

한국산 고구마 전분의 품종별 이화학적 성질

박지연 · 안영섭* · 신동훈** · 임승택**†

고려대학교 자연자원대학원

*농촌진흥청 호남농업시험장 목포시험장

**고려대학교 생명공학원, 식품가공학심기술연구소

Physicochemical Properties of Korean Sweet Potato Starches

Ji-Yeon Park, Young-Sup Ahn*, Dong-Hoon Shin** and Seung-Taik Lim**†

Graduate School of Natural Resources, Korea University, Seoul 136-701, Korea

*Mokpo Experiment Station, National Honam Agriculture Experiment Station, Muan 534-830, Korea

**Graduate School of Biotechnology, Center for Advanced Food Science and Technology,
Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

Starch was isolated from nine Korean sweet potato varieties (Shinmi, Seangmi, Yulmi, Shinyulmi, Sunmi, Jeungmi, Mokpo 26, Mokpo 29, and Mokpo 30) and analysed in its physicochemical properties in comparison with a commercial sweet potato starch (Kumokanyu) imported from China. Protein content in the isolated starch was highest (1.1%) in Mokpo 29 and lowest (0.3%) in Kumokanyu, whereas lipid content was equally less than 0.2%. Pasting analysis by Rapid Viscoanalyser (RVA) showed that Yulmi starch had the lowest pasting temperature (70.2°C) whereas Kumokanyu did the highest one (74.3°C). Under a differential scanning calorimetry (DSC), however, Kumokanyu showed the lowest onset temperature (61.8°C) and enthalpy (42.0 J/g) for crystal melting. Shinyulmi showed the highest peak viscosity of the starch paste, but shear thinning was significant like commercial potato starch. Kumokanyu, however, displayed the least peak viscosity but good shear stability. With the starch gels prepared at 4°C, Mokpo 29 showed the highest hardness, whereas Shinyulmi did the lowest one. Against repeated freeze-thawing treatments, the starch gel of Kumokanyu was most stable, and among the Korean varieties, Yulmi, Shinyulmi, Jeungmi and Mokpo 26 had good stability. According to the chain distribution analysis, Shinyulmi and Mokpo 29 consisted of larger quantities of shorter amylopectin chains than Kumokanyu, potato and corn starches.

Key words: sweet potato starch, pasting viscosity, freeze-thaw stability, chain length

서 론

고구마는 환경적 영향을 받지 않아 여러 지역에서 잘 생육하며 주로 열대, 아열대 지역에서 다년생으로 재배된다(1). 고구마는 직접 이용되는 경우 외에도 주정, 주류, 간장, 된장, 코지, 의약품, 화학약품 등 공업원료로 사용되며, 전분의 원료가 되기도 한다. 고구마의 고품종 전분은 80~90%를 차지하는데 물리적 성질이 우수하여 물엿, 냉면, 당면 등의 식품가공에 널리 사용되고 있다(2-4). 우리 나라에서 재배되는 고구마의 품종은 크게 공업용, 사료용 및 식용으로 구분되는데, 공업용 또는 사료용으로 재배되는 품종에는 황미, 선미, 은

미, 진미, 원미, 풍미 등이 있고, 1990년대에 들어와서 장려된 울미, 신율미, 증미, 건미 등은 주로 식용으로 생산되는 것들이다. 또한 최근에 개발된 목포29호, 목포30호 등의 유색고구마는 새로운 천연색소로서의 이용이 연구되고 있다(5,6). 하지만 이러한 다양한 품종들은 전분 수율이 높은 품종과 식용을 목적으로 한 식감이 좋은 품종을 제외하고는 계속해서 도태되어 가고 있는 실정이다. 따라서 다양한 고구마 자원의 확보를 위해서는 각 품종이 가지고 있는 특성을 밝히고 이 특성에 맞는 응용에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 신미, 생미, 울미, 신율미, 선미, 증미, 목포26호, 목포29호, 목포30호 등 한국산 고구마 품종

† To whom all correspondence should be addressed

9종으로부터 전분을 추출하고, 시판되고 있는 중국산 고구마 전분의 하나인 금오잔유와 함께 전분의 이화학적 특성을 비교, 검토하였다.

재료 및 방법

고구마 전분시료

본 연구에 사용된 한국산 고구마 품종은 97년도에 수확된 신미, 생미, 율미, 신율미, 선미, 중미, 목포26호(연미), 목포29호, 목포30호 등 9종으로 목포 호남농업시험장으로부터 제공받았으며, 당면재료용으로 수입된 중국산 고구마인 금오잔유는 전분으로 가공된 상태로 한국 면류공업협동조합으로부터 제공받았다. 한국산 고구마는 Kim 등(7)과 Shiotani 등(8)의 방법을 일부 개량하여 전분을 분리하였다. 고구마는 뿌리의 양끝부분을 절단한 후 껍질을 벗기고, 가늘게 썰어 말려서 가루로 만들어 저장하였다. 이 고구마 가루를 약 10배 부피의 0.2% NaOH 수용액에 실온에서 13회 반복하여 침지시켜 50 mesh 체에 내려 전분을 분리하였다. 마지막으로 얻어진 전분은 충분한 양의 물로 알칼리가 녹아 나오지 않을 때까지 수세하여 알칼리를 제거한 뒤 40°C 오븐에서 24시간 건조하여 전분을 제조하였다.

