

고구마 괴근의 섬유질 분리 조건 탐색 및 품종별 섬유질 함량 차이

박원¹ · 이임빈¹ · 정미남² · 이형운¹ · 김태화¹ · 이교휘¹ · 남상식^{3,†}

Evaluation of the Fiber Separation Method and Differences in the Storage Root Fiber Content among Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) Varieties

Won Park¹, Im been Lee¹, Mi Nam Chung², Hyeong-Un Lee¹, Tae Hwa Kim¹, Kyo Hwui Lee¹, and Sang Sik Nam^{3,†}

ABSTRACT Fiber content in the storage roots of sweetpotato varies between different varieties. For examples, the high fiber content of certain types has a poor texture when steamed or roasted. This study was conducted to evaluate the optimal sieve mesh size for separating fibers, the chemical composition of fibers and differences in fiber content among different varieties. We found that the separated fiber content (dry weight) of mashed and steamed sweetpotato was higher after washing three times (143.3 mg/100 g) compared with that washed five times (128.4 mg/100 g). The Hogammi variety remained 85.9% of total fiber content at 10 mesh (2,000 μ m) and 9.6% of total fiber content at 30 mesh (600 μ m), and Jinyulmi remained 74.9 and 16.7% of total fiber content, respectively. Therefore, a 30 mesh sieve was considered the most suitable for fiber separation. Among the 10 studied cultivars, Jinhongmi showed the lowest amount of fiber (24.8 mg/100 g) and Hogammi had the highest amount (111.4 mg/100 g), which was 4.5 times larger than that of Jinhongmi. Cellulose, hemicellulose and lignin content of separated fibers showed no difference between the viscous-type Hogammi and powdery-type Jinyulmi varieties, with averages of 32.5, 22.3 and 29.6%, respectively. Correlation results using the Image J program showed a significant correlation between the distribution of the stained area and the fiber content ($R = 0.74$, $p < 0.05$). Staining distribution differed among varieties, suggesting that a simple fiber content test could be performed using the staining method on raw sweetpotato. These results provide useful information to help inform farmers on the fiber content of different sweetpotato varieties.

Keywords : fiber, sieve, storage root, sweetpotato, variety

최근 5년간('17~'21년) 국내 고구마 재배면적은 평균 22천 ha로 생산량은 334천 톤 수준이다(AFRASY, 2021). 고구마에는 비타민, 무기질, 식이섬유 등 영양성분과 유색고구마의 베타카로틴, 안토시아닌과 같은 기능성분(Panda *et al.*, 2006; Buri, 1997; Suda *et al.*, 2003; Teow *et al.*, 2007)이 함유되어 있어 주로 건강식품으로 소비되고 있다. 우리나라의 고구마 소비 형태는 생산량의 70% 정도는 찌거나 구워서 먹는 생과 중심으로 육질이 부드럽고 단맛이 있는 품종

을 선호하는 추세이다. 고구마 육질의 유형은 부드럽고 시럽 같이 촉촉한 점질형과 단단하고 펄펄한 질감의 건조한 분질형으로 구분하였으며(Rao *et al.*, 1974), 고구마의 수량성과 품질은 품종, 재배환경 및 토양 요인에 의해 변동성이 크다고 하였다(Togari, 1950; Han *et al.*, 2012; Villordon *et al.*, 2013; Solis *et al.*, 2014). 최근 국내에서 재배되고 있는 품종 중에는 섭취 시 입안에서 감지되는 섬유질로 인해 식감을 떨어뜨리는 요인이 되고 있다. 섬유질은 관다발 조직을

¹국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구사 (Scientist, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Republic of Korea)

²국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 농업연구관 (Senior Scientist, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Republic of Korea)

³국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 전문연구원 (Post-Doctor, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Sang Sik Nam; (Phone) +82-61-450-0147; (E-mail) ssnam@korea.kr

<Received 14 December, 2022; Revised 1 February, 2023; Accepted 6 February, 2023>

