

한국산 고구마의 전분구조 및 특성연구

임승택* · 박지연**

(*고려대학교 식품가공학심기술연구소 교수 · **식품위생연구원 연구원)

Structure and Characteristics of Korean Sweet Potato Starches

Seung-Taik Lim* · Ji-Yeon Park**

*Graduate School of Natural Resources, Center for Advanced Food Science and Technology, Korea University, 5-1 Anam-dong, Sungbuk-ku, Seoul 136-701, Korea.

**Codex Office, Food Sanitation Council, Ministry of Health and Welfare
KFDA, 5, Nokbun-dong, Eunpyung-gu, Seoul, Korea, 122-704

적 요

한국산 고구마 전분 9종과 중국산 고구마 전분 1종의 이화학적 특성에 대해 연구하였다. RVA 측정결과, 호화점도는 신올미가 가장 높았으나 최종점도는 금오간유가 오히려 높았으며, setback 정도에 따라 신올미는 노화가 잘 일어나지 않는 반면, 금오간유는 노화가 잘 일어날 것으로 생각된다. 호화온도의 경우 금오간유가 가장 높게 나타났으므로, 한국산 고구마 전분보다 내부 결정화도가 더 클 것으로 생각된다. 고구마 전분 젤은 온도에 의한 탄력성, 응집성의 변화가 크지 않았으며, 실온보다는 냉장온도에서 보관했을 때 뭉치는 성질, 견고성, 씹히는 성질이 모두 더 높게 나타났다. 또한 냉동·해동 안정성은 금오간유가 가장 높았으며, 한국산 고구마 전분 중에서는 울미, 목포26호 등이 비교적 높게 나타났다. 전분 입자의 성상은 품종별로 차이를 보이는데, 주로 둥근형과 다면형을 나타내며, 골이 파진 종모양도 보였다. 전분입자의 크기도 품종별로 약간씩 차이가 있으며 4-23 μm 정도로 나타났다. HPSEC-MALLS-RI 측정 결과, 효소처리하여 가지를 절단한 고구마 전분은 모두 세 개의 fraction으로 구분이 되었으며, 각각 사슬의 길이가 긴 아밀로오즈, 사슬의 길이가 긴 아밀로펙틴, 사슬의 길이가 짧은 아밀로펙틴으로 나타났다. 생미의 아밀로오즈의 분자량은 다른 전분들보다 컸으며, 아밀로펙틴의 분자량은 다른 전분들보다 작게 나타났다. 금오간유의 경우 아밀로오즈의 %비율이 낮았고, 사슬의 길이가 긴 아밀로펙틴의 %비율이 높은 것으로 보아 내부 결정화도가 크고, 호화온도가 높다는 것을 짐작할 수 있다. 한국산 고구마 전분 중 신올미는 호화시 점도의 증가가 크며, 노화가 다른 전분들에 비해 느리게 일어나는 특징을 갖기 때문에 가공시 당면 등의 원료로 적합한 것으로 생각된다. 또한 고구마 전분 젤은 냉장 및 실온에서 보관할 경우, 탄력성 및 응집성의 차이가 온도간에 크지 않고, 울미나 목포26호 등은 비교적 냉동·해동에 대한 안정성이 크므로 젤 상태의 가공원료로 적합할 것으로 생각된다.

1. 서론

고구마는 특정한 환경적 영향을 받지 않아 여러 지역에서 잘 적응되고 다양한 환경에서 성장할 수 있으며, 주로 열대, 아열대 저지에서 다년생으로 재배

된다¹⁾. 고구마는 직접 이용 외에 절간이나 주정, 주류, 간장, 된장, 코지, 전분 제조, 의약품, 화학약품 등 공업 원료로 주로 사용되며, 고구마 전분은 물엿, 당면 등의 당화 원료로 가공에 사용되고 있다^{2,3)}. 고구마의 주성분은 탄수화물이며, 고형분으로서 80~90%를 함유하는데 대부분 전분 입자로 구성되어 있다⁴⁾.

우리나라에서 재배되는 고구마의 품종은 크게 공업 및 사료용과 식용으로 구분되는데, 공업용 또는 사료용으로 재배되는 품종에는 황미, 선미, 은미, 진미, 원미, 풍미 등이 있고, 1990년대에 들어와서 장려된 울미, 신울미, 증미, 건미 등은 주로 식용 또는 식품가공용으로 생산되는 것들이다. 또한 목포29호, 목포30호 등의 유색고구마는 천연색소가 많이 함유된 품종으로 개발되었으며, 최근 이러한 유색고구마로부터 천연색소를 추출해내는 방법이 연구되고 있다. 하지만 공업용을 목적으로한 전분 수율이 높은 품종과, 식용을 목적으로한 식감이 좋은 품종을 제외하고는 계속해서 도태되어 가고 있는 실정이다. 따라서 다양한 고구마 자원의 확보를 위해서는 각 품종이 가지고 있는 특성이 다각적으로 연구되어 품종에 알맞은 응용기술이 개발될 필요가 있다. 본 연구에서는 신미, 생미, 울미, 신울미, 선미, 증미, 목포26호, 목포29호, 목포30호 등 한국산 고구마 품종 9종으로부터 전분을 추출하여, 시판되고 있는 중국산 고구마 전분의 하나인 금오간유와 함께 전분의 물리화학적 특성을 비교, 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 고구마 전분시료

