

채취 시기별 칩 전분의 성질 비교

박종훈 · 나환식 · 강길진* · 김 관 · 김성곤**
전남대학교 식품공학과, *광주지방식품의약품청
**단국대학교 식품영양학과

Comparison of Physicochemical Properties of Arrowroot Starches Harvested in Different Time

Jong-Hoon Park, Hwan-Sik Na, Kil-Jin Kang*, Kwan Kim and Sung-Kon Kim**
Department of Food Science and Technology, Chonnam National University
*Korea Food & Drug Administration, Kwangju
**Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

Arrowroot starches, harvested in March, June, September and December, indicated that the December starch had the lower values of amylose content, β -amylolysis limit and intrinsic viscosity, but the highest value of water-binding capacity. The swelling power were similar among different starches. The gelatinization by KSCN revealed that the December starch was the most resistant to alkali gelatinization. Gelatinization temperature, determined by differential scanning calorimetry, of the December sample was shifted to higher temperature by 1°C compared with the others. When the December starch was heated at 98°C for 8min, 93.8 % of total amylose and 7.2% of total amylopectin were solubilized, which was the highest and the lowest, respectively.

Key words: arrowroot starch, gelatinization, gel chromatography, hot-water soluble starch

서 론

칩(*Pueraria hirsuta Matsum*)은 식물분류학상으로 콩과에 속하는 다년생 덩굴식물로서 식품, 사료, 식이 섬유 자원 및 약용 등으로 이용되나, 주로 전분질 식품으로 이용된다⁽¹⁾. 일본에서는 연간 300톤 정도의 칩 전분이 생산되며, 전통적인 과자 제품, 면류의 제조 등에 사용하고 있다⁽²⁾. 우리나라에서는 주로 겨울철에 채취하여 칩의 특수 성분을 이용한 칩즙, 칩차, 갈근탕으로 그리고 칩 전분을 사용한 국수, 냉면 등에 이용되고 있다. 칩 전분의 입자는 구형, 반구형, 다각형으로써 그 크기는 평균 15 μm 이고 큰 입자는 직경이 30 μm 에 이르며, 호화온도는 60.0~73.5°C이다^(3,4). 아밀로그래프에 의한 칩 전분의 호화는 가열 또는 냉각에 대하여 상당히 안정한 페이스트 점도를 보인다^(5,6). 또한 칩 전분액의 리올로지 특성은 팽창유체의 거동을 보이나, 전분

호화액의 리올로지 특성은 의가소성 유체의 거동을 보인다^(6,7). 한편, Suzuki 등⁽²⁾은 칩 전분의 아밀로오스 중합도(DP)가 1,700이고 아밀로펙틴의 평균 사슬길이는 20.5 포도당 단위라고 하였다. 이와 같이 칩에 관한 연구는 칩 전분의 이화학적 특성^(2,5,8,9), 호화 특성^(10,11), 리올로지적 성질^(6,7), 칩 뿌리의 항산화 성분⁽¹²⁾ 등에 관한 연구들이 보고되고 있으나, 채취 시기에 따른 칩 전분의 성질에 관한 연구는 거의 없는 상태이다. 칩은 다른 전분 원료와는 달리 수확 시기가 일정하지 않으므로 본 연구에서는 각 시기별로 칩을 채취하여 전분의 특성 차이를 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

칩은 전라남도 광주광역시 무등산에서 야생하는 5~7년생 칩을 해발 300 m 지역(반경 5 m 내외)에서 1993년에 시기별(3월 26일, 6월 24일, 9월 26일, 12월 22일)로 채취하여 사용하였다.

Corresponding author: Kwan Kim, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

전분의 제조

전분은 알칼리 침지법⁽¹³⁾으로 분리하였다.

일반성분

전분의 수분, 조단백질, 조지방 및 회분은 A.O.A.C. 법⁽¹⁴⁾에 따라 정량하였다.