가진 식물 중 사이에 널리 퍼져 있으며 뿌리, 줄기, 잎 등 기관에 존재하며 고구마 괴근의 섬유질은 1차 체관부와 1차 목부를 구성하는 형성층에 의해 생성된다고 하였다(Gorshkova *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2021). 고구마 식이섬유의 분석 및 특성에 대한 보고는 다수가 있으며(Huang *et al.*, 1999; Yoshimoto *et al.*, 2005; Mei *et al.*, 2010), 섭취 시 입안에서 감지되는 섬유질 양은 품종에 따라 차이가 있다고 보고하였다(Leighton *et al.*, 2010; Leksrisompong *et al.*, 2012). 그러나 국내에는 고구마 괴근으로 부터 섬유질 분리 방법 및 품종 간에 섬유질 함량 차이에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 섬유질 분리를 위한 거름망(체)의 적정 눈 크기를 탐색하고, 분리된 섬유질의 조성성분, 염색법을 이용한 섬유질 이미지 분석, 그리고 품종 간에 섬유질 함량 차이를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 연구에 사용된 시험재료는 전남 무안 소재의 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소 시험포장 내에서 재배된 괴근을 사용하였다. 섬유질 분리 조건 탐색은 2020년에 생산된 괴근으로 분질고구마인 육질이 연한 황색인 진율미와 중간질고구마로 육색이 오렌지색인 호감미(Hogammi)를 사용하였다. 품종 간 차이는 2021년과 2022년에 생산된 육질이 분질인 신율미(Shinyulmi), 증미(Jeungmi), 신건미(Singeonmi), 대유미(Daeyumi), 진홍미(Jinhongmi), 진율미(Jinyulmi) 등 6품종과 중간질인 다호미(Dahomi), 풍원미(Pungwonmi), 호감미(Hogammi), 보드레미(Bodremi) 등 4품종을 재배일수 120일 기준으로 수확하여 섬유질 분석 재료로 사용하였다(Fig. 1).

섬유질 분리 조건 탐색을 위한 적정 세척 횟수 및 거름망(체)의 크기 구명

찐 고구마의 으갠 방법에 따른 섬유질 분리와 적정 세척 횟수 구명을 위해 고구마를 찌기(콤비스티머, MCO-10E, Maruzen, Kimpo, Korea)로 105°C에서 50분간 찐다. 찐 고구마를 머리와 꼬리 부분 1 cm씩 잘라내고 세로로 1/2로 절단하여 껍질을 벗긴 후 같은 무게의 괴근을 각각 3개씩 준비하였다. 으깨지 않고 거름망(체)으로 분리할 때와 막자사발을 사용하여 2분간 으갠 후 분리할 때에 섬유질 분리 정도를 평가한 다음 증류수로 45~50°C에서 3회 및 5회 세척하여 횟수에 따른 섬유질 분리량을 조사하였다. 또한 섬유질 정량을 위한 적정 거름망(체)의 크기 탐색을 위해 으갠 방법과 세척 횟수에 따른 적정 분리 방법 결정 후 섬유질 정량을 위해 세척하고 걸러주는데 사용될 체(sieve)의 눈(mesh) 크기를 결정하기 위해 10, 30, 50, 70 및 90 mesh까지 20 mesh 단위로 나누어 분리된 섬유질의 양을 체 눈 크기별로 조사하였다.

고구마 품종별 섬유질 함량 정량 분석

섬유질 분리에 알맞은 세척 횟수와 체의 거름망의 크기 선정 결과를 적용하여 섬유질만 남도록 걸러준 다음 섬유질 함량은 Association Official Analytical Chemists (AOAC) 방법(Brunt & Sanders, 2013)으로 분석하였다. 남겨진 섬유질에 MES/TRIS buffer (MES 0.05 M과 Tris 0.05 M을 증류수 1 L에 용해하여 6 N NaOH로 pH 8.2로 조정함)를 만들어 사용한다. 분리된 섬유질에 MES/TRIS buffer 100 mL와 Total Dietary Fiber kit (Megazyme, Bary, Ireland)의 효소 3종(α-amylase, protease, amyloglucosidase)을 각 용량에 맞게 동시에 넣은 뒤 항온수조(VS-1205SW1-C, Vision Scientific, Daejeon, Korea)에서 95°C에서 30분간 100 RPM으로 30분간 혼합한 후 30 mesh 체(체눈의 크기 : 600 μm)를 사용하