일반성분 분석

조지방의 함량은 Soxtec System HT6(1043 Extraction Unit, Tecator, Höganäs, Sweden)을 사용하여 측정하였고, 조단백질의 함량은 자동 Kjeldahl장치(Kjeltec 1026, Tecator, Höganäs, Sweden)를 이용하여 질소계수 6.25로 측정하였으며, 회분의 함량은 AOAC(9) 방법에 따라 전식법으로 측정하였다.

전분입자의 성상

전분입자의 성상은 gold-palladium으로 코팅한 고구마 전분을 주사현미경(scanning electron microscope, Joel JSEM5410LV system, Tokyo, Japan)을 이용하여 측정하였으며, 이때 accelerating voltage는 15kV를 사용하였다.

전분 페이스트의 점도 및 pasting 온도 측정

전분 페이스트의 성질은 Rapid Viscoanalyser(Newport Scientific Ins. & Eng., Warriewater, Australia)를 사용하여 측정하였으며, 7%(w/v)의 전분용액을 25°C로부터 95°C까지 3.5°C/min의 속도로 가열하고 95°C에서 10분간 유지한 후 50°C까지 냉각한 후 10분간 유지

하도록 하였다.

전분 호화액의 빛 투과도 측정

각각의 고구마 전분을 건조중량으로 100mg 칭량하여 증류수 10ml와 함께 시험관에 넣고 충분히 교반한 후, boiling water bath에서 강하게 교반하면서 30분 동안 가열하여 호화시켰다. 전분 호화액을 1시간 동안 실온에 방치하여 냉각한 후, 교반한 뒤 즉시 650nm에서 빛 투과도(%T)를 측정하였다.

전분의 용융온도, 용융엔탈피 측정

전분의 용융온도 및 용융엔탈피는 시차주사열량기(Seiko Instruments Inc. DSC 6100, Chiba, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 알루미늄 팬에 전분과 수분의 중량 비율이 1:4가 되도록 넣고 밀봉하여 10°C/min의 속도로 20°C로부터 150°C까지 가열하여 용융흡열곡선을 얻어, 용융온도 및 엔탈피(ΔH)를 구하였다(10,11).

전분 겔의 제조

고구마 전분은 건조물 중량으로 10%가 되도록 증류수를 넣고 끓는 물중탕에서 일정한 속도로 교반하면서 15분간 가열하여 전분 페이스트를 제조하였다. 이 페이스트는 주위에 테이프를 두른 페트리 디쉬(직경 50mm, 높이 17mm)에 부은 뒤 4°C에서 24시간 동안 저장하여 겔을 형성시켰다.

전분 겔의 조직감 측정

페트리 디쉬의 테이프를 제거하고 형성된 전분 겔의 위 부분을 잘라낸 뒤, Texture Analyser(TA-XT2, Stable Microsystems, Surrey, England)로 조직감을 측정하였다. 직경 20mm의 cylindrical plunger를 사용하여, 겔의 중앙부위에 3.5mm 깊이로 0.2mm/sec의 속도로 압착하여 TPA(textureprofile analysis) 곡선을 얻었다(12,13).

전분 겔의 냉동·해동 안정성 측정

전분 겔을 -20°C에서 24시간 동안 동결시킨 후, 25°C에서 4시간 동안 방치하여 해동시킨 다음, 20분 동안 감압 여과(Wattman No.41)하여 물을 제거한 후 시료의 무게를 측정하여 초기중량에 대한 빠져나간 물의 중량의 %비로서 syneresis 함량을 구하였다(12,13).

전분의 사슬길이 측정

전분을 90% dimethyl sulfoxide와 ethanol로 정제한

뒤(14) *Pseudomonas isoamylase*(Hayashibara Bio-chemical Lab., Okayama, Japan)를 이용하여 가지를 절단한 후(15), multiangle laser light scattering detector (MALLS, Dawn-DSP-F, Wyatt Technology, St. Barbara, CA, USA)와 differential refractive index detector (Model SE71, Shodex, Tokyo, Japan)가 연결되어 있는 high performance size exclusion chromatography (HPSEC-MALLS-RI)를 이용하여 You 등(16)의 방법을 사용하여 측정하였다. 사용된 컬럼은 TSK Gel 3,000 PW, 4,000PW, 5,000PW 순으로 연결하여 사용하였으며 펌프 및 시료주입 밸브(500 μ L)는 각각 Thermal Separation Products사(Spectra system P2000, San Jose, CA, USA)와 Rheodyne사(Model 7021, Cotati, CA, USA) 제품을 이용하였다. 중량평균 분자량(M_w) 및 radius of gyration(R_g)의 계산은 Debye fit 방법(Astra 4.50 software, Wyatt Technology, St. Barbara, CA, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

한국산 고구마의 육질색 및 전분가

한국산 고구마 9종의 육질색 및 전분가는 목포 호남 농업시험장으로 부터 자료를 받았으며 Table 1과 같다. 육질색의 경우, 짙은 자색을 띠는 목포26호와 주황색의 목포29호를 제외하고는 모든 고구마가 옅은 황색을 띠었다. 전분가는 18.0~28.8% 수준이며, 신울미가 가장 높은 전분가를 나타냈으며 유색고구마인 목포29호와 목포30호의 전분가는 비교적 낮았다.