전분의 이화학적 성질

전분의 아밀로오스 함량은 Williams 등⁽¹⁵⁾의 방법으로, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles⁽¹⁶⁾의 방법으로, 팽윤력과 용해도는 Schoch 등⁽¹⁷⁾의 방법으로, 고유점도는 Corn Refiners Association⁽¹⁸⁾의 방법으로 측정하였다. 베타-아밀라아제 분해한도는 다음과 같이 측정하였다. 전분 25 mg에 dimethyl sulfoxide (DMSO) 1 mL와 0.1 M acetate buffer (pH 4.8) 4 mL를 가해 끓는 수조에서 완전히 용해시키고, 고구마 베타-아밀라아제(Sigma사) 100 단위를 처리하여 37°C에서 48시간동안 반응시키고 끓는 수조에서 30분간 가열처리하여 효소를 불활성화한 후 이 반응액 1 mL를 Sephadex G-50 칼럼 (2.8×88 cm)에 넣고 0.02% sodium azide를 함유한 10 mM phosphate buffer solution (pH 7)으로 21 mL/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 5 mL씩 분획하였다. 피크 I과 피크 II 각 분획에서 각각 0.5 mL를 취하여 총당을 페놀-황산법⁽¹⁹⁾으로 측정하고 각 피크의 총당의 비율로서 베타-아밀라아제 분해한도(%)를 계산하였다(Fig. 1).

전분의 호화특성

Potassium thiocyanate (KSCN)에 의한 호화는 Lin-

qvist⁽²⁰⁾의 방법에 따라 전분 300 mg을 50 mL 메스실린더에 취하고 일정량의 증류수를 가하여 교반한 후 4 M KSCN 용액을 가하고 1.6 M, 2.4 M, 3.2 M로 조절된 다음 28°C에서 12시간 방치하면서 겔의 부피 변화를 측정하였다. 전분의 호화온도와 호화엔탈피는 Differential Scanning Calorimetry (DSC) (SSC/120, Seiko Instruments Inc.)를 사용하여 측정하였다^(21,22). 전분 10 mg과 증류수를 1:2의 비율로 현탁액을 만들어 알루미늄 용기에 넣어 밀봉한 다음 30°C에서 90°C까지 5°C/min의 속도로 가열하였다. 비교구로는 빈 용기를 사용하였고, 기기의 보정은 용융온도(156.4°C)를 알고있는 인디움(In)을 표준물질로 사용하였다. DSC의 흡열피크로부터 호화개시온도, 호화정점온도, 호화종료온도 및 호화엔탈피를 구하였다.

전분의 분자량 분포

전분 10 mg을 DMSO 0.5 mL와 증류수 1.5 mL를 가하여 끓는 수조에서 용해시키고 이 액 1 mL를 Sepharose CL-2B 칼럼 (1.6×95 cm)에 넣고, 0.02% sodium azide를 함유한 증류수로 12.5 mL/hr 속도로 20°C에서 용출시키면서 3 mL씩 분획하였다. 각 분획에서 0.5 mL를 취하여 총당을 페놀-황산법⁽¹⁹⁾으로 측정하고, 요오드 반응은 분획 나머지 대해 0.2% 요오드 용액 0.03 mL로 반응시켜 625 nm에서 흡광도와 최대흡수파장(λ_{max})을 측정하여 용출양상을 조사하였다. 아밀로오스의 분자량을 측정하기 위하여 분자량이 알려진 dextran (Pharmacia사) 10 mg을 DMSO 0.5 mL와 증류수 1.5 mL에 녹여 용출시키고 K_{av} 와 dextran 분자량과의 관계식을 이용하여 분자량 분포를 조사하였다.

열수 가용성 전분

전분의 열수 가용성 전분은 Juliano 등⁽²³⁾의 방법에 따라 전분 200 mg을 100 mL 비이커에 취하고 98°C의 증류수 40 mL를 가하여 현탁시키고 같은 온도에서 8분간 유지시킨 후 1,000×g에서 20분간 원심분리하여 상정액을 얻어 열수 가용성 전분으로 하였다. 그 함량은 페놀-황산법⁽¹⁹⁾에 따라 상정액 0.5 mL를 시험관에 취하고 5% 페놀용액 0.5 mL와 진한 황산 2.5 mL를 가하여 잘 혼합시켜 25분간 발색시킨 후 분광광도계(CECIL, CE 594)로 490 nm에서 흡광도를 측정하고, 가용성 아밀로오스 함량은 Williams 등⁽¹⁵⁾의 방법으로 계산하였다. 분리한 열수가용성 전분 2 mL를 Sepharose CL-2B 칼럼(1.6×95 cm)에 넣고 전분과 같은 조건으로 겔 크로마토그래피를 행하고 용출양상을