본 연구에 사용된 한국산 고구마 품종은 신미, 생미, 울미, 신울미, 선미, 증미, 목포26호(연미), 목포29호, 목포30호 등 9종으로 호남농업시험장 목포시험장으로부터 제공받았으며, 당면재료용으로 수입된 중국산 고구마인 금오간유는 전분으로 가공된 상태로 한국면류공업협동조합으로부터 제공받았다. 한국산 고구마는 김 등⁵⁾과 Shiotani 등⁶⁾의 방법을 일부 개량하여 전분을 분리하였다. 고구마는 뿌리의 양끝부분을 절단한 후 껍질을 벗기고, 가늘게 썰어 말려서 가루로 만들어 저장하였다. 이 고구마 가루를 0.2% NaOH 수용액에 실온에서 13회 반복하여 침지시켜 50mesh 체에 내려 전분을 분리하였다. 마지막으로 얻어진 전분은 충분한 양의 물로 수세하여 알칼리를 제거한 뒤 40°C 오븐에서 24시간 건조하여 전분을 제조하였다.

2. 일반성분 분석

수분 함량은 적외선 수분측정기(MB200, Ohaus)로 측정하였고, 조지방의 함량은 Soxtec System HT6 (1043 Extraction Unit, Tecator, Hoganas, Sweden)을 사용하여 측정하였다. 조단백질의 함량은 자동 Kjeldahl 장치(Kjeltec1026, Tecator, Hoganas, Sweden)를 이용하였으며, 회분의 함량은 A.O.A.C⁷⁾ 방법에 따라 측정하였다.

3. 전분 페이스트의 점도특성 및 pasting 온도 측정

전분 페이스트의 성질은 rapid viscoanalyser(Newport Scientific Ins. & Engineer, Australia)를 사용하여 측정하였으며, 7%의 전분용액을 25°C로부터 95°C까지 3.5°C/min의 속도로 가열하고 95°C에서 10분간 유지한 후 4.5°C/min 속도로 50°C까지 온도를 낮추어 10분간 유지하도록 하였다.

4. 전분의 용융온도, 용융엔탈피 측정

전분의 용융온도, 용융엔탈피는 시차열주사분석기(DSC, Seiko Instruments Inc, DSC 6100, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 알루미늄 팬에 전분과 수분의 비율이 1:4가 되도록 넣고 밀봉하여 10°C/min의 속도로 20°C로부터 180°C까지 가열하여 용융흡열곡선을 얻어, 개시온도(T_o), 피크온도(T_p), 종결온도(T_c), 엔탈피(ΔH)를 구하였다^{10,11)}.

5. 전분 젤의 제조

고구마 전분은 건조물 중량으로 10%가 되도록 증류수를 넣고 충분히 교반한 후 water bath에서 계속해서 일정한 속도로 교반하면서 30°C로부터 98°C가 될 때까지 가열한 후 15분간 유지시켜서 전분 페이스트를 제조하였다. 이 페이스트는 주위에 테이프를 두른 페트리디쉬(직경 50mm, 높이 17mm)에 부은 뒤 4°C와 25°C에서 24시간 동안 저장하여 젤을 형성시켰다.

6. 전분 젤의 조직감 측정

4°C와 25°C에서 각각 24시간 동안 저장된 전분 젤을 페트리디쉬 윗부분을 잘라낸 뒤, Texture Analyser (TA-XT2, stable micro systems, England)로 물리적 성질을 측정하였다. 측정에 사용된 cylindrical plunger의 직경은 약 20mm였고, 3.5mm 길이로 0.2mm/sec의 속도로 압착하여 얻은 TPA(textureprofile analysis) curve로부터 계산되었다^{13,14)}.

7. 전분 젤의 냉동·해동 안정성 측정

전분 젤은 -20°C에서 24시간 동안 동결시킨 후 25°C에서 4시간 동안 해동시킨다. 20분 동안 vacuum filtration으로 물을 제거한 후 시료의 무게를 측정하여 초기중량에 대한 빠져나간 물의 중량의 %비로서 syneresis(%)를 구하였다^{13,14)}.