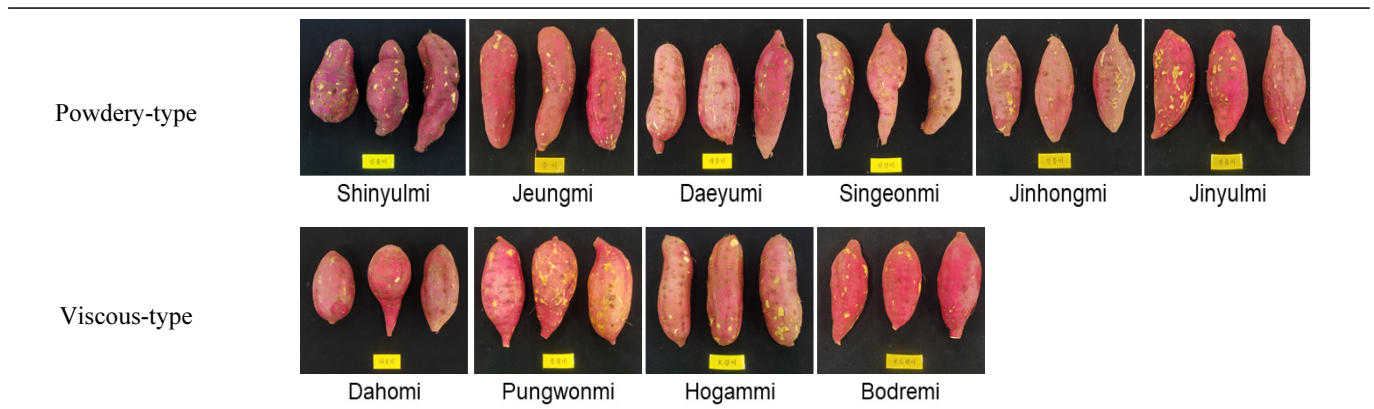


Fig. 1. Photograph of sweetpotato storage roots (n = 10, six powdery-type and four viscous-type) used in this study.

여 흐르는 물에 세척 한 후 분리된 섬유질은 건조기(DE/VF 160, Memmert, Schwabach, Germany) 105°C에서 12시간 건조한 다음 건물중을 측정하고 괴근 무게 100 g 당 mg으로 환산하였다.

분리된 섬유질의 조성성분

고구마 괴근에서 분리한 섬유질의 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌, 회분 등의 조성성분 분석은 Cha *et al.* (2019)의 방법으로 수행하였다. NREL LAP-002와 LAP-003의 방법을 응용하였고, 리그닌은 UV 205 nm에서 검출하여 NREL 실험법에 따라 계산하였다. 불용성 리그닌의 경우는 575°C에서 3시간 회화시키고 남은 양을 계산하여 측정하였다. 회분은 NREL LAP-005 프로토콜에 따라 오븐 건조방법으로 분석하였다. 시료의 수분함량은 HR83 할로젠 수분분석기(Mettler-Toledo, Greifensee, switzerland)를 사용하여 측정하였다.

염색법을 통한 섬유질 간이검정

섬유질의 분포 정도를 간이 검정하기 위해 생고구마의 절편을 이용하여 Mitra *et al.* (2014)의 Phloroglucinol-HCl staining 방법을 사용하여 염색 정도를 관찰하였다. 생고구마는 채칼을 이용하여 세로로 2 mm 두께로 얇게 슬라이스 한 다음, 증류수에 10분간 담가 표면의 산화를 방지하고, 전분 등 염색에 방해가 되는 이물질을 제거하였다. Phloroglucinol-HCl staining 염색 시약에 슬라이스 된 절편을 10분간 담근 후 Image J 프로그램(Ferreira & Rasband, 2012; Mazzoli & Favoni, 2012)을 사용하여 염색된 면적의 분포도를 측정하고 섬유질 함량과의 상관관계를 분석하였다.

통계처리

분석된 결과는 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 27 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이

용하여 각 처리구의 차이 유무를 T-test와 one-way ANOVA (Analysis of variation)로 분석한 뒤 p<0.05 수준에서 Tukey의 다중범위 검정으로 시료 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

고구마의 섬유질 분리 조건

찐 고구마의 육질에 함유되어있는 섬유질을 분리하는데 적당한 조건을 탐색하기 위해 세척 전 으갠 유무, 세척 횟수 그리고 거름망(체) 눈의 크기 등에 대해 검토한 결과 찐 고구마를 바로 거름망(체) 위에서 직접 으깨면서 세척하여 분리한 섬유질에 비해 막자사발을 이용하여 2분간 으갠 후 체에서 걸러낸 섬유질이 이물질이나 엉킴이 적으면서 깨끗하게 분리되었다(Fig. 2). 세척 횟수에 따른 섬유질 분리 정도를 알아보기 위해 호감미 품종을 재료로 하여 3회와 5회로 각각 실시한 결과 분리된 섬유질 양은 3회 세척 시에 143.3 mg/100 g으로 조사되었으며, 5회 세척(128.4 mg/100 g)에 비해 분리된 섬유질 양이 많은 경향으로 3회 세척이 유리한 것으로 판단되었다(Table 1). 섬유질 분리에 알맞은 체의 눈 크기를 결정하기 위해 10 mesh (2000 µm)부터 90 mesh (160 µm)까지 20 mesh 간격으로 분리된 섬유질 함량을 조사한 결과 섬유질이 굵고 양이 많은 호감미 품종은 체의 눈이 큰 10 mesh에서 85.9%와 30 mesh에서는 9.6%가 잔류되었으며, 섬유질이 가늘고 양이 적은 진율미 품종은 10 mesh에서는 74.9%, 30 mesh는 16.7%가 잔류되어 10 및 30 mesh에 평균 93.6%가 잔류되어 섬유질 분리를 위한 체는 30 mesh (600 µm)가 적당하다고 판단되었다(Fig. 3). 고구마 전분 추출 후 잔류한 분말에서 식이섬유를 추출하는 경우 100 mesh를 통과하여 400 mesh에 잔류하는 분말을 건조하여 식이섬유 함량으로 환산한 방법(Mei *et al.*, 2010)에 비해 섬유질을 분리하는 경우에는 체 눈의 크기가