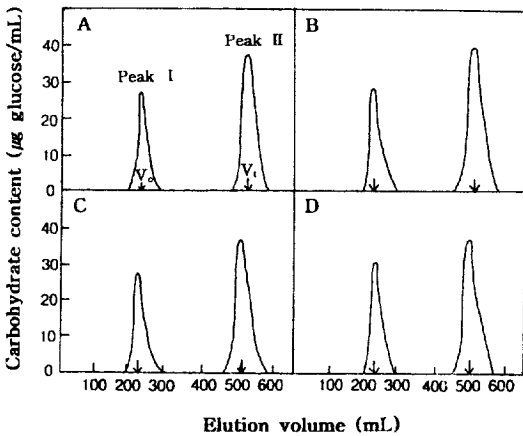


Fig. 1. Elution profiles on Sepharose CL-2B of arrow-root starches hydrolyzed by β -amylase. A: March B: June C: September D: December V_0 : Void volume V_1 : Total volume

조사하였다.

결과 및 고찰

전분의 이화학적 성질

채취시기별 전분의 일반성분을 보면 시료간에 큰 차이는 없었으나, 6월 시료의 단백질 함량이 다른 시료보다 약간 낮았고, 회분은 12월 시료가 가장 많았다 (Table 1). 전분의 물결합능력은 연구자마다 차이를 보이고 있는데, 김 등⁽⁴⁾은 87.5%, Ciacco와 D'Appolonia⁽²⁴⁾는 91.6%, Lorenz와 Kulp⁽⁵⁾는 81.9%로 보고하고 있다. 이들 값을 기준으로 하면 3월과 9월 시료의 물결합능력은 다소 낮은 편이고, 12월 시료는 매우 높은 값을 보이고 있다. 상대적인 분자크기에 대한 자료를 제공해 주는 고유 점도는 12월 시료가 182 mL/g으로 다른 시료의 215~219 mL/g보다 낮았다. 전분-요오드 복합체의 최대흡수파장, 아밀로오스 함량 및 베타-아밀라아제 분해한도도 12월 시료가 다른 시료보다 낮은 경향을 보였다. 칩 전분의 아밀로오스 함량은 김 등⁽⁵⁾은 22.0%, Aoki와 Tani⁽⁶⁾는 20.2%, Suzuki 등⁽²⁾은 21.0%, Williams 등⁽¹⁵⁾은 22.1%로 보고하여, 본 실험 결과와 비교할 때 6월과 9월 시료가 약간 높은 값을 보였다. 베타-아밀라아제 분해한도가 65%로 보고되고

있어⁽²⁾, 본 실험 결과와 비슷하였다. 가열온도에 따른 용해도를 보면 3, 6, 9월 시료는 65°C까지, 12월 시료는 60°C까지 용해도가 1% 이하로서, 거의 불용성에 가까웠으나 그 이후부터 용해도가 급격히 증가하여 80°C에서는 9.5~11%이었다 (Fig. 2). 팽윤력은 60°C 이후부터 75°C까지 거의 직선적으로 증가하였고 그 이후에는 다소 완만히 증가하였으나 시료간에는 큰 차이가 없었다 (Fig. 3). 이러한 결과는 3, 6, 9월 시료는 60°C 이후부터 전분의 팽윤이 시작되나 이 온도에서 전분의 용해도는 매우 낮은 반면, 12월 시료는 60°C부터 전분의 팽윤과 용해가 같이 시작함을 가리킨다.

KSCN에 의한 호화

KSCN (1.6 M)에 의한 칩 전분의 부피 증가를 보면 Fig. 4와 같다. 시간이 지날수록 겔의 부피가 증가하였는데 그 증가 정도는 9월 시료가 가장 컸고 다음이 6월 시료, 3월 시료, 12월 시료순이었다. 겔의 부피가 평형에 도달한 시간은 6월과 9월 시료는 7시간, 3월 시료는 9시간, 12월 시료는 10시간이었다. 이러한 결과는 2.4 M, 3.2 M에서도 같은 경향이였다. KSCN 농도별 전분겔의 부피를 보면 Table 2와 같다. 겔의 부피는 KSCN 농도가 1.6 M에서 2.4 M로 증가함에 따라 3, 6, 9월 시료는 4 mL, 12월 시료는 2.4 mL가 증가하

Table 1. Proximate compositions and physicochemical properties of arrowroot starches

Harvesting time	Moisture (%)	Crude Protein (N × 6.25) (%)	Crude Fat (%)	Ash (%)	Water-binding capacity (%)	Intrinsic viscosity (mL/g)	$\lambda_{max}^{(1)}$ (nm)	Amylose content (%)	β -amylolysis limit (%)
March	12.35	0.73	0.23	0.20	76.1	219	600	22.8	65.4
June	12.12	0.67	0.19	0.27	81.3	218	602	24.5	70.1
September	12.27	0.72	0.19	0.24	72.3	215	602	24.8	67.7
December	11.28	0.76	0.24	0.31	130.8	182	598	21.2	63.1

¹⁾Maximum absorption wavelength (nm) in iodine reaction.