8. 전분입자의 성상

전분입자의 성상은 gold-palladium으로 코팅한 고구마 전분을 주사전자현미경(scanning electron microscope, Joel JSEM5410LV system, Japan)을 이용하여 측정하였으며, 이때 accelerating voltage는 15kV를 사용하였고, 1000배 확대하였다.

9. 전분의 사슬길이 측정

전분을 90% dimethyl sulfoxide와 ethanol로 정제한 뒤 (Jane & Chere 1992) *Pseudomonas isoamylase*를 이용하여 가지를 절단한 후, multiangle laser light scattering detector (MALLS, Dawn-DSP-F, Wyatt Technology, St. Barbara, eA, USA)와 differential refractive index detector (RI, Model SE71, Shodex, Tokyo, Japan)가 연결되어있는 high performance size exclusion chromatography (HPSEC)를 이용하여 측정하였다. 사용된 column은 TSK Gel3000PW, 4000PW, 5000PW 순으로 연결하여 사용하였으며 pump 및 injection valve (500µL)는 각각 spectra system사 P2000(USA)와 Rheodyne사 Model 7021(USA) 제품을 이용하였다. 칼럼과 RI detector는 각각 50°C 및 35°C로 유지시켰으며, mobile phase(0.02% sodium azide를 함유한 0.15 M NaNO₃ 용액)의 flow rate는 0.5 mL/min를 유지하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 일반성분

고구마 전분의 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 함량은 (Table 1)에서 보이는 바와 같다. 전분내의 단

Table 1. Proximate chemical components of various sweet potato starches.

Starch	Moisture(%)	Crude protein(%)	Crude fat(%)	Ash(%)
Shinmi	6.6	0.874	0.215	0.647
Seangmi	6.1	0.911	0.179	0.669
Yulmi	6.6	0.630	0.075	0.518
Shinyulmi	6.6	0.447	0.115	0.259
Sunmi	7.5	0.819	0.108	0.527
Jeungmi	6.2	0.882	0.072	0.371
Mokpo 26	9.0	0.491	0.137	0.326
Mokpo 29	5.4	1.074	0.072	1.101
Mokpo 30	6.5	0.837	0.144	0.745
Kumokanyu	14.7	0.246	0.103	0.357

백질 함량은 단백질 제거시 사용된 용매의 종류와 반복횟수에 따라 감소하였다¹⁵⁾. 한국산 고구마 전분의 단백질 함량이 중국산 고구마 전분보다 상대적으로 높은 반면, 지방함량의 경우는 중국산 고구마 전분인 금오간유와 한국산 고구마 전분간에 커다란 차이가 없었다. 결합지질은 전분의 효소작용을 저해하고, 양이 증가되면 전분의 호화개시온도와 최고점도가 높아진다. 또한 지질은 아밀로오스와 micelle을 형성하여 전분의 물성에 큰 영향을 주며, 전분입자의 수화를 막아 팽윤을 억제한다^{16,17)}. 따라서 이러한 단백질과 지방의 함량은 전분의 호화특성과 빛 투과도 등에 영향을 미칠것으로 생각된다.

2. 전분의 호화특성

고구마 전분의 아밀로오즈 함량과 호화온도는 정 상관관계가 있으며, 전분의 호화양상은 전분입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 아밀로오즈와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조 차이 등에 의해 결정된다⁴⁾. 호화시 최고 점도는 신율미가 가장 높고 목포29호가 가장 낮게 나타났다(Table. 2). 목포29호의 경우 고구마 전분 중 단백질 함량이

가장 높았기 때문에, 전분내의 단백질에 의해 팽윤이 억제되어 호화점도가 낮았을 것으로 생각된다. 그러나 금오간유의 경우에는 낮은 단백질 함량에도 불구하고 신율미 보다 낮은 호화점도를 나타낸 것으로 보아 단백질이 호화개시온도에 크게 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 따라서 금오간유의 높은 호화개시온도와 신율미의 높은 호화점도는 이들 고구마가 갖는 물리적 특성임을 알 수 있고, 금오간유는 내부 결정화도가 클 것으로 생각된다.

신율미의 경우 breakdown이 컸으므로 호화된 전분입자의 분해가 급격하게 일어났으며, setback이 다른 전분에 비해 비교적 낮았기 때문에 노화가 쉽게 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 그러나 금오간유의 경우에는 breakdown이 가장 작고, setback이 가장 높게 나타났기 때문에 한국산 고구마 전분에 비해 노화가 잘 일어나며, 열과 전단(shear force)에 대한 저항성이 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 노화현상은 단백질의 제거로 팽윤이 잘 일어나고 가열 중에 빠져나온 아밀로오즈 분자간의 결합이 쉽게 일어나기 때문이다. 목포29호의 경우에는 breakdown과 setback이 모두 가장 낮게 나타났는데, 이는 가열에 의한 호화점도가 다른 고구마 전분에 비해서 상당히

Table 2. Paste(7%)¹⁾ viscosity properties of sweet potato starches. Starch solutions were heated to 95°C and cooled to 50°C. They were detected by Rapid Viscoanalyser.

