

한국산 마의 당질 분석

정혜영
경원전문대학 가정과

Carbohydrates Analyses of Korean Yam(*Dioscorea*) Tubers

Hae-Young Chung

Department of Home Economics, Kyungwon College

Abstract

Yam(*Dioscorea*) tubers were used as one of the dietary starches in Korea, China and Japan because of its characteristic properties. Yam tubers were powdered after freeze drying the sliced tubers to investigate carbohydrates. Chemical properties such as proximate components and carbohydrates were studied using three varieties of Korean yams, namely, *D. batatas*, *D. aimadoimo* and *D. japonica*. The proximate components of yam tubers showed that the major components of Korean yam tubers were carbohydrates and moisture. The main components of free sugars in yams were identified as fructose, glucose, sucrose and maltose. In addition to these four sugars, there were two unidentifiable peaks whose areas are too big to ignore. These results were obviously different from other reported data of free sugars in yams. The main components of total sugars were mannose and glucose.

Key words: Korean yam tubers, free sugar, and yam carbohydrate

서 론

우리나라에서 마는 옛날부터 굽거나 찌서 먹고, 생으로 갈아서 먹기도 하며^(1, 3), 한약재로 이용되어 왔을 뿐^(2, 4) 다양하게 사용되지는 않았다. 또한 일본에서는 마를 강판에 갈아서 계란의 노른자와 약간의 간장을 곁들여 먹으며 일본요리나 과자의 재료로 자주 사용되고⁽⁵⁾, 중국에서는 알맞은 크기로 썰어 기름으로 튀겨서 물엿을 입혀 먹기도 한다⁽²⁾. 서부 아프리카에서는 식용마가 주요한 탄수화물 급원이며^(6, 9), 특히 Nigeria에서는 뜨거운 stew 형태로 제공되는 진미식품으로 알려져 있다^(6, 9). 최근 미국 등지에서 참마 전분을 이용하여 소화율이 높은 칼로리 공급원 또는 건강 식품으로서 어린이나 병약자를 위한 제빵, 비스킷, 소오스, 수우프 등의 원료로 쓰이고 있다⁽¹⁰⁾. 우리나라에서도 근래에 와서 마는 강장 및 여려기능의 식품으로 알려져^(1, 2) 그 수요가 증가되고 있는 추세이다.

우리나라에서 재배되는 식용 마는 덩이 뿌리 모양에 따라 긴마, 단마 및 참마로 나눈다. 긴마(*Dioscorea batatas* DECNE)는 장산약 또는 마라고도 부르며 우리나라 전역에 걸쳐 분포, 재배되는 마이며, 단마(*D. aimadoimo*)는 일본 대화마를 도입하여 재배시킨 품종으로 긴마에 비해

덩이뿌리의 길이가 짧아 수확이 간편하고, 수량성도 높아 식용마 재배용으로 권장되는 품종이다. 참마(*D. japonica* THUNB)는 환산약 또는 진주지역에서 재배가 잘 되어 일명 진주마라고도 한다⁽¹⁾. 마에 관한 연구는 마의 종류별로 리올로지 특성에 관한 연구^(11, 12), 전분입자의 크기 및 전분 분자 구조적 특성^(4, 13), 마의 지방에 관한 연구⁽¹⁴⁾ 등 이화학적 비교 특성에 관하여 연구되어 왔다. 그러나 당질 조성에 관한 연구는 많지 않다⁽¹⁵⁾.

본 연구에서는 유용한 천연자원으로 이용될 수 있는 한국산 마의 식품소재로서의 활용도를 높이고자 마의 종류별 당질의 차이에 대하여 연구하였으며, 특히 유리당 조성 분석에서 다른 보고와 다른 점이 발견되었기에 이를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시료의 조제

본 실험에 사용한 마는 1993년 7월에 구입한 긴마(*D. batatas*), 단마(*D. aimadoimo*), 참마(*D. japonica*) 등 3가지 품종을 재료로 물로 잘 씻어 흙, 모래 등을 제거하고 껍질을 얇게 벗긴 다음 두께 2 mm 정도로 절단하여 농결건조 후 막자사발로 분말화하여 냉동고에 보관하면서 분석 시료로 사용하였다.