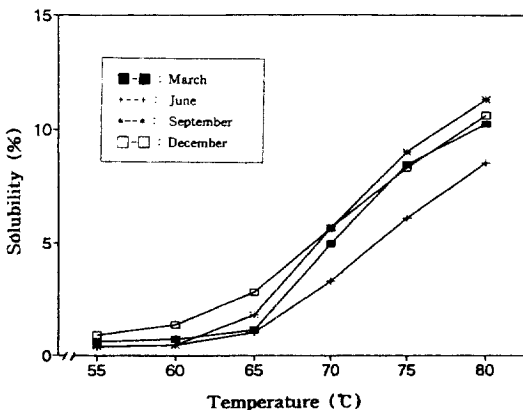


Fig. 2. Solubility of arrowroot starches.

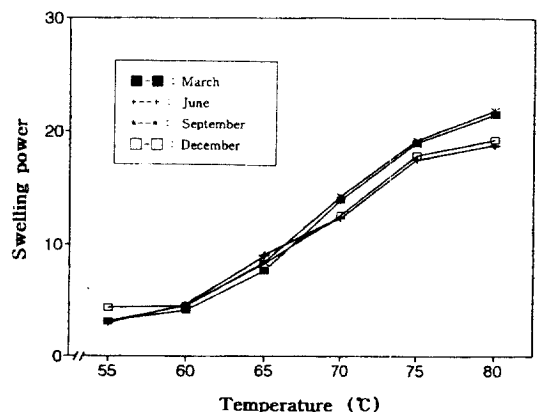


Fig. 3. Swelling power of arrowroot starches.

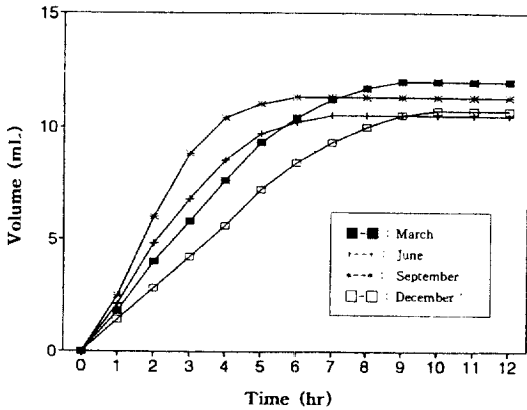


Fig. 4. Gel volume of arrowroot starches with 1.6 M potassium thiocyanate at 28°C.

Table 2. Gel volume (mL) of arrowroot starches treated with various concentrations of potassium thiocyanate at 28°C

Harvesting time	Concentration of KSCN (M)		
	1.6	2.4	3.2
March	12.0	16.0	17.2
June	10.8	14.8	16.2
September	11.3	15.4	16.5
December	10.6	13.0	15.0

였고, 2.4 M에서 3.2 M로 증가했을때는 3, 6, 9월 시료는 1.2 mL 정도, 12월 시료는 2.0 mL가 증가하였다. 따라서 3, 6, 9월 시료는 KSCN 농도 1.6~2.4 M 사이에서 겔의 부피가 크게 증가하고 2.4~3.2 M에서는 증가가 완만하였으나, 12월 시료는 이와는 달리 2.4~3.2 M에서도 부피가 크게 증가하였다. 감자 전분의 경우 KSCN 1.6~3.2 M에서 겔의 부피는 KSCN 농도가 증가함에 따라 증가하며, 이러한 증가는 아밀로오스 용출과 밀접한 관계를 보인다⁽²⁰⁾. 즉, KSCN에 의하여 전분이 호화되기 위하여는 아밀로오스가 입자 밖으로 용출되어야 하며, 아밀로오스의 용출정도가 클수록 겔의 부피는 커지게 된다. 따라서 Fig. 4의 결과는 3, 6, 9월 시료는 12월 시료보다 KSCN에 의한 호화중 아밀로오스가 더욱 쉽게 용출되어 초기 부피가 큰 것으로 생각된다. 또한 KSCN의 농도 증가에 따른 겔의 부피가 3, 6, 9월 시료는 크게 증가한 반면, 12월 시료는 그 증가 정도가 다소 낮은 결과(Table 2)는 12월 시료는 완전한 호화에 더 높은 KSCN 농도가 필요한 것을 가리킨다고 볼 수 있다.