Starch	Pasting temp.(°C)	Peak (RVU)	Trough (RVU)	Breakdown (RVU)	Setback (RVU)	Final Visc (RVU)	Stability ratio
Shinmi	72.2 ^{cd} ±0.1	153.1 ^e ±4.0	77.3 ^{bc} ±4.1	75.8 ^d ±6.1	64.2 ^{cd} ±3.8	141.5 ^{de} ±3.2	0.50
Seangmi	72.1 ^d ±0.2	176.6 ^c ±4.5	77.7 ^{bc} ±3.1	98.9 ^b ±4.3	75.7 ^b ±2.8	153.4 ^c ±2.8	0.44
Yulmi	70.2 ^f ±0.3	186.4 ^b ±2.0	83.9 ^b ±5.1	102.5 ^b ±5.8	77.9 ^{ab} ±2.7	161.8 ^b ±2.9	0.45
Shinyulmi	71.4 ^e ±0.3	197.6 ^a ±9.0	72.8 ^c ±9.3	124.8 ^a ±7.6	60.8 ^d ±2.9	133.5 ^{ef} ±9.1	0.37
Sunmi	73.1 ^b ±0.2	174.8 ^c ±2.1	77.6 ^{bc} ±4.8	97.2 ^{bc} ±2.7	68.2 ^c ±2.9	145.8 ^{cd} ±3.7	0.44
Jeungmi	72.1 ^d ±0.0	168.8 ^{cd} ±7.8	71.6 ^c ±3.3	97.2 ^{bc} ±7.3	54.7 ^e ±3.0	126.3 ^{fg} ±4.6	0.42
Mokpo 26	72.3 ^{cd} ±0.2	175.8 ^c ±2.0	73.3 ^c ±2.4	102.6 ^b ±2.5	63.8 ^{cd} ±3.1	137.0 ^{de} ±0.8	0.42
Mokpo 29	72.6 ^c ±0.4	103.9 ^f ±4.4	72.3 ^c ±0.9	31.6 ^f ±3.7	47.0 ^f ±3.4	119.3 ^g ±4.3	0.70
Mokpo 30	72.1 ^d ±0.1	161.0 ^{de} ±3.0	71.4 ^c ±2.6	89.6 ^c ±3.3	61.7 ^d ±1.6	133.1 ^{ef} ±1.5	0.44
Kumokanyu	74.3 ^a ±0.4	190.7 ^{ab} ±8.7	128.0 ^a ±6.6	62.7 ^e ±3.2	81.3 ^a ±2.2	209.3 ^a ±8.7	0.67

¹⁾ Each value represents the mean of triplicates.

낮았을 뿐아니라 노화가 잘 일어나지 않음을 의미하며, 충분한 팽윤에 의한 아밀로오즈 분자의 용출이 쉽지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 전분 페이스트의 안정성(trough viscosity/peak viscosity)은 목포29호가 가장 높았고, 신울미가 가장 낮게 나타났다. 이러한 전분 페이스트의 안정성은 호화개시온도(onset temperature)로부터 피크점에 이르는 시간과 높은 상관관계가 있으며($r=0.84$, $P<0.01$)¹⁸⁾, 이것은 피크의 sharpness 정도를 나타낸다 DSC를 이용하여 측정된 품종별 고구마 전분의 용융개시온도(T_0), 피크온도(T_p), 종결온도(T_c), 엔탈피(ΔH) 값은 (Table. 3)에서와 같다. 피크온도(T_p)의 경우는 금오간유가 가장 높게 나타났고, 울미가 가장 낮게 나타났으며, 이것은 RVA의 호화온도와 유사한 경향을 나타내었다. 엔탈피(ΔH)는 신울미가 가장 낮게 나타났고, 금오간유가 가장 높게 나타났으며, 한국산 고구마 전분 중에서는 증미가 가장 높게 나타났다. 따라서 신울미의 경우 다른 품종에 비해 무정형 영역이 더 많거나, 입자의 결정화도가 낮으며, 금오간유의 경우에 있어서는 내부 입자의 결합력 및 결정화도가 클 것으로 생각된다. Collado와 Corke 등¹⁸⁾의 보고에 의하면 14종의 필리핀산 고구마 전분의 경우 T_p 가 71.0~77.7°C로 한국산 고구마 전분과 유사하였으며, ΔH 는 12.2-15.8J/g으로

한국산 고구마 전분 보다 상당히 낮게 나타났다. 즉, 한국산 고구마 전분이 필리핀산 고구마 전분보다 높은 결정화도 및 결합력을 갖는 것으로 생각된다.