일반 성분 분석

마 성분 중 수분, 조지방, 조단백, 조회분은 A.O.A.C

Corresponding author: Hae-Young Chung, Department of Home Economics, Kyungwon College, san 65, Pokjong-dong, Sujong-gu, Songnam, Kyongki-do 461-701, Korea

표준방법⁽¹⁶⁾으로 분석하였다. 조섬유는 산알카리가수분해법⁽¹⁷⁾을 이용하여 Fibertech(Fibertech System M 1020 Hot Extractor & 1021 Cold Extractor, Tecator, Sweden)으로 분석하였다.

유리당과 잔사의 분획 및 환원당 정량

분말 시료 10g을 칭량하여 500 ml round bottom flask에 넣고 70°C 수욕상에서 환류 냉각시키면서 200 ml의 80% ethanol로 4시간씩 2회 추출하고 다시 100 ml로 1회 추출한 다음, 추출액을 여과지(Whatman No.2)로 여과하였다⁽¹⁶⁾. 여기서 여과지를 통과한 여액(soluble fraction, 가용성분)중에 녹아있는 당(유리당, free sugar)과 나머지 잔사(insoluble fraction, 불용성분)에 포함된 당을 환원당 방법으로 정량하기 위하여 여액과 잔사를 증류수 180 ml와 25% HCl 20 ml를 가하여 환류장치에서 3시간 가수분해하고⁽¹⁶⁾ 냉각시킨 다음 10% NaOH를 사용하여 pH 7로 조절하고 HPLC용 물로 500 ml로 정용한 후 dinitrosalicylic acid(DNS)법⁽¹⁸⁾으로 정량하였다. 전체 당함량은 마 분말 시료(total fraction)를 위와 동일한 방법으로 직접 가수분해하고⁽¹⁶⁾, glucose를 표준물질로 하여 환원당을 DNS법⁽¹⁸⁾으로 정량하였다. 당분획량의 수율(yield)는 여액과 잔사에 있는 환원당의 함량을 총당에 대하여 백분율(%)로 표시하였다.

유리당 성분 분석

추출한 여액을 모두 합하여 rotary vacuum evaporator로 용매를 제거하고 10 ml의 80% acetonitrile에 녹여 membrane filter (Gelman LC 13, 0.45 µm)로 여과시킨 다음 통과된 유리당을 HPLC로 분석하였다. 사용한 column은 carbohydrate analysis column(Waters 3.9×300 mm)이며, 분석조건의 유동용매는 acetonitrile : water = 80 : 20(V/V), 용매의 속도는 2.0 ml/min, peak는 RI detector(Waters R401 Refractometer)로 검출하였으며, injection량은 20 µl이었다.

총당 성분 분석

마에 포함된 총당의 구성 성분을 분석하기 위하여 분말 시료 5g을 500 ml round bottom flask에 넣고 가수분해하고⁽¹⁶⁾ 냉각시킨 다음 10% NaOH를 사용하여 pH 7로 조절한 후 HPLC용 물로 500 ml로 정용하였다. 시료액은 membrane filter(Gelman LC 13, 0.45 µm)로 여과한 다음 Sep-pack(Millipore, U.S.A.)으로 처리하여 색소를 제거하고, 앞에서와 같이 HPLC로 총당의 당성분을 분석하였으나 용매속도는 1.0 ml/min로 하였다.