호화 온도

전분의 DSC에 의한 호화 온도를 보면 3, 6, 9월 시

Table 3. Gelatinization temperatures of arrowroot starches by differential scanning calorimetry

Harvesting time	Temperature (°C)		Gelatinization heat (cal/g)
	Onset	Conclusion	
March	58.1	67.3	2.4
June	57.5	66.9	2.6
September	58.0	67.0	2.4
December	59.4	68.1	2.5

료는 58.0~67.3°C 범위로서 서로 차이가 없었으나 12월 시료는 59.4~68.1°C로서 호화개시온도와 호화종료온도가 1°C 정도 고온으로 이동하였다(Table 3). 그러나 호화열은 시료간에 차이를 보이지 않았다. 호화 온도 범위는 3, 6, 9월 시료는 9.0~9.4°C 이었으나 12월 시료는 8.7°C로서, 12월 시료의 호화온도 범위가 다소 작았다.

분자량 분포

전분을 Sepharose CL-2B로 용출한 결과 2개의획분으로 구분되었다(Fig. 5). 획분 1은 void volume 부근에서 용출되었으며 분자량은 5×10^6 이상, 요오드 최대흡수파장은 550 nm이었다. 획분 2는 분자량은 5×10^4 이하, 요오드 최대흡수파장은 600~630 nm이었다. 따라서 획분 1은 주로 아밀로펙틴, 획분 2는 주로 아밀로오스 부분으로 판단된다. 획분 1과 획분 2의 구성비는 각각 68.2~69.6%와 30.4~31.8%로서 시료간에 큰 차이를 보이지 않았다. 획분 2에 대한 획분 1의 비율은 3월과 12월 시료는 2.25이었으나, 6월과 9월 시료

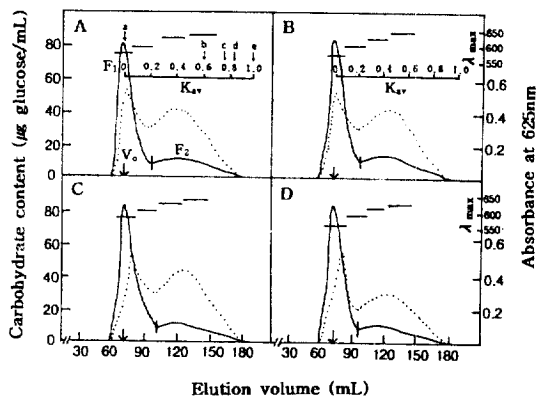


Fig. 5. Elution profiles on Sepharose CL-2B of arrowroot starches. ----: Carbohydrate content,: Absorbance at 625 nm, A: March B: June C: September D: December, a: Dextran (M.W. $5 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6$), b: Dextran T-500 (M.W. 50×10^4), c: Dextran T-40 (M.W. 4×10^4), d: Dextran T-10 (M.W. 1×10^4), e: glucose, V₀: Void volume, K_{av}: alternative distribution coefficient

Table 4. Hot-water soluble and insoluble components of arrowroot starches heated at 98°C for 8 min

Harvesting time	Soluble (%)					Total amylose (%)	SA/TA	Insoluble amylose ³⁾ (%)	SAP/TAP ³⁾
	Starch (SS)	Amylose (SA)	SA/SS	Amylopectine (SAP) ¹⁾	SAP/SS				
March	27.2	21.1	77.6	6.1	22.4	22.8	92.5	1.7	7.9
June	27.1	21.2	78.2	5.9	21.8	24.5	86.5	3.3	7.8
Sep-tember	27.6	21.6	78.3	6.0	21.7	24.8	87.1	3.2	7.9
tember	25.6	19.9	77.7	5.7	22.3	21.2	93.8	1.3	7.2

¹⁾Difference between soluble starch and soluble amylose

²⁾Difference between total amylose and soluble amylose

³⁾Total amylopectin.