3. 전분 젤의 특성

4°C와 25°C에서 24시간 저장한 후 측정된 고구마 전분 젤의 텍스처는 (Table. 4)에서 보이는 바와 같다. 탄력성과 응집성의 경우, 신울미를 제외하고는 4°C와 25°C에서의 차이가 거의 없었으며, 품종간의 차이도 거의 나타나지 않았다. 그러나 신울미는 4°C일 때 보다 25°C일 때 약간의 탄력성과 응집성의 감소를 나타내었다. 이것은 25°C일 때가 4°C일 때보다 전분 젤의 내부 결합력이 떨어졌기 때문일 것으로 생각된다. 정 등¹⁹⁾은 모든 전분 젤은 실온에서 보관했을 때 보다 냉장보관했을 때 견고성, 뭉치는 성질이 높고 탄력성과 응집성은 낮으며 냉장시간이 길어질수록 그 차이가 크다고 보고하였다. 그러나 본 실험 결과에 따르면 탄력성과 응집성의 경우 실온에서 보관했을 때와 냉장보관했을 때와의 차이가 크지 않았다. 고구마 전분은 다른 전분들 보다 아밀로오즈와 아밀로펙틴의 분자량이 크며, 이러한 전분의 특성은 전분 젤의 점성을 감소시킬 수 있고, 응집성이 감소되는 반

Table 3. Onset temp.(T_0), peak temp.(T_p) and complete temp.(T_c) of differential scanning calorimetry thermograms of sweet potato starches¹⁾.

Starch	T_0 (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
Shinmi	69.6 ^a ± 1.7	75.5 ^b ± 1.7	81.4 ^{bc} ± 1.7	35.0 ^{abc} ± 6.2
Seangmi	64.6 ^c ± 0.4 ²⁾	73.8 ^{def} ± 0.1	80.0 ^{cd} ± 1.2	33.8 ^{bc} ± 1.1
Yulmi	65.4 ^c ± 0.4	71.8 ^g ± 0.1	78.3 ^e ± 0.5	34.0 ^{bc} ± 5.0
Shinyulmi	68.5 ^{ab} ± 0.2	73.4 ^{ef} ± 0.1	79.2 ^{de} ± 0.3	28.9 ^c ± 0.6
Sunmi	68.4 ^{ab} ± 0.3	74.9 ^{bc} ± 0.1	81.5 ^b ± 0.2	32.6 ^{bc} ± 2.2
Jeungmi	67.5 ^b ± 0.2	74.8 ^{bcd} ± 0.1	80.6 ^{bcd} ± 0.2	38.7 ^{ab} ± 1.2
Mokpo 26	68.5 ^{ab} ± 0.1	74.2 ^{cde} ± 0.2	80.2 ^{bcd} ± 0.3	36.3 ^{abc} ± 0.2
Mokpo 29	63.2 ^d ± 1.4 ²⁾	73.0 ^f ± 0.3	80.1 ^{bcd} ± 0.5	34.2 ^{bc} ± 1.4
Mokpo 30	64.2 ^{cd} ± 0.4	74.1 ^{cde} ± 0.1	80.1 ^{bcd} ± 0.2	33.4 ^{bc} ± 3.9
Kumokanyu	61.8 ^e ± 0.3	76.9 ^a ± 0.5	84.6 ^a ± 0.8	42.0 ^a ± 6.7

¹⁾ Each value represents the mean of triplicates.

²⁾ This result appears partial melting of crystal approximately at 58°C.

면 견고성에서 증가효과를 나타낼 것으로 보인다²⁰⁾.

전분 젤을 1회, 2회, 3회 반복적으로 냉동·해동한 후의 syneresis(%) 결과는 (Table. 5)에서와 같이 나타났다. 선미의 경우 1, 2, 3회 반복한 경우에서

syneresis가 가장 높았으므로, 다른 고구마 전분 젤보다 냉동·해동 안정성이 낮은 것으로 나타났다. 특히 선미는 1회와 2회 반복했을 경우가 3회 반복했을 경우보다 상당히 큰 비율로 syneresis가 높았다. 이러한

Table 4. Textural properties of sweet potato starch gels¹⁾. Each starch gels were made 10% and stored in refrigerator for 24 hr. Gels were tested by texture analyser.

