

Relationship between texture and major components of radish

Ki-Hyeon Seong¹, Seung-Ho Kim², Jong-Tae Park^{1*}

¹Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Deajeon 34134, Korea

²Neoseed, 300-1 Jungbok-ri, Gongdo-eup, Anseong-si, Gyeonggi 17565, Korea

*Corresponding author: jtpark@cnu.ac.kr

Abstract

Radish is a common vegetable consumed in Korea, Japan, and China. Radish Breeding has been conducted based on morphological properties, such as shape and color. Recently, physicochemical properties of radish are attracting more attention from breeders to develop cultivars for the retail market. In this study, major components of radish were determined and their relationship with textural property analyzed. Sixty-six radish cultivars were selected and divided into white head (WH) and green head (GH) according to their head color. The cutting forces of GH and WH groups were 2.17 ± 0.34 kg and 2.31 ± 0.36 kg, respectively ($P > 0.05$). The starch contents of GH and WH were 3.75 ± 0.39 g per 100 g (dry basis) and 4.24 ± 0.62 g, respectively. Cellulose contents in both groups were similar at 12.3-12.4 g per 100 g (dry basis). Pearson correlation coefficients between cutting force, cellulose content, and starch content ranged from -0.33-0.326 which does not demonstrate any strong correlation between these components. Therefore, no relationship was found between the cutting force and the starch content or the cellulose content for the cultivars analyzed in this study. As the first intensive study on the texture and the major components of radish, these results could provide valuable information for radish breeding if further studies on taste and nutrient components are conducted.

Keywords: cellulose, cutting force, radish, starch, texture

Introduction

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과에 속하는 근채류로 세계 다양한 나라에서 재배되는 작물로서 각 나라마다 선호하는 색과 외형이 있으며 그 품종들이 매우 다양하다. 독특한 식감, 풍부한 무기물, 체내 소화 작용을 돕는 효소들이 풍부한 알칼리성 채소로 널리 알려져 있다(Kim et al., 2009). 계절에 따라 봄무, 여름무, 가을무로 분류하고 우리나라에서 재배되는 무는 가을무가 대부분이다. 무 잎은 열무김치나 말려서 시래기로 이용되며 무뿌리는 특유의 식감이 있어 총각김치, 무채, 단무지, 깍두기, 동치미, 무말랭이 등 여러 가지 음식으로 만들어 먹거나 다양한 요리재료로 활용된다(Rhee, 1995; Ryu, 1996). 무의 주성분은 수분이며, 전분질이 비교적 많이 함유되어 있는데 전분함량이 높을수록 무의 독특한 식감이 강하게 나타나며 특히 무말랭이를 제조하였을 때 맛이 좋고 단맛이 잘 느껴진다고 보고되었다(Lee et al., 2006). 전분의 함량은 무의 단맛



OPEN ACCESS

Citation: Seong KH, Kim SH, Park JT. 2016. Relationship between texture and major components of radish. Korean Journal of Agricultural Science 43:240-248.

DOI: <http://dx.doi.org/10.7744/kjoas.20160027>

Editor: Ki Teak Lee, Chungnam National University, Korea

Received: April 8, 2016

Revised: June 14, 2016

Accepted: June 20, 2016

Copyright: ©2016 Korean Journal of Agricultural Science.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에도 큰 영향을 미치며 전분함량이 증가할수록 소당류가 증가하는 것으로 알려져 있다(Hara et al., 2009).

현대인들은 무를 재료로 하여 다양한 음식을 조리하는데, 무를 씹을 때의 특유 조직경도를 중요시 하며 선호한다. 무의 조직경도에 대한 연구결과는 찾기 어려우나, 당근의 경우에 조직경도는 전분의 함량 및 세포벽의 주성분인 셀룰로스 함량에 정비례하며 이들 간에는 서로 상관관계가 있다고 보고되어 있다(Sila et al., 2005). 시중에서 무를 구입할 때 바로 조직경도나 전분 및 셀룰로스 함량을 알 수 없고 일정한 기준 지표가 없으며 내부 결함 유무도 육안으로 보고 판단한다(Kenichi et al., 2014). 일본 시장에서는 무 뿌리가 윗부분은 녹색이고 뿌리방향으로 백색인 무를 선호하며, 중국 시장에서는 무 뿌리 전체적으로 백색인 무를 선호한다. 국내외를 막론하고 무의 외형과 색깔, 주요 이화학적 특성과의 상관관계에 대한 연구결과가 매우 부족한 실정이다. 무의 독특한 식감은 조직경도와 전분 함량에 따라 달라지는데 무의 색만으로는 조직경도가 단단하며 전분, 셀룰로스 함량이 많은 무를 선별할 수가 없다. 따라서 무의 외형과 주요 성분함량, 조직경도 등 무 품질 기준지표에 대한 자료를 확보하고 앞으로 일본과 중국 등 주요 무 소비국을 대상으로 하는 수출용 무 육종을 위한 기초자료를 제공하기 위해 본 연구를 진행하였다.