일반성분 분석

고구마 전분의 잔유 단백질, 지방, 회분의 함량은 Table 2에서 보는 바와 같이 각각 0.2~1.1%, 0.1~0.2%,

Table 2. Proximate chemical composition of various sweet potato starches¹⁾ (% w/w dry basis)

Starch	Protein	Fat	Ash
Shinmi	0.87	0.22	0.65
Seangmi	0.91	0.18	0.67
Yulmi	0.63	0.08	0.52
Shinyulmi	0.45	0.12	0.26
Sunmi	0.82	0.11	0.53
Jeungmi	0.88	0.07	0.37
Mokpo 26	0.49	0.14	0.33
Mokpo 29	1.07	0.07	1.10
Mokpo 30	0.84	0.14	0.75
Kumokanyu	0.25	0.10	0.36

¹⁾Each value represents mean of triplicates.

0.3~1.1%를 나타냈다. 본 실험에서 추출된 한국산 고구마 전분은 잔유 단백질의 함량이 중국산 고구마 전분인 금오간유보다 높았으며 지방의 경우는 품종간의 차이가 작았다. 지질은 소량이라도 아밀로오즈와 복합체를 형성하고 전분입자의 수화를 막아 팽윤을 억제하는 등 전분의 물성에 영향을 미친다(17,18). 또한 단백질의 경우에는 전분의 수화를 억제하여 호화온도를 높이고 페이스트점도를 낮출 수 있다(19). 특히 본 실험에 사용된 전분의 경우 품종에 따라 단백질 함량의 차이가 다소 있으므로 잔유 단백질에 의한 물성의 변화도 예상된다.

전분입자의 성상

본 실험에서 사용된 한국산 고구마 전분은 품종에 따른 입자의 성상에 큰 차이가 없었다. Fig. 1은 신울미

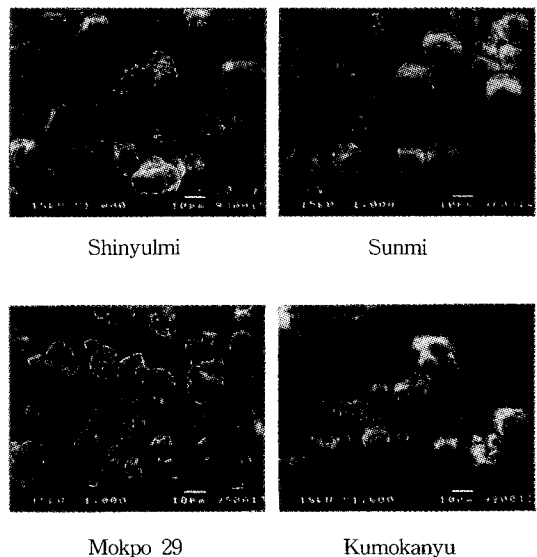


Fig. 1. Scanning electron micrographs of sweet potato starches.

Table 1. Inner tissue color and starch yield of various Korean sweet potatoes¹⁾

Variety	Tissue color	Starch yield(%)
Shinmi	White yellow	26.4
Seangmi	White orange	20.7
Yulmi	Bright yellow	26.8
Shinyulmi	Yellow	28.8
Sunmi	White yellow	20.7
Jeungmi	Yellow	25.2
Mokpo 26	White yellow	24.3
Mokpo 29	Purple	19.2
Mokpo 30	Orange	18.0

¹⁾National Honam Agricultural Experiment Station

(Shinyulmi), 선미(Sunmi), 목포29호(Mokpo 29) 및 중국산 금오간유(Kumokanyu) 전분입자의 모양을 나타내는데, 한 품종내에서도 전분입자의 크기 및 형태가 비교적 다양하게 혼합되어 있음을 보여주고 있다. 특히 한국산 고구마 전분의 경우 부분적으로 골이 파진 종모양의 입자를 관측할 수 있었다. 금오간유는 비교적 입자가 작았으며 종모양의 입자는 발견되지 않았다. 전분입자의 크기는 품종간에 큰 차이없이 약 5~25 μ m 정도로 추정되었다.

전분의 페이스트특성

전분용액을 가열할 때 형성된 페이스트의 최고 점도는 신올미가 가장 높았고 목포29호가 가장 낮게 나타났다(Table 3). Table 2에 나타난 바와 같이 목포29호는 단백질의 함량이 1.07%로 고구마 전분중 가장 높았기 때문에, 단백질에 의해 전분의 수화 및 팽윤이 다소 억제되었을 것으로 생각된다(19). 그러나 금오간유의 경우에는 신올미에 비해 단백질 함량이 적으나 신올미보다 낮은 호화점도를 나타내었고, 호화개시온도(pasting temperature) 역시 금오간유가 3°C 가량 더 높았다. 따라서 금오간유의 높은 호화개시온도와 신올미의 높은 호화점도는 단백질 함량 외의 이들 전분이 갖는 다른 화학적 특성에 기인함을 알 수 있다.