Starch	Springiness		Cohesiveness		Adhesiveness (gmm)		Gumminess (g)		Hardness (g)		Chewiness (g)	
	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C	4°C	25°C
	Shinmi	0.91 ^{bc}	0.89 ^c	0.49 ^{ab}	0.50 ^{ab}	ND ²⁾	ND	51.83 ^e	35.09 ^d	106.07 ^f	70.33 ^{de}	46.95 ^d
Seangmi	0.93 ^{ab}	0.93 ^{abc}	0.44 ^c	0.46 ^c	-15.62	-26.70	87.05 ^b	85.11 ^a	197.60 ^{ab}	185.13 ^a	80.67 ^b	78.96 ^a
Yulmi	0.94 ^{ab}	0.94 ^{ab}	0.48 ^{ab}	0.51 ^{ab}	ND	ND	68.32 ^{cd}	57.33 ^c	141.93 ^{de}	113.10 ^c	64.29 ^c	53.81 ^{bc}
Shinyulmi	0.89 ^{cd}	0.69 ^e	0.51 ^a	0.46 ^c	ND	ND	37.84 ^f	26.30 ^e	74.17 ^g	56.93 ^e	33.53 ^e	18.18 ^e
Sunmi	0.86 ^d	0.92 ^{bc}	0.46 ^{bc}	0.49 ^b	-40.20	ND	74.34 ^c	56.64 ^c	163.13 ^{cd}	115.83 ^c	64.39 ^c	51.85 ^c
Jeungmi	0.91 ^{bc}	0.93 ^{abc}	0.49 ^{ab}	0.48 ^{bc}	ND	ND	54.80 ^e	56.54 ^c	111.57 ^f	117.53 ^c	49.77 ^d	52.56 ^{bc}
Mokpo 26	0.92 ^{abc}	0.90 ^{bc}	0.47 ^{bc}	0.46 ^c	-6.52	ND	69.08 ^{cd}	41.26 ^d	147.43 ^{de}	89.13 ^d	63.71 ^c	37.24 ^d
Mokpo 29	0.91 ^{bc}	0.90 ^{bc}	0.48 ^{abc}	0.48 ^{bc}	-20.52	-3.42	102.67 ^a	67.53 ^b	214.87 ^a	139.80 ^b	93.87 ^a	60.70 ^b
Mokpo 30	0.90 ^{bc}	0.84 ^d	0.49 ^{ab}	0.49 ^b	ND	ND	62.04 ^{de}	37.77 ^d	126.07 ^{ef}	76.93 ^d	56.09 ^{cd}	31.79 ^d
Kumokanyu	0.96 ^a	0.97 ^a	0.52 ^a	0.52 ^a	ND	ND	94.00 ^{ab}	57.58 ^c	182.07 ^{bc}	110.03 ^c	90.16 ^{ab}	55.58 ^{bc}

¹⁾ Each value represents the mean of triplicates.

²⁾ Not Detectable.

Table 5. Syneresis(%)¹⁾ from starch gels²⁾ after freezing and thawing.

Starch	1st cycle (%)	2nd cycle (%)	3rd cycle (%)
Shinmi	7.59 ^{ab}	22.22 ^{bc}	39.42 ^{abc}
Seangmi	6.37 ^b	19.98 ^{bc}	39.71 ^{abc}
Yulmi	5.19 ^b	14.63 ^c	22.38 ^{cd}
Shinyulmi	4.40 ^b	15.61 ^c	28.73 ^{bcd}
Sunmi	10.26 ^a	41.05 ^a	56.13 ^a
Jeungmi	3.81 ^b	9.11 ^c	28.24 ^{bcd}
Mokpo 26	3.48 ^b	16.52 ^c	24.43 ^{bcd}
Mokpo 29	4.49 ^b	33.35 ^{ab}	43.08 ^{ab}
Mokpo 30	4.80 ^b	17.41 ^c	40.39 ^{abc}
Kumokanyu	4.18 ^b	13.81 ^c	18.09 ^d

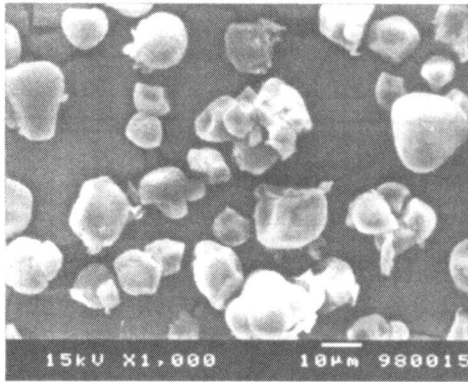
¹⁾ Each value represents the mean of triplicates.

²⁾ Gels(10%) were stored at -20°C for 24 hr and at 25°C for 4 hr, and vacuum filtered for 20 min.