Materials and Methods

재료

본 실험에 사용된 무는 2014년 11월 ‘네오씨드’ 종자회사에서 경기도 안성시 공도읍 중북리에서 직접 재배하여 수확한 청수계(GH) 유전자원 24 점, 백수계(WH) 유전자원 42 점이다. 수확 후 바로 조직경도를 측정하고 분석용 무는 -20°C 냉동고에 보관하였다. 전분 및 셀룰로스 함량 분석을 위하여 무를 동결건조한 후 분쇄하여 시료를 준비하였다.

조직감 측정

무의 조직감 측정은 Texture Analyzer (TX-2, Stable Micro System, Haslemere, UK)를 이용하여 측정하였다. 시료를 $1 \times 1 \times 5 \text{ cm}^3$ 크기로 균일하게 잘라 사용하였고, 측정에 사용된 probe는 HDP/BS blade를 이용하였다. 측정 조건은 pre-test speed; 5.0 mm/sec, test speed; 1.0 mm/sec, post-test speed; 1.0 mm/sec으로 하여 시료당 15 회 반복 측정된 것의 평균값으로 나타내었다.

전분 함량, 셀룰로스 함량 분석

무의 전분과 셀룰로스 함량은 α -amylase, glucoamylase, cellulase 효소를 이용하여 각각의 성분만을 선택적으로 가수분해 한 후 환원당 정량 방법인 DNS method (2,3-dinitrosalicylic acid method)로 측정하였다(Choi et al., 2010). 동결 건조된 시료 0.1 g을 5% TCA (trichloroacetic acid)와 반응 시키고 원심 분리하여 상등액을 제거하였다. 상등액을 제거한 pellet에 50 mM sodium acetate buffer와 50 mM acetic acid buffer로 제조한 pH 5.0인 buffer로 희석된 cellulase 효소 1 mL을 넣고, 45°C 에 shaking 해주며 3일간 반응 시켰다. 상등액과 DNS 용액을 1:3 부피비로 끓는 물에 5분간 반응 시키고, 얼음에 식혀준 다음 microplate reader (Model 680, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)로 575 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 셀룰로스 함량을 구하였다. 반응 후 남은 상등액을 제거하고 3차 증류수로 깨끗하게 세척한 다음 원심 분리하여 상등액을 제거하였다. 세척한 pellet에 50 mM sodium acetate buffer (pH 6.0)에 희석된 α -amylase (Termamyl[®], Novozyme, Bagsvaerd, Denmark) 1 mL을 넣고, 95°C 에 2시간 반응 시켰다. 반응 후 상등액 100 μL 와 50 mM sodium acetate buffer (pH 4.3)에 희석된 glucoamylase (AMG[®], Novozyme) 900 μL 을 넣고, 55°C 에 2일간 반응시켰다. 반응 상등액과 DNS 용액을 1:3 부피비로 섞어준 후 끓는 물에 5분간 반응 시키고, 얼음에 식혀준 다음 microplate reader (Model 680, BIO-RAD)로 575 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 전분 함량을 구하였다. 표준곡선은 포도당을 이용하여 구하였다.

통계처리

실험의 통계적 분석은 SPSS 프로그램(18.0.0, Statistical Package for the Social Science, Chicago, IL, USA)과 t-검정, 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 이용하여 분석하였다.

Results and Discussion

무의 외형에 따른 분류 및 외관 특성

무의 지상부분 색상에 따라 청수계 무(Green Head: GH), 백수계 무(White Head: WH)로 분류하였다. GH그룹의 평균 무게와 크기는 951.8 g, 35 cm 가량이었고, WH그룹은 981.3 g, 38.2 cm 로 측정되었다. 무 색상에 따라 나라별로 선호도 차이가 있는데, 일본 시장에서는 무의 윗부분은 녹색이 나타나며 뿌리로 갈수록 백색인 청수계를 선호하지만 중국 시장은 전체적으로 백색이 나타나는 백수계를 선호하는 것으로 알려져 있다. 청수계 24 그룹과 백수계 42 그룹은 크기나 무게에 있어 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서 사용된 품종들은 그룹 내에서도 크기나 무게 차이가 크게 나타났다.