신올미의 경우 breakdown이 다른 전분보다 크게 나타나 팽윤된 전분입자가 shearing에 의해 급격하게 분해됨을 보이며, 비교적 낮은 setback은 전분의 재결합이 쉽게 일어나지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 금오간유의 경우에는 breakdown이 가장 작고, setback이 높기 때문에 가장 높은 final 점도를 보였다. 이는 금오간유가 한국산 고구마 전분에 비해 열과 전단력(shear force)에 대한 저항성이 커서 최종점도가 높으므로 점증제로서의 사용이 바람직하다고 할 수 있다.

금오간유의 페이스트 점도곡선의 형태는 전형적인 고구마전분의 경우와는 상당히 차이가 있어서 순수한 고구마 전분인지 의심스러웠다. 목포29호의 경우에는 최고점도 뿐만 아니라, breakdown과 setback이 모두 다른 전분에 비해 두드러지게 낮게 나타났는데, 이는 가열에 의한 전분입자의 팽윤 및 입자로부터 전분 분자의 분산(dissociations)이 비교적 잘 일어나지 않음을 의미한다. 따라서 이러한 점도의 변화로 계산된 전분 페이스트의 안정성(stability ratio=through viscosity/peak viscosity)은 목포29호 및 금오간유가 비교적 높았고(약 0.7), 신올미가 가장 낮게 나타났으며(0.37), 동일한 조건으로 측정된 시판 옥수수 및 감자 전분의 경우에 있어서는 각각 0.60, 0.22로 나타났다. 따라서 고구마 전분이 감자 전분보다는 최고점도는 낮으나 페이스트 안정성이 우수하다는 것을 알 수 있다. 한국산 고구마 전분은 신올미와 목포29호를 제외하고는 모두 비슷한 페이스트점도 특성을 보였으며 신올미는 감자전분과 가장 유사한 페이스트의 성질을 나타냈다.

전분의 용융특성

DSC를 이용하여 측정된 품종별 고구마 전분의 용융온도(T_m) 및 엔탈피(ΔH) 값은 Table 4과 같다. 용융개시온도는 금오간유가 62°C로 한국산 전분에 비해 낮았으며, 신올미는 약 69°C로서 한국산 전분중 비교적 높은 T_m 를 보였고 목포29호는 63°C로 낮았다. 따라서 DSC 상에서 높은 전분 농도(25%)로 측정된 호화개시온도는 페이스트점도로 측정된 호화개시온도와 일치하지 않음을 나타냈다. 그러나 피크온도(T_p)의 경우는 금오간유가 가장 높았고, 올미(Yulmi)가 가장 낮게 나타났으며, 전반적으로 RVA의 호화개시온도 결과와 다소 유사한 경향을 보였다. 한편 금오간유의 용융은 매우 넓은 온도범위(62~85°C)에서 나타나 한국산 전분과 뚜

Table 3. Pasting temperature and viscosity of sweet potato starches(7%, w/w)¹⁾

Starches	Pasting temp. (°C)	Peak Viscosity (RVU)	Breakdown (RVU)	Setback (RVU)	Final Viscosity (RVU)	Stability ratio
Shinmi	72.2 ^{cd}	153.1 ^e	75.8 ^d	64.2 ^{cd}	141.5 ^{de}	0.50
Seangmi	72.1 ^d	176.6 ^c	98.9 ^b	75.7 ^b	153.4 ^c	0.44
Yulmi	70.2 ^f	186.4 ^b	102.5 ^b	77.9 ^{ab}	161.8 ^b	0.45
Shinyulmi	71.4 ^e	197.6 ^a	124.8 ^a	60.8 ^d	133.5 ^{ef}	0.37
Sunmi	73.1 ^b	174.8 ^c	97.2 ^{bc}	68.2 ^c	145.8 ^{de}	0.44
Jeungmi	72.1 ^d	168.8 ^{cd}	97.2 ^{bc}	54.7 ^c	126.3 ^{fg}	0.42
Mokpo 26	72.3 ^{cd}	175.8 ^c	102.6 ^b	63.8 ^{cd}	137.0 ^{de}	0.42
Mokpo 29	72.6 ^c	103.9 ^f	31.6 ^f	47.0 ^f	119.3 ^g	0.70
Mokpo 30	72.1 ^d	161.0 ^{de}	89.6 ^c	61.7 ^d	133.1 ^{ef}	0.44
Kumokanyu	74.3 ^a	190.7 ^{ab}	62.7 ^e	81.3 ^a	209.3 ^a	0.67

¹⁾ Each value represents mean of triplicates, and data with different alphabets were different with statistical significance ($p < 0.05$).