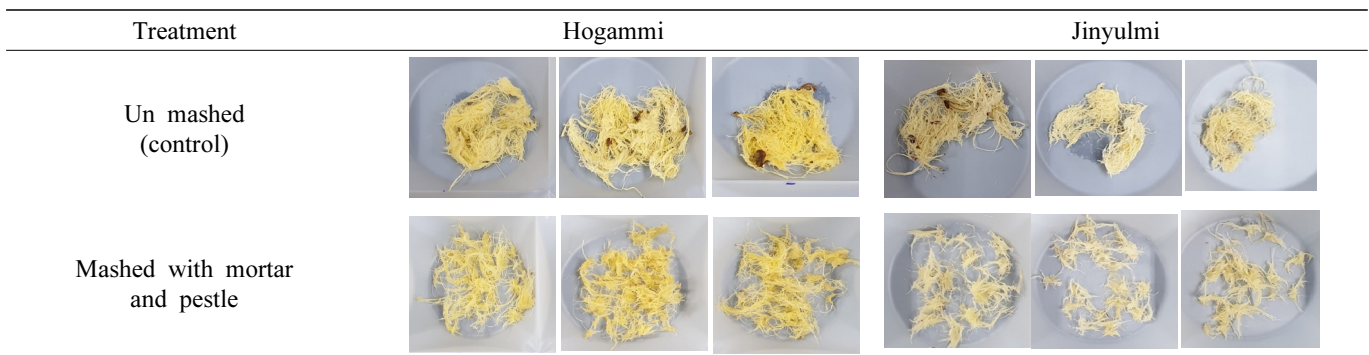


Fig. 2. Separated fibrous tissues of sweetpotato before and after mashing. Each sweetpotato storage root was bisected, with one half used for the control and the other as a mashed sample. Three were conducted per variety.

Table 1. Comparison of Hogammi fibrous material concentrations between washing treatments.

No. of washes	Fiber content (mg/100 g)						Mean ± SD
3	156.8	145.0	160.0	154.5	102.2	141.0	143.3±21.2
5	132.3	112.8	190.4	116.0	104.5	114.5	128.4±31.7
LSD (5%)	----- 27.49						NS

*LSD, least significant differences; ‘SD’, standard deviation; ‘NS’, not significant at the least significant difference 5% level (P < 0.05) by T-test.

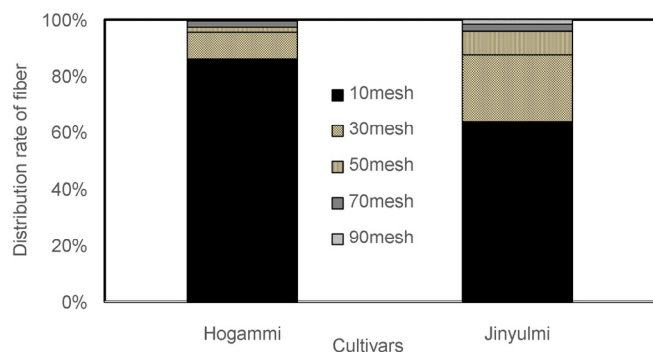


Fig. 3. Comparison of fibrous material distribution rates of Hogammi and Jinyulmi cultivars after filtration with varying sieve mesh sizes. Mesh sizes : 10 mesh = 2000 µm; 30 mesh = 600 µm; 50 mesh = 300 µm; 70 mesh = 212 µm; and 90 mesh = 160 µm.

조밀한 30 mesh가 유리하였다.