조직경도

각 그룹의 무 시료들은 수확 직후 1일 이내에 신선한 상태에서 절삭력(cutting force)을 측정하는 방법으로 조직경도를 비교하였다. GH 그룹의 절삭력은 최소 1.60 kg, 최대 2.83 kg으로 측정되었고 평균은 2.17 ± 0.34 kg이었다. WH 그룹은 최소 1.71 kg, 최대 3.29 kg으로 측정되었으며 평균은 2.31 ± 0.36 kg로 나타났다(Table 1). 무의 절삭력은 유전자원별 최대치와 최소치의 차이가 거의 두 배에 이르는 것으로 나타났다. 그룹에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 본 연구에서는 무의 부위를 상, 중, 하로 나눠 절삭력을 측정하였는데 부위에 따른 유의적 차가 크게 나타나지 않았다(관련결과 미포함). 그러나 대체적으로는 지상부가 지하부에 비해 높은 강도를 나타냈으며 중앙부위는 그 중간정도인 것으로 측정되었다. 무와 같은 뿌리채소의 조직경도는 시료의 크기(가로, 세로, 두께)가 크게 영향을 미치므로, 경도를 표현할 때 시료의 단면적에 대한 값으로 표시할 경우 조직경도 비교가 용이할 수 있다. 그러나 기존 연구에서 정확히 단면에 대한 경도로서 표기된 값들이 전무하여 본 연구 결과($1 \times 1 \times 5$ cm³ 크기로 시료를 준비하여 실험)를 직접 비교하는 것은 불가능 하였다.

전분과 셀룰로스의 함량

전분 함량은 GH 그룹에서는 건물 100 g당 최소 3.05 g, 최대 4.42 g으로 측정되었고 평균은 3.75 ± 0.39 g이었다. WH 그룹은 건물 100 g당 최소 3.26 g, 최대 5.79 g으로 측정되었고 평균은 4.24 ± 0.62 g으로 GH 그룹에 비해 대체로 높게 측정되었으나 통계적으로 유의미한 결과는 아닌 것으로 나타났다(Table 2). 셀룰로스 함량은 GH 그룹의 경우 건물 100 g당 최소 9.55 g, 최대 15.80 g으로 측정되었고 평균은 12.32 ± 1.88 g 이었다. WH 그룹은 건물 100 g당 평균 12.42 ± 3.52 g으로 측정되었는데 GH 그룹과 별다른 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 셀룰로스는 세포벽 구성성분으로서 무의 조직경도에 영향을 미치는 주요인자로 알려져 있다(Marfil et al., 2012). 기존 연구들에서 무에서 셀룰로스의 함량을 측정한 결과가 많지는 않으나 인도에서 주로 재배되는 품종에서 셀룰로스를 주성분으로 하는 비수용성 섬유질이 건물 100 g 당 22 g 가량 존재하는 것으로 보고된 바 있는데, 이는 양배추(31 g)나 시금치(44 g)에 비하여 비교적 적었다(Khanum et al., 2000). 하지만 본 연구의 결과는 셀룰로스만을 효소분해 하여 측정했기 때문에 직접적인 비교가 어려운 것으로 생각된다.

Table 1. Texture analysis (cutting force) of green head (GH) and white head (WH) radish cultivars.