결과 및 고찰

일반 성분의 함량

마의 주요 품종인 *D. batatas*, *D. aimadoimo* 및 *D. japonica*의 일반 성분 조성은 Table 1과 같다. 즉, 수분은

Table 1. Proximate analysis of yam varieties¹⁾

| Components | Contents(%) | | |
|-------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| | <i>D. batatas</i> | <i>D. aimadoimo</i> | <i>D. japonica</i> |
| Carbohydrate | 81.6 | 82.5 | 84.6 |
| Crude fiber | 5.9 | 5.7 | 5.8 |
| Crude fat ²⁾ | 1.0 | 1.2 | 0.3 |
| Crude protein | 12.0 | 10.9 | 10.2 |
| Ash | 5.3 | 5.3 | 4.8 |
| Moisture and volatile | 77.6 | 77.9 | 78.7 |

¹⁾Values are based on the dry basis.

²⁾Diethylether extract.

Table 2. Content of carbohydrate for each fraction determined by DNS method

| Fractions | Carbohydrate content(mg/g) | | |
|-------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|
| | <i>D. batatas</i> | <i>D. aimadoimo</i> | <i>D. japonica</i> |
| Soluble fraction | 7.2 | 15.2 | 8.1 |
| Insoluble fraction | 517.6 | 462.6 | 561.0 |
| Total | 676.3 | 606.7 | 693.4 |
| Yield(% ¹⁾) | 77.6 | 78.8 | 82.1 |

¹⁾(Carbohydrate in soluble fraction + carbohydrate in insoluble fraction) × 100 / Carbohydrate in total yams

77.6~78.7%의 범위로 함유되었으며, 탄수화물은 81.6% 이상의 높은 함량을 보였으며 *D. japonica*에서 가장 많은 함량을 나타냈다. 단백질은 10.2~12.0%의 범위로 *D. batatas*에서 가장 높게 나타났다. 그리고 지방은 *D. batatas*와 *D. aimadoimo* 품종에서는 1.0~1.2% 정도 함유되었으나 *D. japonica*에서는 0.3%로 가장 적게 함유되었다. 이와같은 결과는 다른 보고⁽¹⁴⁾의 결과와 크게 다르지 않았다. 탄수화물의 함량이 많은 *D. japonica*는 단백질의 함량이 상대적으로 적은 편이었다.

분획물 및 전체마의 당함량

각 분획물의 당함량을 측정하고 분획수율을 측정하기 위하여 여액과 잔사, 그리고 전체 마 분말을 가수분해 후 이에 대한 각각의 환원당을 정량한 결과는 Table 2와 같다. 즉, 여액중의 환원당 함량은 *D. batatas*와 *D. japonica*에서 각각 7.2 mg/g, 8.1 mg/g이었으며, *D. aimadoimo*에서는 15.2 mg/g으로 가장 많이 함유되었다. 반면에 잔사중의 환원당 함량은 *D. japonica*에서 561.0 mg/g으로 가장 많이 함유되었고, *D. aimadoimo*에서는 462.6 mg/g으로 가장 낮았으며 전체 마분말 중의 환원당 함량도 *D. japonica* > *D. batatas* > *D. aimadoimo*의 순으로 나타났다. 전체 마분말 중의 환원당 함량을 측정된 결과 일반 성분의 함량(Table 1)과 비교해 볼때 큰 차이는

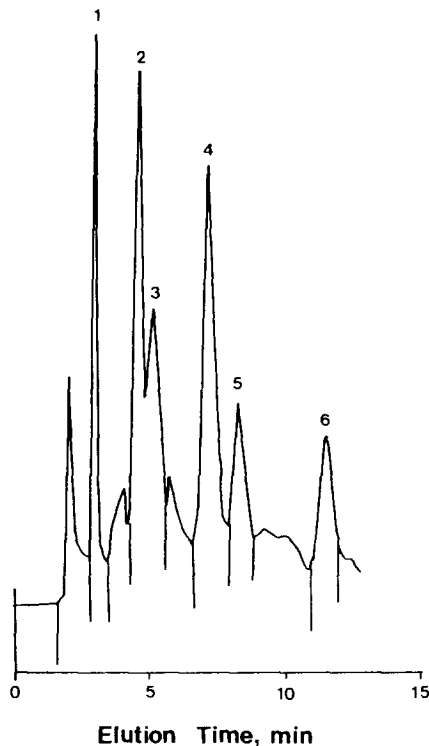


Fig. 1. HPLC chromatogram of free sugar of *D. japonica*

Peaks: 1. Unknown 1, 2. Fructose, 3. Glucose, 4. Sucrose, 5. Maltose, 6. Unknown 2