는 2.15로 약간 낮은 값을 보였다.

열수 가용성 전분의 성질

전분을 98°C에서 8분간 가열했을 때 용출된 가용성 전분의 함량은 25.6~27.6%로서 12월 시료가 가장 낮았다(Table 4). 가용성 아밀로오스 함량은 12월 시료가 19.9%로서 가장 낮았고, 3월 시료는 21.1%, 6월과 9월 시료는 각각 21.2%와 21.6%이었다. 가용성 전분중 가용성 아밀로오스의 비율은 77.6~78.3%로서 큰 차이가 없었다. 가용성 전분중 아밀로펙틴의 비율은 21.7~22.4%이었다. 따라서 가용성 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비는 대략 78:22로서 시료별로는 큰 차이가 없었다. 그러나 전체 아밀로오스 및 아밀로펙틴에 대한 가용성 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율을 보면 12월 시료가 93.8%와 7.2%로서 다른 시료와는 차이를 보였다. 즉, 12월 시료는 가열에 따라 아밀로오스 용출이 큰 반면 아밀로펙틴의 용출은 적은 경향을 보였다. 가용성 전분을 Sepharose CL-2B로 용출한 결과 2개의 획분을 보였는데 획분 1은 void volume 부근에서 용출되었다(Fig. 6). 분자량과 요오드 최대흡수파장으로 보아 획분 1은 열수 가용성 아밀로펙틴, 획분 2는 열수 가용성 아밀로오스로 판단된다. 각 획분의 탄수화물 분포를 보면 획분 1은 21.1~22.7%, 획분 2는 77.3~78.9%로서(Table 5), 앞에서 계산한 값(Table 4 참조)과 잘 일치하였다.

이상의 결과를 종합해보면 12월에 채취한 시료는 다른 시기에 채취한 시료와 비교할 때 이화학적 성질, 호화 성질, 열수 가용성 전분의 성분 등에서 차이를 보였으나 Sepharose CL-2B에 의한 분자량 분포는 큰 차이가 없었다. 이러한 결과는 12월 시료는 다른 시료와 비교할 때 전분의 구조가 다를 수 있음을 가리킨다고 볼 수 있다. 칩은 8월에 꽃이 피고 10월에 열매를 맺으므로 12월 시료는 저장형 전분으로 볼 수 있다. 따라서 칩의 생육에 따른 전분 함량과 구조적 특징 등에 대하여는 앞으로 더 연구하여야 할 과제이다.

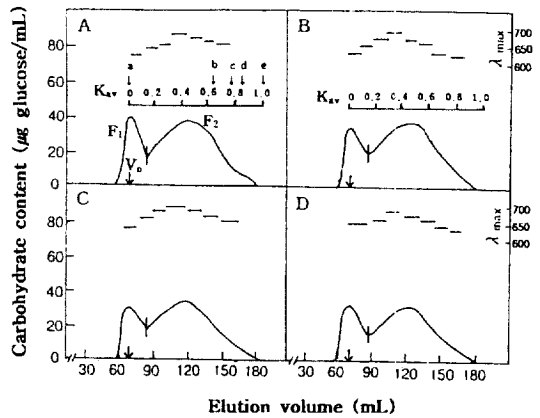


Fig. 6. Elution profiles on Sepharose CL-2B of hot-water soluble arrowroot starches. A: March B: June C: September D: December, a: Dextran (M.W. $5 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6$), b: Dextran T-500 (M.W. 50×10^4), c: Dextran T-40 (M.W. 4×10^4), d: Dextran T-10 (M.W. 1×10^4), e: glucose, V_0 : Void volume, K_{av} : alternative distribution coefficient

Table 5. Carbohydrate proportion (%) of each fraction in gel chromatography of hot-water soluble arrowroot starches

Harvesting time	F ₁	F ₂	F ₂ /F ₁
March	22.7	77.3	3.40
June	21.1	78.9	3.74
September	21.8	78.2	3.59
December	22.6	77.4	3.43

요 약

칩을 3, 6, 9, 12월에 채취하여 분리한 전분의 성질을 비교한 결과 12월 전분은 아밀로오스 함량, 고유점도, 베타-아밀라아제 분해한도가 가장 작았으나, 물결합능력은 가장 컸다. 팽윤력은 채취 시기별로 큰 차이를 보이지 않았다. KSCN에 의한 호화에서 12월 시료는 겔의 부피증가 정도가 가장 작았고 평형 부피에도 달하는 시간도 가장 늦었다. DSC에 의한 호화온도는

12월 시료는 다른 시료보다 1°C 높았다. 열수가용성 전분의 조성은 12월 시료가 아밀로오스 함량이 가장 높았고 아밀로펙틴은 가장 낮았다. 이러한 결과 칩 전분은 채취시기에 따라 그 성질이 다를 수 있었다.