분리된 섬유질의 성분 특성

점질형 호감미와 분질형 진율미 품종에서 분리된 섬유질 내 셀룰로스, 헤미셀룰로스 및 리그닌의 함량을 분석한 결과 품종 간에 차이는 없었으며, 2품종의 평균이 32.5, 22.3 및 29.6% 수준으로 조사되었다(Table 2). Mei *et al.* (2010) 은 Beijing553 등 10품종에서 분리된 식이섬유로부터 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌 등을 분석한 결과 각각 25.92~36.54, 8.70~15.98 및 8.96~22.61 g/100 g의 범위에서 품종 간에 차이가 있는 것으로 보고하고 있어 시험품종에 대해 추가 분석이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 2. Chemical compositions of fibrous material from Hogammi and Jinyulmi varieties. Sliced sections of one sweetpotato were used for measurement of each component. Proportions (%) of each component were expressed as mean ± standard deviation (n = 3). Significance differences between means was tested using T-tests. ‘NS’ indicates no significant difference at the 5% level.

Cultivar	Composition (%)				
	Cellulose	Hemicellulose	Lignin	Ash	etc.
Jinyulmi	33.6±0.16 ns	22.2±0.14 ns	29.8±0.04 ns	0.7±0.0 ns	13.8±0.28 ns
Hogammi	31.5±1.81	22.4±1.24	29.5±1.71	0.8±0.04	15.8±4.74

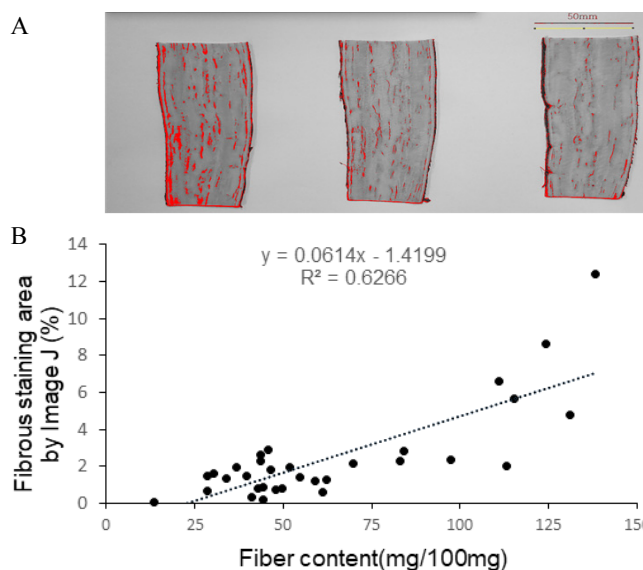


Fig. 4. Correlation of concentrations of fibrous materials measured by filtration and Image J analysis. A) Image analysis of fibrous materials using the Image J program. Independent samples were sliced into sections (n = 30, 2 mm thickness) were stained with Phloroglucinol - HCl (3% phloroglucinol solution). B) Scatter-plot graph and partial correlation analysis results for sweetpotato fiber contents and Image J program results.

염색법 통한 섬유질 간이검정

생고구마의 절편을 이용하여 섬유질만을 특이적으로 염색 시키기 위해 리그닌 염색법 중 하나인 Phloroglucinol-HCl staining 방법을 적용하였다(Mitra *et al.*, 2014). Phloroglucinol-

HCl은 상온에서 처리 시 리그닌 분자 내에 존재하는 페룰라알데히드형 구조에 반응하여 붉게 변하는 발색반응을 일으킨다. Image J 프로그램을 사용하여 염색된 면적의 분포도를 측정된 결과와 섬유질 함량과 상관을 분석한 결과 $R^2 = 0.6266$, 상관계수 값이 0.79 ($p < 0.0001$)로 유의성이 있었다(Fig. 4). 10품종의 염색 정도를 측정된 결과(Fig. 5), 분질형에서 대유미 > 신건미 > 신율미 등이 높게 나타났다. 점질형에서는 호감미가 가장 높았고 풍원미와 보드레미는 비슷한 경향을 나타내었다. 10품종 중에서 염색 분포도가 가장 높은 품종은 호감미 품종과 다른 품종도 섬유질의 함량과 비슷한 경향을 나타내었다. 고구마 괴근 분화기에 Phloroglucinol-HCl로 염색하여 뿌리의 윗부분(근위부)과 아랫부분(원위부)의 조직을 관찰한 결과 secondary xylem과 xylem fibers에 pink-red로 염색되어 나타남을 확인한 결과(Singh *et al.*, 2021)로 볼 때 생고구마를 이용한 염색방법으로 섬유질 함량에 대한 간이검정이 가능할 것으로 판단되었다.