Table 4. Melting temperatures¹⁾ and enthalpy (ΔH) for sweet potato starches under differential scanning calorimetry²⁾

Starch	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (J/g)
Shinmi	69.6 ^a	75.5 ^b	81.4 ^{bc}	35.0 ^{abc}
Seangmi	64.6 ^c	73.8 ^{def}	80.0 ^{cd}	33.8 ^{bc}
Yulmi	65.4 ^c	71.8 ^g	78.3 ^c	34.0 ^{bc}
Shinyulmi	68.5 ^{ab}	73.4 ^{ef}	79.2 ^{de}	28.9 ^c
Sunmi	68.4 ^{ab}	74.9 ^{bc}	81.5 ^b	32.6 ^{bc}
Jeungmi	67.5 ^b	74.8 ^{bcd}	80.6 ^{bcd}	38.7 ^{ab}
Mokpo 26	68.5 ^{ab}	74.2 ^{cde}	80.2 ^{bcd}	36.3 ^{abc}
Mokpo 29	63.2 ^d	73.0 ^f	80.1 ^{bcd}	34.2 ^{bc}
Mokpo 30	64.2 ^{cd}	74.1 ^{cde}	80.1 ^{bcd}	33.4 ^{bc}
Kumokanyu	61.8 ^e	76.9 ^a	84.6 ^a	42.0 ^a

¹⁾T_o, T_p, and T_c represent onset, peak, and complete temperatures for melting, respectively.

²⁾Each value represents mean of triplicates, and data with different alphabets were statistically different(p<0.05).

렛이 구분이 되는 DSC 용융곡선을 보였다. 용융엔탈피 (ΔH)는 신울미가 가장 낮게 나타났고, 금오간유는 한국산 전분에 비해 높게 나타났으며, 한국산 고구마 전분 중에서는 증미(Jeungmi)가 가장 높게 나타났다. 따라서 신울미의 경우 다른 품종에 비해 전분의 용융이 비교적 낮은 에너지로 가능하며 이 결과로 페이스트의 점도 역시 높아지는 것으로 사료된다. 본 실험상 동일 조건에서 측정된 시판 옥수수 및 감자전분의 용융개시 온도 및 엔탈피는 각각 65.0°C, 15.9 J/g과 60.8°C, 21.0 J/g이었다(15). 따라서 본 실험실에서 제조된 한국산 고구마 전분의 용융개시온도는 감자전분보다 3~8°C 높고 용융엔탈피 역시 10 J/g 정도 높았다.

이상과 같이 고구마 전분의 높은 용융온도 및 엔탈피는 매우 독특한 결과라고 사료되며, 전분의 결정구조에 관한 구체적인 연구가 필요한 듯하다.

전분 겔의 조직감 및 냉동안정성

4°C에서 24시간 저장하여 형성된 고구마 전분 겔의 텍스처는 Table 5에 보는 바와 같다. 견고성(hardness)의 경우 목포29호와 생미가 비교적 크게 나타났으며, 금오간유도 비교적 높았다. 반면 신울미는 가장 낮은 견고성을 보였다. 탄력성(springiness)은 한국산 고구마 보다 금오간유가 약간 높았고, 한국산 고구마 전분 중에서는 울미와 생미가 비교적 높은 탄력성을 나타내었다. 응집성(cohesiveness)의 경우 금오간유와 신울미가 비교적 높게 나타났으며, 생미가 가장 낮은 것으로 나타났다. 따라서 금오간유 전분 겔의 특성은 강하고 탄력있는 우수한 겔임을 알 수 있고, 신울미의 경우에는 견고성은 낮으나 응집성(분자간의 결합력)이 우수한 유연한 겔의 특성을 갖고 있으며, 생미는 단단하면서도 탄력성이 있는 겔을, 울미는 탄력성과 응집성이 큰 겔을 형성함을 알 수 있다. 또한 접착성(adhesiveness)의 경우 생미, 선미(Sunmi), 목포29에서만 나타났는데, 이러한 전분 겔들은 표면에 끈기가 높으며 세 가지 겔 모두 견고성이 높은 것으로 나타났다.

전분 겔을 3회까지 반복적으로 냉동·해동한 후의 syneresis(%) 결과는 Table 6에서와 같다. 냉동·해동을 1회 반복했을 때 신울미, 증미, 목포26호, 목포29호, 목포30호, 금오간유는 syneresis가 적게 나타났으므로 우수한 냉·해동 안정성을 갖고 있다는 것을 알 수 있고, 선미의 경우는 3회까지 높은 syneresis를 나타냈으므로 가장 열악한 냉·해동 안정성을 갖는다. 그러나 2회, 3회에서는 목포29호가 비교적 높은 syneresis를 나타내었다. 따라서 한국산 고구마 전분 겔 중 울미, 신울미, 증미, 목포26호가 냉·해동 안정성이 우수한 겔임을 알 수 있으며, 금오간유는 반복된 냉·해동 조건