없었다. 다만 *D. aimadoimo*는 상대적으로 환원당의 함량이 일반 성분의 함량보다 약간 낮았다. 또한 soluble과 insoluble의 분획중의 당함량이 어느 정도 손실되는지 확인하기 위하여 분획수율(soluble 분획중의 당함량과 insoluble 분획중의 당함량의 합/total 전체 당함량)을 측정하였다. *D. batatas*, *D. aimadoimo* 및 *D. japonica*에서 분획수율은 각각 77.6%, 78.8%, 82.1%였다.

유리당의 조성

Fig. 1에 *D. japonica*의 유리당의 HPLC chromatogram을 나타냈다. 이와같은 방법으로 본 실험에서 사용한 시료 분말의 유리당 분석 결과는 Table 3과 같다. 즉, 마의 유리당을 구성하는 주된 조성은 *D. batatas*, *D. aimadoimo* 및 *D. japonica*에서 fructose는 각각 16.9%, 23.5% 및 29.1%로, glucose는 20.2%, 17.5% 및 12.5%로, sucrose는 34.1%, 27.7% 및 23.2%로, 그리고 maltose는 4.0%, 8.2% 및 6.6%로 함유되었으며, 이 중 *D. batatas*와 *D. aimadoimo*에서는 sucrose가, *D. japonica*에서는 fructose가 가장 많이 함유되었다. 이는 김 등⁽¹⁵⁾의 결과와 크게 차이를 나타냈다. 김 등⁽¹⁵⁾의 결과에 의하면 마에서의 유리당은 fructose, glucose, sucrose 만으로 구성

Table 3. Composition of free sugar in yam varieties by HPLC

| Free sugars | Composition(%) ¹⁾ | | |
|-------------|------------------------------|---------------------|--------------------|
| | <i>D. batatas</i> | <i>D. aimadoimo</i> | <i>D. japonica</i> |
| Unknown 1 | 18.8 (-) ²⁾ | 16.1 (-) | 21.4 (-) |
| Fructose | 16.9 (22.5) | 23.5 (30.6) | 29.1 (40.7) |
| Glucose | 20.2 (26.8) | 17.5 (22.7) | 12.5 (17.5) |
| Sucrose | 34.1 (45.5) | 27.7 (36.0) | 23.2 (32.5) |
| Maltose | 4.0 (5.3) | 8.2 (10.7) | 6.6 (9.3) |
| Unknown 2 | 6.0 (-) | 6.9 (-) | 7.1 (-) |

¹⁾The percentages of the composition are calculated from the integrated area of peaks.

²⁾The data in parentheses represent the percentage of each free sugar content when unknown 1 and 2 are excluded in calculation assuming that these peaks are impurities or non-carbohydrate compounds.

되어 있고 maltose는 검출되지 않으며, fructose와 glucose 함량이 80% 이상이 되었다. 그러나 본 실험에서는 *D. aimadoimo*와 *D. japonica*에서 fructose와 glucose 함량이 상대적으로 높지만 그 값의 합이 50%를 넘지 않았다. 이는 유리당 조성의 25~30% 가량을 차지하는 unknown 1, 2의 결과 때문에 생긴 것으로 생각된다. 유리당 조성비의 15~20%를 차지한 unknown 1은 deoxyglucose시료의 retention time과 같게 나타났으나 식물체에는 deoxyglucose가 많지 않으므로 deoxyglucose라 단정할 수 없었고, 또한 ribose, fucose, xylose, galactose, mannose 및 arabinose의 표준품을 사용하여 비교하였지만 이들이 아님이 확인되었다. 또한 unknown 2도 이 탄당이나 삼탄당인 것으로 추정되고 있으나 sucrose, maltose는 물론 lactose는 아님이 확인되었다. 다만, raffinose와 비슷한 retention time에 나타나 raffinose라고 볼 수 있으나 raffinose는 용해도가 크게 높지 않아 유리당으로 추출될 지 의문시 된다. 그러나 unknown 1은 김 등⁽¹⁵⁾의 실험에서도 나타나는 현상으로 확인되었기 때문에 실험적인 오차는 아닌 것으로 추정된다. 만일 unknown 1과 2를 당이외의 물질로 간주하고 조성 함량 계산에서 제외하여 백분율로 표시하면 김 등⁽¹⁵⁾의 결과에 근접하였다(Table 3의 괄호안에 표시).