고구마 품종별 섬유질 함량 차이

국내육성 품종인 분질고구마 진홍미 등 6품종과 중간질 및 점질고구마 호감미 등 4품종을 2021년과 2022년에 재배하여 120일에 수확하고 품종별 섬유질 함량을 조사한 결과 품종별로 다양한 수준의 섬유질 함량을 보여 주었으며, 연차 간 품종별 섬유질의 함량 차이는 비슷한 경향을 보였다(Table 3). 진홍미와 증미 품종이 각각 24.8 및 37.3 mg/100 g으로 낮게 나타났으며, 호감미 품종은 114.4 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내어 다른 품종과 차이가 있었다. 분질 품종의 섬유질 함량은 진홍미 < 증미 < 신율미 = 신율미 < 신건미 < 대유미 순으로 많았으며, 점질 품종은 다호미 < 보드레미 < 풍원미 < 호감미 순으로 많았다. 특히 호감미 품종은 섬유질이 굵고 긴 형태가 많았다. 고구마 품종 간에 식이섬유 및 조섬유 함량 차이가 있음을 보고한(Jones *et al.*, 1980; Woolfe, 1992; Mei *et al.*, 2010) 결과와 같은 경향이였다.

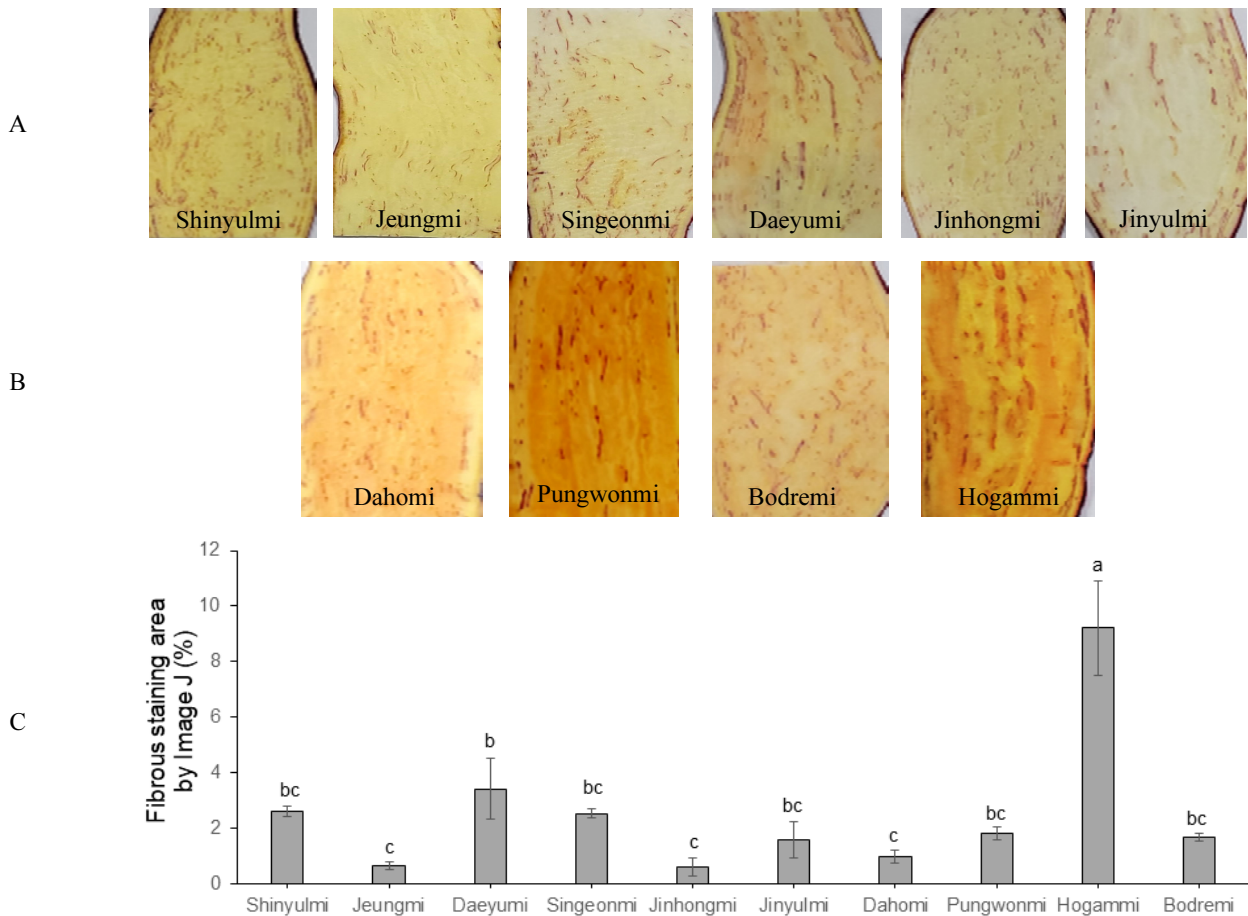


Fig. 5. Fibrous staining patterns of 10 sweetpotato cultivars by phloroglucinol-HCl and staining area using Image J (%). Fibrous materials were stained as red spots. A) powdery-type storage roots; B) viscous-type storage roots, C) fibrous staining area by Image J (%).