Table 5. Textural properties¹⁾ of sweet potato starch gels²⁾

Starch	Hardness (g force)	Springiness	Coheisiveness	Adhesiveness (gmm)	Gumminess (g force)	Chewiness (g force)
Shinmi	106.07 ^f	0.91 ^{bc}	0.49 ^{ab}	ND ³⁾	51.83 ^e	46.95 ^d
Seangmi	197.60 ^{ab}	0.93 ^{ab}	0.44 ^c	-15.62	87.05 ^b	80.67 ^b
Yulmi	141.93 ^{de}	0.94 ^{ab}	0.48 ^{ab}	ND	68.32 ^{cd}	64.29 ^c
Shinyulmi	74.17 ^g	0.89 ^{cd}	0.51 ^a	ND	37.84 ^f	33.53 ^e
Sunmi	163.13 ^{cd}	0.86 ^d	0.46 ^{bc}	-40.20	74.34 ^c	64.39 ^c
Jeungmi	111.57 ^f	0.91 ^{bc}	0.49 ^{ab}	ND	54.80 ^e	49.77 ^d
Mokpo 26	147.43 ^{de}	0.92 ^{abc}	0.47 ^{bc}	-6.52	69.08 ^{cd}	63.71 ^c
Mokpo 29	214.87 ^a	0.91 ^{bc}	0.48 ^{abc}	-20.52	102.67 ^a	93.87 ^a
Mokpo 30	126.07 ^{ef}	0.90 ^{bc}	0.49 ^{ab}	ND	62.04 ^{de}	56.09 ^{cd}
Kumokanyu	182.07 ^{bc}	0.96 ^a	0.52 ^a	ND	94.00 ^{ab}	90.16 ^{ab}

¹⁾Each value represents mean of triplicates, and data with different alphabets were different with statistical significance (p<0.05).

²⁾Starch gels(10%, w/w) were prepared at 4°C for 24 hr.

³⁾Not detectable.

Table 6. Syneresis(%)¹⁾ from sweet potato starch gels²⁾ by repeated freeze-thawing treatments

Starch	1st	2nd	3rd
Shinmi	7.6 ^{ab}	22.2 ^{bc}	39.4 ^{abc}
Seangmi	6.4 ^b	20.0 ^{bc}	39.7 ^{abc}
Yulmi	5.2 ^b	14.6 ^c	22.4 ^{cd}
Shinyulmi	4.4 ^b	15.6 ^c	28.7 ^{bcd}
Sunmi	10.3 ^a	41.1 ^a	56.1 ^a
Jeungmi	3.8 ^b	9.1 ^c	28.2 ^{bcd}
Mokpo 26	3.5 ^b	16.5 ^c	24.4 ^{bcd}
Mokpo 29	4.5 ^b	33.4 ^{ab}	43.1 ^{ab}
Mokpo 30	4.8 ^b	17.4 ^c	40.4 ^{abc}
Kumokanyu	4.2 ^b	13.8 ^c	18.1 ^d

¹⁾Each value represents mean of triplicates, and data with different alphabets were statistically different($p < 0.05$).

²⁾Starch gels(10%) were frozen at -20°C for 24 hr, thawed at 25°C for 4 hr up to three times, and vacuum-filtrated for 20 min to measure the syneresis.

에서 한국산 고구마 전분 겔 보다 낮은 syneresis를 보여줌으로써 냉·해동 안정성이 우수함을 알 수 있었다.

고구마 전분 호화액의 빛 투과도

한국산 및 중국산 고구마 전분용액(1%)의 빛 투과도 결과는 Fig. 2에서와 같다. 금오간유가 17.4%로 한국산 고구마 전분 호화액보다 빛 투과도가 높았으며, 목포29호가 5.1%로 가장 낮았다. 또한 한국산 고구마 전분 중에서는 신울미가 16.0%로 가장 높았으며 금오간유의 결과와 통계적으로 차이가 없었다.

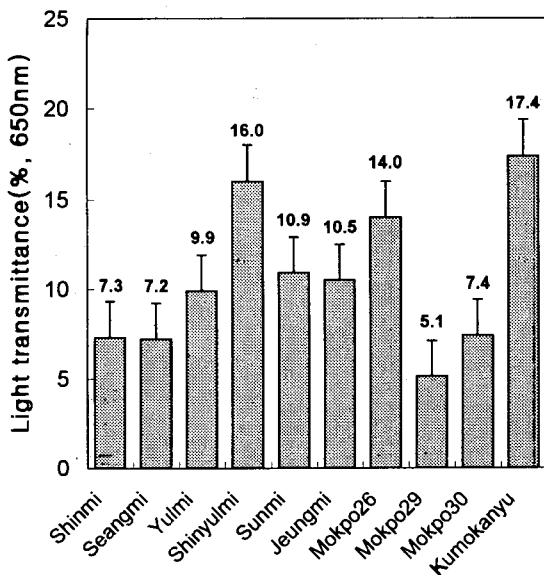


Fig. 2. Light transmittance of 1% sweet potato starch solutions.

전분 호화액의 빛 투과도는 전분 입자 및 분자구조 뿐만 아니라 잔유하는 지질과 단백질에 의해 영향을 받는데, 이러한 잔유물은 전분용액의 가열시 팽윤력과 용해도를 낮추기 때문이다(20). 지방 함량의 경우 증미와 목포29호가 가장 낮았으나 이는 빛 투과도에 커다란 영향을 미치지 못했던 것으로 생각된다. 그러나 전분 내의 단백질 함량의 경우 목포29호가 가장 높고, 금오간유가 가장 낮았으며, 목포29호의 빛 투과도가 가장 낮고, 금오간유의 빛 투과도가 가장 높은 것으로 보았을 때, 단백질이 빛 투과도에 영향을 미친 것으로 생각되며, 실제로 본 실험결과서 나타난 단백질 함량과 투과도와의 상관관계수 $r = -0.94$ 로 관련성이 상당히 크게 나타났다.