Sample	Cutting force (kg)	Sample	Cutting force (kg)
GH 1	2.65 ± 0.51	WH 1	2.38 ± 0.23
GH 2	2.40 ± 0.28	WH 2	2.40 ± 0.28
GH 3	1.76 ± 0.21	WH 3	2.42 ± 0.34
GH 4	2.04 ± 0.25	WH 4	2.61 ± 0.23
GH 5	2.83 ± 0.31	WH 5	2.44 ± 0.28
GH 6	2.51 ± 0.28	WH 6	2.18 ± 0.24
GH 7	1.97 ± 0.35	WH 7	1.87 ± 0.29
GH 8	2.31 ± 0.53	WH 8	2.08 ± 0.27
GH 9	2.71 ± 0.30	WH 9	2.26 ± 0.47
GH 10	2.20 ± 0.56	WH 10	2.03 ± 0.50
GH 11	2.02 ± 0.44	WH 11	1.71 ± 0.24
GH 12	2.58 ± 0.40	WH 12	2.17 ± 0.32
GH 13	1.99 ± 0.19	WH 13	1.84 ± 0.22
GH 14	1.83 ± 0.17	WH 14	2.33 ± 0.49
GH 15	1.60 ± 0.16	WH 15	2.01 ± 0.32
GH 16	1.96 ± 0.43	WH 16	1.78 ± 0.37
GH 17	2.50 ± 0.69	WH 17	1.88 ± 0.34
GH 18	2.10 ± 0.21	WH 18	2.11 ± 0.29
GH 19	2.01 ± 0.22	WH 19	2.22 ± 0.30
GH 20	2.07 ± 0.22	WH 20	2.56 ± 0.22
GH 21	1.70 ± 0.21	WH 21	2.66 ± 0.42
GH 22	1.78 ± 0.24	WH 22	3.04 ± 0.38
GH 23	2.06 ± 0.42	WH 23	3.29 ± 0.50
GH 24	2.50 ± 0.28	WH 24	2.54 ± 0.41
mean ± s.d. ^z	2.17 ± 0.34	WH 25	2.66 ± 0.27
		WH 26	1.92 ± 0.30
		WH 27	2.09 ± 0.35
		WH 28	2.70 ± 0.26
		WH 29	2.34 ± 0.41
		WH 30	2.24 ± 0.40
		WH 31	1.87 ± 0.35
		WH 32	2.17 ± 0.49
		WH 33	1.79 ± 0.40
		WH 34	2.50 ± 0.32
		WH 35	2.14 ± 0.33
		WH 36	2.68 ± 0.53
		WH 37	2.37 ± 0.38
		WH 38	2.53 ± 0.25
		WH 39	2.80 ± 0.31
		WH 40	2.88 ± 0.46
		WH 41	2.27 ± 0.63
		WH 42	2.28 ± 0.24
		mean ± s.d. ^z	2.31 ± 0.36

^zNo statistical difference was detected between the two groups.

Table 2. Starch content in green head (GH) and white head (WH) radish cultivars.

Sample	Starch (g / 100 g)	Sample	Starch (g / 100 g)
GH 1	3.35 ± 0.21	WH 1	4.74 ± 0.49
GH 2	3.48 ± 0.13	WH 2	4.81 ± 0.33
GH 3	3.98 ± 0.16	WH 3	5.35 ± 0.48
GH 4	3.05 ± 0.31	WH 4	5.23 ± 0.14
GH 5	3.07 ± 0.54	WH 5	5.79 ± 0.62
GH 6	3.83 ± 0.34	WH 6	4.63 ± 0.43
GH 7	3.58 ± 0.13	WH 7	4.42 ± 0.04
GH 8	4.42 ± 1.44	WH 8	4.76 ± 0.30
GH 9	3.29 ± 0.91	WH 9	4.97 ± 0.31
GH 10	3.57 ± 0.37	WH 10	5.02 ± 0.62
GH 11	3.76 ± 0.12	WH 11	4.92 ± 0.01
GH 12	3.52 ± 0.45	WH 12	4.81 ± 0.11
GH 13	4.07 ± 0.41	WH 13	3.63 ± 0.27
GH 14	3.94 ± 0.59	WH 14	4.10 ± 1.54
GH 15	3.52 ± 0.72	WH 15	3.83 ± 0.02
GH 16	4.29 ± 0.00	WH 16	3.39 ± 0.36
GH 17	4.22 ± 0.47	WH 17	3.29 ± 0.05
GH 18	3.52 ± 0.40	WH 18	3.26 ± 0.30
GH 19	4.33 ± 0.05	WH 19	3.33 ± 0.08
GH 20	4.28 ± 0.06	WH 20	3.60 ± 0.16
GH 21	3.74 ± 0.37	WH 21	4.82 ± 0.19
GH 22	3.89 ± 0.42	WH 22	4.10 ± 0.82
GH 23	3.49 ± 1.01	WH 23	4.03 ± 0.25
GH 24	3.75 ± 0.16	WH 24	3.87 ± 0.12
mean ± s.d. ^z	3.75 ± 0.39	WH 25	4.01 ± 0.08
		WH 26	4.11 ± 0.30
		WH 27	4.30 ± 0.11
		WH 28	4.24 ± 0.22
		WH 29	3.91 ± 0.06
		WH 30	4.96 ± 0.17
		WH 31	3.84 ± 0.42
		WH 32	4.77 ± 1.52
		WH 33	4.29 ± 0.75
		WH 34	3.94 ± 0.30
		WH 35	3.83 ± 0.05
		WH 36	4.09 ± 0.41
		WH 37	3.75 ± 0.18
		WH 38	3.41 ± 0.62
		WH 39	3.58 ± 0.70
		WH 40	4.10 ± 0.06
		WH 41	4.54 ± 0.93
		WH 42	3.62 ± 0.08
		mean ± s.d. ^z	4.24 ± 0.62

^zNo statistical difference was detected between the two groups.