Table 3. Fiber contents of 10 sweetpotato cultivars harvested at 120 days after transplanting (2021 and 2022). Fiber contents are expressed as mean ± standard error (n = 5). Different lowercase letters within the same row indicate significant differences at P < 0.05, as determined using Tukey's test. 2-year Avg, 2-year average yield.

Year	Fiber contents (mg/100 g)									
	Shinyulmi	Jeungmi	Daeyumi	Singeonmi	Jinhongmi	Jinyulmi	Dahomi	Pungwonmi	Hogammi	Bodremi
2021	63.9±7.2 bc	26.9±4.8 de	90.2±5.0 ab	74.1±5.5 b	9.8±1.8 e	41.2±6.7 cd	43.9±5.0 cd	72.5±4.7 b	101.7±9.5 a	71.9±3.7 b
2022	48.6±4.0 cd	47.7±1.8 cd	90.1±10.8 ab	82.6±26.8 abc	39.9±9.6 d	69.4±5.1 bcd	45.3±4.7 cd	48.8±7.0 cd	121.2±6.4 a	31.9±2.0 d
2-year Avg	56.1±7.3 cde	37.1±6.4 ef	90.2±7.0 ab	78.3±12.3 bc	24.8±8.0 f	55.3±9.8 cde	44.6±5.9 cde	60.6±8.0 cd	111.4±10.9 a	51.9±9.8 cde

이러한 품종 간의 섬유질 함량 차이에 대한 결과는 영농 정보제공을 통해 농민들이 고구마 재배 시 적정 품종 선택 및 우수한 식감을 나타내는 고구마를 생산 할 수 있을 것으로 생각된다.

적 요

고구마 괴근에 함유되어 있는 섬유질 함량은 품종에 따라 차이가 있다. 일부 품종에서 찌거나 구워서 섭취 시 입 안에서 감지되는 섬유질 함량이 많아 식감을 떨어뜨리는 요인이 되고 있다. 본 시험은 섬유질 분리를 위한 거름망(체)의 적정 눈 크기를 탐색하여 분리 방법을 확립하고, 분리된 섬유질의 조성성분, 염색법을 이용한 섬유질 간이검정 가능성, 그리고 품종 간에 섬유질 함량 차이를 구명하고자 수행한 결과는 다음과 같다.

1. 찢 고구마를 으갠 후 3회 세척하여 섬유질 함량을 측정한 결과 143.3 mg/100 g으로 5회 세척(128.4 mg/100 g)에 비해 분리된 섬유질 양이 많아 3회 세척이 유리하였다.
2. 호감미 품종은 체의 눈이 큰 10 mesh (85.9%)와 30 mesh (9.6%)에서 95.5%가 잔류되었고 진율미 품종은 10 mesh (74.9%) 및 30 mesh (16.7%)에서 87.6%가 잔류되어 섬유질 분리를 위한 체의 눈은 30 mesh (600 µm)가 적당하였다.
3. 고구마 품종별 섬유질 함량 분석 결과, 진홍미가 가장 낮았고(24.8 mg/100 g), 호감미(111.4 mg/100 g)으로 가장 높아 호감미의 섬유질 함량은 진홍미의 4.5배 이상이었다.
4. 호감미와 진율미 품종에서 분리된 섬유질의 셀룰로스, 헤미셀룰로스 및 리그닌의 함량은 비슷한 함량을 나타내었고 2품종의 평균은 각각 32.5, 22.3 및 29.6%이었다.
5. 염색된 면적의 분포도와 섬유질 함량과의 상관계수는 0.79 (p < 0.001)로 유의성이 있었으며, 품종 간 염색 분포도가 다르게 나타나 생고구마를 이용한 염색방법으로 섬유

질 함량에 대한 간이검정이 가능할 것으로 판단되었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ01513201)으로 수행된 결과임.

인용문헌(REFERENCES)

AFRASY. 2021. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.

Brunt, K. and P. Sanders. 2013. Improvement of the AOAC 2009.01 total dietary fibre method for bread and other high starch containing matrices. Food Chem. 140 : 574-580.

Buri, B. J. 1997. Beta carotene and human health; A review of current research. Nutr. Res. 17 : 547-580.

