon, K. H. (1995) Standardization of cooking method of Yukwa and study of steeping process of glutinous rice. *Desan Rural Culture.* **3**, 224-250.
5. Lim, Y. H., Lee, H. Y. and Jang, M. S. (1993) Change of physicochemical properties of soaked glutinous rice during preparation of Yu-Kwa. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**, 247-251.
6. Kim, K., Lee, Y. H., Kang, K. J and Kim, S. K. (1993) Effects of steeping on physicochemical properties of waxy rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**, 535-540.
7. Yang, H. C., Hong, J. S. and Kim, J. M. (1982) Studies on manufacture of Busuge, I. Effect of steeping process on viscosity and raising power of glutinous rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* **14**, 141-145.
8. Kim, K. and Yoshimatsu, F. (1984) On the expansion factors of gangjung (Korean rice cookie). *Sci. Cookery* **17**, 45-48.
9. Horigane, A. K., Takahashi, H., Maruyama, S., Ohtsubo, K. and Yoshida, M. (2006) Water penetration into rice grains during soaking observed by gradient echo magnetic resonance imaging. *J. Cereal Sci.* **44**, 307-316.
10. Luh, B. S. (1980) In *Rice Production and Utilization: Rice snack foods* AVI Publishers, West Port.
11. Noomhorm, A., Kongseree, N. and Apintanapong, M. (1997) Effect of aging on the quality of glutinous rice crackers. *Cereal Chem.* **74**, 12-15.
12. Metcalf, S. L. and Lund, D. B. (1985) Factors affecting water uptake in milled rice. *J. Food Sci.* **50**, 1676-1679.
13. Chen, J. J., Lu, S. and Lii, C. Y. (1999) Effect of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chem.* **76**, 796-799.
14. Chiang, P. Y. and Yeh, A. I. (2002) Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.* **35**, 85-94.
15. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. (1973) Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku.* **20**, 99-104.
16. Whistler, R. L. (1964) In *Methods of Carbohydrate Chemistry: Swelling power and solubility of granular starches* (Vol. 4) Academic Press, New York.
17. Koo, H. J., Park, S. H., Jo, J. S., Kim, B. Y., Hur, N. Y. and Baik, M. Y. (2005) Physicochemical characteristics of 6-year-old Korean ginseng starches. *Food Sci. Technol/LWT.* **38**, 801-807.
18. Lee, K. J., Lee, S. Y., Kim, Y. R., Park, J. W. and Shim, J. Y. (2004) Effect of dry heating on the pasting/retrogradation and textural properties of starch-soy protein mixture. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 568-573.
19. Nara, S. and Komiya, T. (1983) Studies on the relationship between water saturated state and crystallinity by the diffraction

- method for moistened potato starch. *Starch*. **35**, 407-410.
20. Honeyman, J. (1959) In *Recent advances in the chemistry of cellulose and starch: Sorption of water by cellulose and starch* Heywood & Company, London.
  21. Han, J. S. and Ahn, S. Y. (2002) Physicochemical properties of corn starch oxidized with sodium hypochlorite. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 189-195.
  22. Han, M. R., Chang, M. J. and Kim, M. H. (2007) Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **50**, 160-166.
  23. Nche, P. F., Odamtent, G. T., Nout, M. J. R. and Rombouts, F. M. (1996) Soaking of maize determines the quality of aflata for kenkey production. *J. Cereal Sci.* **24**, 291-297.
  24. Lim, Y. H., Lee, H. Y. and Jang, M. S. (1993) Changes of physicochemical properties of soaked glutinous rice during preparation of Yu-Kwa. *Korean J. Food Sci. Technol.* **25**, 247-251.
  25. Park, J. Y., Kim, K. O. and Lee, J. M. (1992) Standardization of traditional preparation method of Gangjung. *Korean J. Dietary Culture* **7**, 291-296.
  26. Park, Y. M. and Oh, M. S. (1985) Effect of soaking on expansion volume of Gang-Jung. *Korean J. Food Sci. Technol.* **17**, 415-420.
  27. Fuwa, H., Nakajima, M. and Hamada, A. (1977) Comparative susceptibility to amylose of starches from different plant species and several single endosperm mutants and their double mutant combination with opaque-2 inbred oh 43 maize. *Cereal Chem.* **54**, 230-237.
  28. Wang, L. F. and Wang, Y. J. (2001) Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato and rice starches. *Starch* **53**, 570-576.
  29. Han, Y. J. and Kim, S. S. (2002) Influence of plasticizers on the RVA properties of native corn starch and hydroxypropylated corn starch. *Food Engineering Progress* **6**, 275-280.
  30. Kim, S. K. and Bang, J. B. (1996) Physicochemical properties of rice affected steeping conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28**, 1026-1032.
  31. Park, J. Jeon, H. J., Chung, H. J. and Jo, M. N. (2000) Effect of microorganism inoculation and enzyme treatment on Yukwa characteristics. *Korean J. Food & Nutr.* **13**, 213-220.
  32. Jeon, H. J., Sohn, K. H. and Park, H. J. (1995) Studies on optimum conditions for experimental procedure of Yukwa (I) - On the soaking time of glutinous rice and the number of beating. *Korean J. Dietary Culture* **10**, 75-81.
  33. Jeon, H. J., Sohn, K. H. and Lee, M. K. (1995) Characteristics on enzyme and microorganism by soaking time of glutinous rice. *Korean J. Soc. Food Sci.* **11**, 107-112.