총당의 조성

마의 총당 조성을 분석한 결과는 Table 4, Fig. 2와 같다. *D. batatas*, *D. aimadoimo* 및 *D. japonica*에서 mannose는 각각 80.2%, 82.3% 및 81.4%, glucose는 18.9%, 16.1% 및 18.5%로 3가지 품종 모두 mannose가 80% 이상 함유되어, 총 조성유의 80~90%가 mannan으로 이루어져 있다는 보고^(19,20)와 일치하였다. 특히 mannan은 끈끈한 점질물로 알려져 있고 오래전부터 마는 당뇨병이나 설사 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있는데⁽¹²⁾, 이는 본 결과에서 보다시피 마가 다른 감자나 고구마보다 mannan이 많기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 유리

요 약

한국산 마의 주요 품종인 *D. batatas*, *D. aimadoimo* 및 *D. japonica* 등 3가지 품종의 일반성분을 분석하여 비교하였고 각 시료들을 동결건조하여 분말로 만든 다음 분획하여 HPLC에 의한 탄수화물의 조성과 함량, DNS 법에 의한 환원당을 정량하였다. 탄수화물 중 유리당을 구성하는 주된 조성은 fructose, glucose, sucrose 및 maltose 등이었고 이 중 *D. batatas*에서는 glucose와 sucrose, *D. aimadoimo*와 *D. japonica*에서는 fructose와 sucrose가 가장 많은 부분을 차지하고 있었다. 총당은 주로 mannose와 glucose로 구성되었고 3가지 품종 모두 mannose가 80% 이상으로, 이는 마가 감자나 고구마보다 끈끈한 점질물로 알려진 mannan이 많기 때문인 것으로 생각된다. Soluble fraction과 전체 마에서의 환원당 정량 결과 soluble fraction에서 당함량은 *D. aimadoimo*가 가장 많았고, insoluble fraction에서 당함량은 *D. japonica*가 가장 많았다.

문 헌

1. 정을권: 산약 재배 새 농민 기술대학 교육자료 42. 서울, p.241 (1989)
2. 尹國炳, 張俊根: 몸에 좋은 山野草. 석오출판사 (1989)
3. 이덕봉: 한국동식물도감 식물편(유용식물). 삼화서적주식회사 (1974)
4. 차연수: 참마(*Dioscorea japonica* Thunberg) 전분의 이화학적 특성에 관한 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문 (1983)
5. 鈴木綾子, 金山睦子, 竹田靖史, 楳作進: Physicochemical properties of nagaimo(Yam) starch. 澱粉科學, 33, 191 (1986)
6. Ozo, O.N., Caygill, J.C. and Coursey, D.G.: Phenolics of five yam (*Dioscorea*) species. *Phytochem.* 23, 329 (1984)
7. Rasper, V. and Coursey, D.G.: Properties of starches of some West African yams, *J. Sci. Food Agric.*, 18, 240 (1967)
8. Osuji, G.O. and Ory, R.L.: Purine degradative pathway of the yam and sweet potato. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 599 (1986)
9. Rosa, L.D. and Emiola, L.: Characteristics of *Dioscorea rotundata* polyphenol oxidase. *J. Appl. Biochem.*, 2, 100 (1980)
10. Ciacco, C.F. and D'apolonia, B.L.: Characterization of starches from various tubers and their use in bread-baking. *Cereal Chem.*, 54, 1096 (1977)
11. 최일숙, 이임선, 구성자: 마(*Dioscorea batatas* DECAI-SNE) 전분의 rheology 및 열적 특성에 관한연구. 한국조리과학회지, 8, 57 (1992)
12. 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현: 마 전분 호화액의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, 24, 619 (1992)
13. 김화선, 김상순, 박용곤, 석호문: 한국산 마전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, 23, 554 (1991)
14. 김용선: 한국산 마, 고구마 및 감자 지방에 관한 비교