신울미의 경우 페이스트의 최고 점도(peak viscosity)가 높고 페이스트 형성온도 및 안정성이 낮은 것으로 비추어 볼 때(Table 3), 호화과정에서 전분 분자가 입자로부터 쉽게 분산되는 성질을 갖는다고 할 수 있다. 따라서 투과도 측정을 위한 냉각시 분자간의 재결합도 다른 전분에 비해 용이하지 못하여 빛 투과도가 높게 나타난다고 생각된다.

전분 분자의 사슬길이 분포

효소처리하여 가지(α -1,6 결합)를 절단한 전분 사슬의 분포를 신울미, 목포29호, 금오간유 3가지 전분을 선택하여 HPSEC-MALLS-RI 장치로 측정하였다. 측정 결과는 모든 전분이 Fig. 3(신울미)과 유사한 크로마토그램을 보였다. 이 크로마토그램은 주로 크게 세 부분으로 나누어지는데, peak I은 길이가 긴 아밀로오즈 사슬이고, peak II는 B2 이상의 긴 아밀로펙틴의 사슬을 나타내며, peak III은 A 및 B1의 짧은 아밀로펙틴의 사슬을 나타낸다(21).

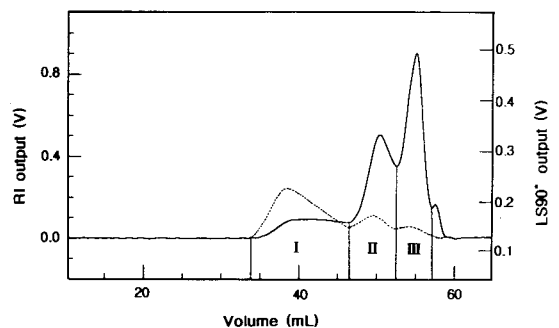


Fig. 3. HPSEC chromatograms of debranched Mokpo 29 starch detected by RI(-) and MALLS(90° , ...) detectors.

Peak I: Amylose chains, Peak II: B2 and larger amylopectin chains, Peak III: A + B1 amylopectin chains

Table 7. Weight-average DP(DP_w), average radius of gyration(R_g) and relative ratio of debranched sweet potato starch chains¹⁾

Starch	Amylose (I)			Amylopectin					
	DP _w	R _g (nm)	Ratio (%)	B2 and higher chains(II)			A+B1 chains(III)		
				DP _w	R _g (nm)	Ratio (%)	DP _w	R _g (nm)	Ratio (%)
Shinyulmi	953	20.6	16.7	81	18.4	34.7	17	25.4	48.6
Mokpo 29	752	14.6	16.4	74	13.6	35.6	16	62.4	48.0
Kumokanyu	1156	18.5	16.4	151	12.9	49.1	16	29.2	34.5
Potato	2012	20.5	17.5	105	14.1	45.0	21	33.3	37.5
Corn	1080	20.6	18.3	127	19.9	40.4	28	58.1	41.3

¹⁾Data for potato and corn starches were cited from a literature(15).

목포29호와 신율미의 아밀로오스 사슬의 중합도는 각각 752, 953으로 중국산인 금오간유 전분(1156)보다 작았으며, B2 이상의 긴 아밀로펙틴사슬의 경우도 한국산 고구마 전분의 중합도가 57~81로 금오간유(151)보다 작았다(Table 7). 한국산 고구마 전분의 아밀로펙틴사슬들(peak II와 III)의 길이는 감자나 옥수수 전분의 경우보다도 작게 나타났다. 아밀로오스 역시 감자의 아밀로오스사슬 길이보다 월등히 작은 것을 알 수 있었다.

한국산 및 중국산 고구마 전분 각 사슬의 중량비를 살펴보면, 신율미의 짧은 아밀로펙틴사슬(peak III)의 %함량이 48.6%로 다른 고구마 전분 및 감자, 옥수수 전분보다 높았으며, 금오간유의 긴 아밀로펙틴사슬의 함량이 다른 전분들보다 높았다. 따라서 신율미가 중합도가 낮은 짧은 아밀로펙틴사슬이 많이 함유되어 있는 구조가 전분의 호화가 잘 일어나며 페이스트의 점도가 높아지는 등의 독특한 호화특성을 나타내는데 기여하였으리라고 사료된다.

목포29호의 경우에는 아밀로펙틴의 짧은 사슬(A+B1)의 R_g값이 다른 전분들에 비해 상당히 큰 것으로 나타났으며, 아마도 사슬내에 인산기 등의 치환기가 결합되어 다른 형태를 하고 있다고 생각되나 정확한 이유를 밝히기 위해서는 연구가 더 필요하다고 사료된다.

전반적으로 한국산 고구마 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 사슬 길이는 중국산 고구마 전분 및 감자, 옥수수 전분에 비해 짧다는 것을 알 수 있다.