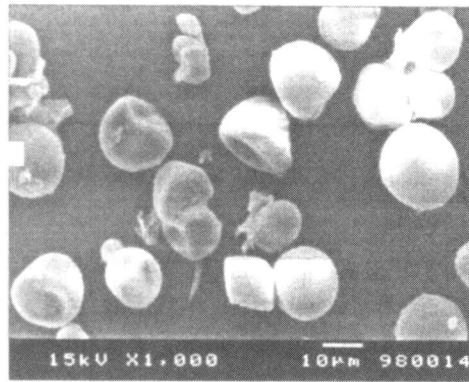
점으로 미루어볼 때, 선미는 젤 형성이 불균일하게 이루어졌으며, 젤 조직이 성기게 형성되어 그 내부에서 수분이 응결되면서 커다란 빙결정이 생긴 것으로 보인다. 반면 중국산인 금오간유의 전분 젤은 3회 반복 후 가장 낮은 syneresis를 나타냈으므로 한국산 고구마 전분 젤보다 냉동·해동 안정성이 컸으며, 전분 젤의 형성시 균일하면서 부드러운 젤이 형성되었다는 것을 알 수 있다. 또한 한국산 고구마 전분 젤 중에서는 울미, 목포26호 등이 비교적 냉동·해동 안정성이 높은 것으로 나타났다.

4. 전분 입자의 성상

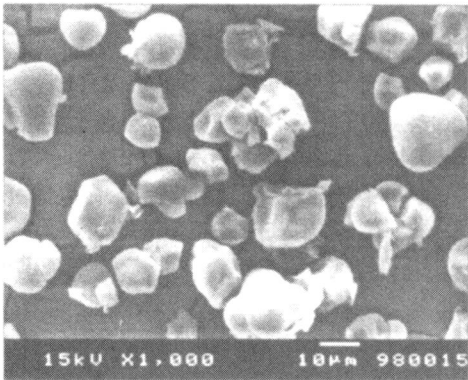
신울미, 선미, 목포29호, 금오간유의 전분입자 모양은 (Fig. 1)에서 보이는 바와 같다. 각 품종별 고구마 전분입자의 모양은 약간씩 차이가 나타나는데, 신울미는 둥근형과 다면형이 대부분이고, 선미는 입자가 비교적 크고 둥근형이 많고, 일부는 약간 골이 파진 종모양을 나타내었다. 목포29호는 큰 입자와 작은 입자 두가지 형태가 많았으며, 큰 입자들은 안쪽으로 움푹파인 종모양을 나타내었고, 작은 입자는 둥근형



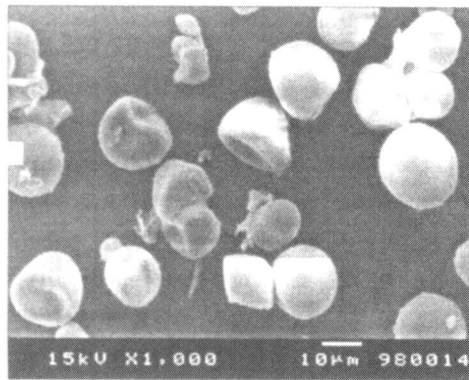
A



B



C



D

Fig. 1. Scanning electron micrographs ($\times 1,000$) of sweet potato starches.
A: Shinyulmi, B: Sunmi, C: Mokpo 29, D: Kumokanyu.

Table 6. Weight average molar mass (M_w), average radius of gyration (R_g), weight average DP and % ratio of the debranched starch chain fractions¹⁾.

Starch	Amylose(I)				Amylopectin							
					B2 and higher chain (II)				A+B1 chain (III)			
	M_w	R_g (nm)	\overline{DP}_w	Ratio (%)	M_w	R_g (nm)	\overline{DP}_w	Ratio (%)	M_w	R_g (nm)	\overline{DP}_w	Ratio (%)
Seangmi	2.148×10^5	22.2	1325.9	22.8	9.178×10^3	21.7	56.7	34.3	2.509×10^3	31.3	15.5	42.9
Shinyulmi	1.543×10^5	20.6	952.5	16.7	1.319×10^4	18.4	81.4	34.7	2.725×10^3	25.4	16.8	48.6
Mokpo 29	1.218×10^5	14.6	751.9	16.4	1.192×10^4	13.6	73.6	35.6	2.543×10^3	62.4	15.7	48.0
Kumokanyu	1.873×10^5	18.5	1156.2	16.4	2.438×10^4	12.9	150.5	49.1	2.555×10^3	29.2	15.8	34.5
Potato		20.5	2012	17.5		14.1	105	45.0		33.3	21	37.5
Corn		20.6	1080	18.3		19.9	127	40.4		58.1	28	41.3

¹⁾ Weight average DP was calculated from the molecular weight measured by MALLS and RI detectors.

을 나타내었다. 금오간유는 비교적 입자가 작았으며 둥근형과 다면형을 나타내었다. 전분입자의 크기는 신울미의 경우 8~20 μ m, 선미는 6~23 μ m, 목포29호는 4~22 μ m, 금오간유는 4~23 μ m 정도로 측정되었다.