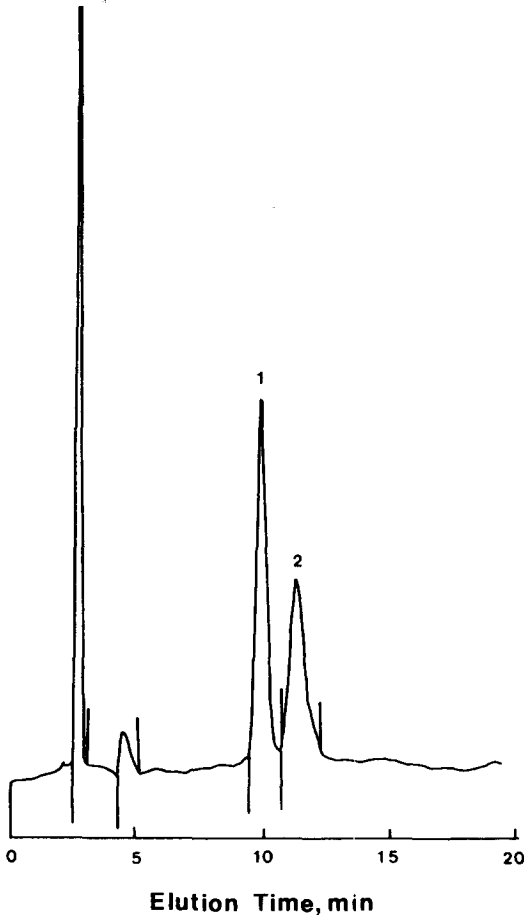


Fig. 2. HPLC chromatogram of total sugar of *D. aimadoimo*

Peaks: 1. Mannose, 2. Glucose

Table 4. Monosaccharide composition of total sugar in yam varieties by HPLC

| Varieties | Sugar composition(%) | | |
|---------------------|----------------------|---------|---------------------|
| | Mannose | Glucose | trace ¹⁾ |
| <i>D. batatas</i> | 80.2 | 18.9 | 1.0 |
| <i>D. aimadoimo</i> | 82.3 | 16.1 | 1.5 |
| <i>D. japonica</i> | 81.4 | 18.5 | 0.5 |

¹⁾Total area of miscellaneous peaks.

당에서 많은 양을 차지하고 있는 fructose와 sucrose는 거의 총당에서는 검출되지 않았다. 이는 Table 2에서 나타난 바와 같이 유리당의 함량이 총 당질 함량의 1~3% 정도 밖에 되지 않아 유리당의 조성이 전체 당성분의 조성에 크게 영향을 미치지 않아 검출되지 않고 glucose와 mannose만이 분석된 것으로 본다.

- 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문 (1991)
15. 김현구, 박무현, 이영철, 이부용, 김영언, 박동준, 도정룡: 국내산 생약류의 기능성 신소재 개발. 한국식품개발연구원 연구보고서, E1218-0420, 51 (1992)
 16. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists(1990)
 17. 신호선: 식품 분석. 신광출판사, 서울, p.88 (1989)
 18. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, 31, 426 (1959)
 19. Hironaka, K., Takada, K. and Ishibashi, K.: Chemical composition of mucilage of Chinese yam. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37, 48 (1990)
 20. Ohtani, K. and Murakami, K.: Structure of mannan fractionated from water soluble mucilage of nagaimo (*Dioscorea batatas* DECNE). *Agric. Biol. Chem.*, 55, 2413 (1991)
-
- (1994년 8월 16일 접수)