요 약

한국산 고구마 전분 9종과 중국산 고구마 전분 1종(금오간유)의 이화학적 특성에 대해 연구하였다. 측정된 품종중 신율미가 가장 높은 페이스트의 피크점도를 나타내었고 breakdown도 가장 커 감자전분과 비슷한 특성을 나타냈다. 금오간유는 호화점도가 안정하여

은 최종 점도를 보였으며, DSC상의 호화개시온도(61.8 °C)가 가장 낮았으며 용융엔탈피(42.0 J/g)는 가장 높았다. 전분용액(1%)의 빛 투과도 측정 결과는 금오간유와 신율미가 16~17%로 가장 높고, 목포29호가 5.1%로 가장 낮게 나타났다. 고구마 전분 겔의 경도(hardness)와 탄력성(springiness)은 금오간유가 가장 높았고 신율미가 가장 낮았다. 또한 냉동·해동 안정성은 금오간유가 가장 높았으며, 한국산 고구마 전분 중에서는 율미, 목포26호 등이 비교적 높게 나타났다. 한국산 고구마 전분입자의 성상은 품종별로 차이가 크지는 않았으나 골이 파진 종모양의 입자를 함유하였으며 전분입자의 크기는 약 5~25μm 정도로 나타났다. 효소처리하여 가지를 절단한 고구마 전분 분자의 사슬 길이를 측정 한 결과, 한국산 고구마 전분의 아밀로오스, 아밀로펙틴의 사슬 길이는 중국산 고구마 전분인 금오간유 및 감자 전분보다 작았다. 특히 신율미는 짧은 아밀로펙틴 사슬의 함량이 타전분에 비해 높았다.

감사의 글

본 과정은 대산농촌문화재단에 의해 지원되었으며 이에 감사드립니다. 또한 한국산 고구마 시료를 제공해 주신 호남농업시험장과 중국산 고구마 전분을 제공해 주신 면류공업협동조합에 감사드립니다.

문 헌

1. Heywood, V. H. : Flowering plants of the world. *Academy press*, p.201(1991)
2. Lee, S. K. : *Processing and utilizing of agricultural foods*. Yurim publishing, p.44(1997)
3. Song, J. C. : *Study on material of foods*. Kyomoonsa, p.252(1994)
4. Baek, M. H. and Shin, M. S. : Effect of water activity on physicochemical properties of sweet potato starch during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 532 (1995)

5. Kim, S. J., Rhim, J. W., Jung, S. T., Ahn, Y. S. and Oh, Y. B. : Carotenoid contents of yellow sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 218(1997)
6. Kim, S. J., Rhim, J. W., Lee, L. S. and Lee, J. S. : Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 345(1996)
7. Kim, S. K., Hahn, T. R., Lee, Y. H. and D'Appolonia, B. L. : Physicochemical properties of Tongil(Indica type) and Paldal(Japonica type) rice starch. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **10**, 157(1978)
8. Shiotani, I., Nishimura, A., Yamanaka, S., Taki, M. and Yamada, T. M. : Starch properties of the sweet potato, diploid *Ipomoea trifida*(H.B.K) don. and tetraploid hybrids. *Starch/Stärke*, **43**, 133(1991)
9. AOAC : *Methods of analysis of AOAC*. 16th ed., chapter 32, 2, 12(1995)
10. Donovan, J. W., Lorene, K. and Kulp, K. : Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381(1983)
11. Longton, J. and LeGrays, G. A. : Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels. *Starch/Stärke*, **33**, 410(1981)
12. Takahashi, S., Maningat, C. C. and Seib, P. A. : Acetylated and hydroxypropylated wheat starch. *Cereal Chem.*, **66**, 499(1989)
13. Takahashi, S. and Seib, P. A. : Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipids. *Cereal Chem.*, **65**, 474(1988)
14. Jane, J. and Chen, J. : Effect of amylose molecular size and amylopectin branch chain lengths on paste properties of starch. *Cereal Chem.*, **69**, 60(1992)
15. Chung, H. J., Cho, S. J., Chung, J. H., Shin, T. S., Son H. S. and Lim, S. T. : Physical and molecular characteristics of cowpea and acorn starches in comparison with corn and potato starches. *Food Sci. Biotechnol.*, **7**, 269(1998)
16. You, S. G., Fiedorowicz, M. and Lim, S. : Molecular characteristic of wheat amylopectins. *Cereal Chem.*, **76**, 116(1998)
17. Lee, K. Y. and Lee, S. R. : A study on the systematic analysis of lipids from sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **4**, 309(1972)
18. Hamaker, B. R. and Griffin, V. : Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption. *Cereal Chem.*, **67**, 261(1990)
19. Lee, J. H. : Protein extraction from rice flour in various solvents and conditions and pasting properties of the isolated rice starch. *M.D. thesis*, Korea Univ., Seoul, Korea(1996)
20. Lorenz, K. : Physico-chemical properties of lipid-free cereal starches. *J. Food Science*, **41**, 1357(1976)
21. Hizukuri, S. : Starch: analytical aspects. In "*Carbohydrates in food*" Eliasson, A.-C.(ed.), Marcel Dekker, Inc., New York, p.347(1996)

(1998년 9월 5일 접수)