Cha, Y. L., S. M. Park, Y. H. Moon, K. S. Kim, J. E. Lee, D. E. Kwon, and Y. G. Kang. 2019. Optimization of KOH pretreatment conditions from Miscanthus using high temperature and extrusion system. J. Korean Appl. Sci. Technol. 36 : 1243-1252.

Ferreira, T. and W. Rasband. 2012. Image J user guide. ImageJ/ Fiji, 1 : 155-161.

Gorshkova, T., N. Brutch, B. Chabbert, M. Deyholos, T. Hayashi, L.-Y. Simcha, Ewa J. Mellerowicz, C. Morvan, G. Neutelings, and G. Pilate. 2012. Plant fiber formation: State of the art, recent and expected progress, and open questions. Critical Rev. Plant Sci. 31 : 201-228.

Han, S. K., Y. S. Song, S. H. Ahn, H. U. Lee, J. S. Lee, M. N. Chung, and K. G. Park. 2012. Difference of growth and root characteristics of sweetpotato by cultivated region. Korean J. Crop Sci. 57 : 262-270.

Huang, A. S., L. Tanudjaja, and D. Lum. 1999. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. J. Food Compos. Anal. 12 : 147-151.

Jones, A., P. D. Dukes, M. G. hamilton, and R. A. Baumgardner. 1980. Selection for low fiber content in sweet potato. Hortsci. 15 : 797-798.

- Leighton, C. S., H. C. Schonfeldt, and R. Kruger. 2010. Quantitative descriptive sensory analysis of five different cultivars of sweet potato to determine sensory and textural profiles. *J. Sensory Studies*. 25 : 2-18.
- Leksrisonpong, P. P., M. E. Whitson, V. D. Truong, and M. A. Drake. 2012. Sensory attributes and consumer acceptance of sweet potato cultivars with flesh colors. *J. Sensory Studies*. 27 : 59-69.
- Mazzoli, A. and O. Favoni. 2012. Particle size, size distribution and morphological evaluation of airborne dust particles of diverse woods by Scanning Electron Microscopy and image processing program. *Powder Technol.* 225 : 65-71.
- Mei, X., T. H. Mu, and J. J. Han. 2010. Composition and physicochemical properties of dietary fiber extracted from residues of 10 varieties of sweet potato by a sieving method. *J. Agric. Food Chem.* 58 : 7305-7310.
- Mitra, P. P. and D. Loqué. 2014. Histochemical staining of *Arabidopsis thaliana* secondary cell wall elements. *J. Visualized Experiments*. 13 : 51381.
- Panda, S. H., S. K. Naskar, and R. C. Ray. 2006. Production, proximate and nutritional evaluation of sweet potato crud. *J. Food Agric. Environ.* 4 : 124-127.
- Rao, V. N. M., D. D. Hamann, and E. G. Badanga. 1974. Mechanical testing as a measure of kinesthetic quality of raw and baked sweetpotatoes. *Am. Soc. Agric. Biol. Engin.* 17 : 1187-1190.
- Singh, V., H. Zemach, S. Shabtai, R. Aloni, J. yang, P. Zang, L. Sergeeva, W. Literink, and N. Firon. 2021. Proximal and distal parts of sweetpotato adventitious roots display differences in root architecture, lignin, and starch metabolism and their developmental fates. *Front. Plant Sci.* 11 : 1-15.
- Solis, J., A. Villordon, N. Baisakh, D. LaBonte, and N. Firon. 2014. Effect of drought on storage root development and gene expression profile of sweetpotato under greenhouse and field conditions. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 139 : 317-324.
- Suda, I., T. Oki, M. Masuda, M. Kobayashi, and S. Furuta. 2003. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potato containing anthocyanins and their utilization in foods. *Japan Agric. Res. Quar.* 37 : 167-173.
- Teow, C. C., V. D. Truong, and R. F. Mcfeeters. 2007. Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweetpotato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem.* 103 : 829-838.
- Togari, Y. 1950. A study of tuberous root formation in sweet potato. *Bulletin of Natural and Agricultural Experimental Station. Tokyo.* 68 : 1-96.
- Villordon, A. Q., D. R. La Bonte, N. Firon, and E. Carey. 2013. Variation in nitrogen rate and local availability alter root architecture attributes at the onset of storage root initiation in 'Beauregard' sweetpotato. *Hortsci.* 48 : 808-815.
- Yoshimoto, M., O. Yamakawa, and H. Tanoue. 2005. Potential chemopreventive properties and varietal difference of dietary fiber from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) root. *Japan Agric. Res. Quar.* 39 : 37-43.
- Woolfe, J. A. 1992. Sweet potato: An untapped food resource, Cambridge University Press, Cambridge. pp. 57, 142-143.