5. 전분의 사슬길이

효소처리로 가지를 절단한 전분의 아밀로오스, 아밀로펙틴 함량 및 분자량 DMSO와 ethanol로 purification한 후 효소처리하여 전분의 가지를 절단한 생미, 신울미, 목포29호, 금오간유의 MALLS chromatogram은 RI chromatogram에 따라 세부분으로 나누어지는데, Peak I은 길이가 긴 아밀로오스 사슬이고, Peak II는 B2 이상의 긴 아밀로펙틴의 사슬이며, Peak III은 A 및 B1 정도의 짧은 아밀로펙틴의 사슬을 나타낸다. 생미의 아밀로오스 분자량은 다른 전분들 보다 큰 반면, 아밀로펙틴의 분자량은 다른 전분들 보다 작게 나타났으며, 이것은 아밀로오스 사슬의 길이가 다른 전분들 보다 길다는 것을 의미한다 (Table 6). 그러나 목포29호의 경우 아밀로오스 사슬의 분자량 및 수평균 중합도가 가장 낮게 나타났으

며, 신울미는 짧은 사슬의 아밀로펙틴이, 그리고 금오간유는 긴 사슬의 아밀로펙틴의 수평균 중합도가 다른 전분들 보다 높다. 특히, 금오간유의 경우 아밀로오스의 %비율이 낮고, B2 사슬 이상의 긴 아밀로펙틴의 %비율이 높았으며, 아밀로오스의 함량이 적기 때문에 호화온도가 높았음을 알 수 있다. 반대로 신울미의 경우 짧은 아밀로펙틴 사슬의 %비율이 가장 높았으며, 이것이 높은 호화점도 등 전분의 호화특성에 상당한 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

목포29호의 경우에는 짧은 사슬의 아밀로펙틴의 반지름이 다른 전분들에 비해 상당히 큰 것으로 나타났다. 따라서 그 내부 구조가 매우 복잡하고 치밀한 것으로 생각된다.

인용문헌

- 1) Heywood, V. H., 1991, 식물대백과(현화식물편), 아카데미서적, p.201.
- 2) 이성갑, 1997, 농산식품가공 이용학, 유림문화사, p.44.
- 3) 송재철, 1994, 식품재료학, 교문사, p.252.

- 4) 백만희, 신말식, 1995, 저장 중 수분활성이 고구마 전분의 이화학적 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지 27, p.532.
- 5) 김성곤, 한태룡, 이양희, 비. 엘. 다포로니아, 1978, 통일 및 팔달쌀 전분의 이화학적 성질에 관한 연구, 한국식품과학회지 10, p.157.
- 6) Shiotani, I., Nishimura, A., Yamanaka, S., Taki, M., and Yamada, T. M., 1991, Starch properties of the sweet potato, diploid *Ipomoea trifida* (H.B.K) don. and tetraploid hybrids, *Starch/Starke* 43, p.133.
- 7) A.O.A.C, 1995, Methods of Analysis of A.O. A.C(16th ed.), chapter 32, 2, p.12.
- 10) Donovan, J. W., Lorene, K. and Kulp, K., 1983, Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches, *Cereal Chem.* 60, p.381.
- 11) Longton, J., LeGrays, G. A., 1981, Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of aging wheat starch gels, *Starch/Starke*, 33, p.410.
- 12) 권미라, 정동선, 박관화, 1993, Maltogenic amylase를 이용한 고구마 전분젤의 텍스처 특성 변화, 한국식품과학회지 25, p.649.
- 13) Takahashi, S., Maningat, C. C. and Seib, P. A., 1989, Acetylated and hydroxypropylated wheat starch, *Cereal Chem.*, 66, p.499.
- 14) Takahashi, S., Seib, P. A., 1998, Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipids, *Cereal Chem.* 65, p.474.
- 15) 이종협, 1996, 쌀전분 추출조건에 따른 단백질 제거효과 및 전분의 호화성질, 고려대학교 대학원 식품공학과 석사논문.
- 16) 이관영, 이서래, 1972, 고구마 지질성분의 계통 분석, 한국식품과학회지 4, p.309.
- 17) Hamaker, B. R. and Griffin, V., 1990, Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption, *Cereal Chem.* 67, p.261.
- 18) Collado, L. S. and Corke, H., 1997, Properties of starch noodles as affected by sweetpotato genotype, *Cereal Chem.* 74, p.182.
- 19) 정승현, 신건진, 최춘연, 1991, 옥수수, 고구마, 감자, 소맥, 녹두 전분의 이화학적 성질 비교, 한국식품과학회지 23, p.272.
- 20) 권미라, 김성란, 임경숙, 안승요, 1992, 묵형성 전분의 특성에 관한 연구, 한국농화학회지 35, p.92.