문 헌

1. Erdman, M.D. and Erdman, B.A.: Arrowroot, food, feed, fuel and fiber resource. *Economic botany*, **38**, 332 (1984)
2. Suzuki, A., Hizukuri, S. and Takeda Y.: Physicochemical studies of Kuzu starch. *Cereal Chem.*, **58**, 286 (1981)
3. Kim, K.: The studies of physicochemical properties of arrowroot starch (in Korean). *These Collection of Chonnam Nat'l Univ.*, **27**, 361 (1982)
4. Kim, K., Yoon, H.-K. and Kim, S.-K.: Physicochemical properties of arrowroot starch (in Korean). *J. Kor. Agric. Chemical Society*, **27**, 514 (1984)
5. Lorenz, K. and Kulp, K.: Cereal and root starch modification by heat-moisture treatment. I. Physicochemical properties. *Stärke*, **34**, 50 (1982)
6. Kim, K., Yoon, H.-K., Kim, S.-K. and Lee, S.-Y.: Rheological properties of gelatinized arrowroot starch solution (in Korean). *Korean J. Food Sci. and Technol.*, **19**, 300 (1987)
7. Kim, K., Yoon, H.-K. Kim, S.-K. and Lee, S.-Y.: Rheological properties of arrowroot starch suspension (in Korean). *Korean J. Food Sci. and Technol.*, **18**, 531 (1986)
8. Cha, H.-S., Kim, K. and Kim, S.-K.: Modification of physicochemical properties of arrowroot starch by heat-moisture treatment (in Korean). *J. Kor. Agric. Chemical Society*, **27**, 521 (1984)
9. Aoki, M. and Tani, Y.: Chemical and physical properties of bracken and arrowroot starches (in Japanese). *J. Home Econ.*, **26**, 249 (1977)
10. Kim, K., Yoon, H.-K. and Kim, S.-K.: Determination of degree of gelatinization of arrowroot starch (in Korean). *J. Kor. Agric. Chemical Society*, **28**, 528 (1985)
11. Kim, S.-K., Chung, H.-M. and Cho, M.-H.: Alkali gelatinization of rice, corn, arrowroot and ginger root starches (in Korean). *J. Kor. Agric. Chemical Society*, **27**, 214 (1984)
12. Oh, M.-J., Lee, K.-S. Son, H.-Y. and Kim, S.-Y.: Antioxidative components of pueraria root (in Korean). *Korean J. Food Sci. and Technol.*, **22**, 793 (1990)
13. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions, *Denpun Kagaku*, **20**, 99 (1973)
14. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis* (13th ed.), Association of Official Analytical Chemists. Washington (1990)
15. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, L.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411 (1970)
16. Medcalf, D.C. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558 (1965)
17. Schoch, T.J., Leach, H.W. and McCowen, L.D.: Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.*, **36**, 534 (1959)
18. Corn Refiners Association: Standard analytical methods. Method B-61. The Association: Washington D.C., U.S.A. (1982)
19. Dubois, M., Gilles, K., Hamilton, J.K. Rebers, P.A. and Smith, F.: Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem.*, **28**, 350 (1956)
20. Linqvist, I.U.: Cold gelatinization of starch. *Stärke*, **31**, 195 (1979)
21. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661 (1978)
22. Dnovan, J.W., Lorenz, K. and Kulp, K.: Differential Scanning Calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starches. *Cereal Chem.*, **60**, 381 (1983)
23. Juliano, B.O., Villareal, R. M., Perez, C.M., Villareal, C. P., Takeda, Y. and Hizukuri, S.: Varietal difference in properties among high amylose rice starch. *Stärke*, **39**, 390 (1987)
24. Ciacco, F. and D'Appolonia, B.L.: Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. *Cereal Chem.*, **54**, 1096 (1977)

(1997년 8월 29일 접수)