Table 3. Cellulose content in green head (GH) and white head (WH) radish cultivars.

Sample	Cellulose (g / 100 g)	Sample	Cellulose (g / 100 g)
GH 1	11.75 ± 0.18	WH 1	14.43 ± 0.91
GH 2	13.27 ± 1.33	WH 2	13.67 ± 2.47
GH 3	9.55 ± 0.59	WH 3	13.60 ± 0.45
GH 4	11.66 ± 2.97	WH 4	13.07 ± 0.72
GH 5	15.80 ± 1.57	WH 5	15.27 ± 0.88
GH 6	11.93 ± 1.68	WH 6	13.87 ± 0.45
GH 7	11.54 ± 3.24	WH 7	4.44 ± 2.79
GH 8	14.03 ± 1.35	WH 8	18.24 ± 0.72
GH 9	9.83 ± 1.35	WH 9	12.53 ± 1.86
GH 10	10.33 ± 1.57	WH 10	16.13 ± 1.33
GH 11	15.80 ± 3.56	WH 11	11.12 ± 0.75
GH 12	15.66 ± 1.86	WH 12	14.12 ± 2.60
GH 13	14.50 ± 5.12	WH 13	11.33 ± 1.89
GH 14	10.96 ± 5.12	WH 14	12.51 ± 3.98
GH 15	9.98 ± 1.43	WH 15	11.74 ± 0.16
GH 16	9.76 ± 0.30	WH 16	16.13 ± 3.99
GH 17	12.92 ± 0.58	WH 17	19.30 ± 0.05
GH 18	13.04 ± 4.60	WH 18	14.00 ± 3.03
GH 19	11.31 ± 1.96	WH 19	23.16 ± 3.48
GH 20	12.73 ± 2.45	WH 20	13.76 ± 1.80
GH 21	11.89 ± 1.78	WH 21	16.73 ± 1.22
GH 22	12.59 ± 2.00	WH 22	13.92 ± 2.15
GH 23	13.27 ± 4.44	WH 23	12.39 ± 1.84
GH 24	11.58 ± 2.76	WH 24	13.23 ± 0.98
mean ± s.d. ^z	12.32 ± 1.88	WH 25	12.98 ± 0.11
		WH 26	13.21 ± 3.50
		WH 27	9.97 ± 1.32
		WH 28	10.53 ± 1.30
		WH 29	10.80 ± 3.48
		WH 30	6.04 ± 0.05
		WH 31	8.67 ± 2.90
		WH 32	11.40 ± 0.90
		WH 33	6.14 ± 3.37
		WH 34	7.93 ± 0.87
		WH 35	11.51 ± 3.18
		WH 36	11.83 ± 0.58
		WH 37	10.58 ± 3.37
		WH 38	10.67 ± 0.38
		WH 39	9.76 ± 3.26
		WH 40	12.90 ± 2.92
		WH 41	10.78 ± 2.84
		WH 42	7.36 ± 3.21
		mean ± s.d. ^z	12.42 ± 3.52

^zNo statistical difference was detected between the two groups.

성분함량과 절삭력의 상관관계

전분의 함량이 높을수록 조직경도가 더 단단하고 정비례 관계를 보인다는 연구가 보고되었고, 셀룰로스는 세포벽의 주성분으로 세포조직을 이루고 조직경도와 정비례 관계를 나타낸다고 보고된 바 있어(Marfil et al., 2012) GH 그룹과 WH 그룹의 조직경도와 전분, 조직경도와 셀룰로스(Fig. 1, 2) 전분과 셀룰로스의(Fig. 3) 상관관계를 비교해 보았다. 기존의 연구에서는 전분과 조직경도가 정비례 관계를 보인다고 하였으나, 본 실험에서는 SPSS 프로그램으로 분석해본 결과 $P > 0.05$ 으로 통계학적으로 유의하지 않았다. 조직감과 셀룰로스의 피어슨 상관계수(Table 4)는 GH 그룹이 0.06, WH 그룹이 0.346으로 나타났다. 조직감과 전분의 피어슨 상관계수는 GH 그룹이 0.23, WH 그룹이 -0.326이었다. 피어슨 상관계수가 1에 근접할수록 정비례관계이고, -1에 근접할수록 반비례관계이며 0에 근접할수록 상관관계가 없음을 나타내는데, WH 그룹이 낮은 수준의 상관관계가 있지만 상관계수가 0에 근접하기에 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않고, 나머지 요소도 0에 근접함으로 상관관계가 나타나지 않았다. GH 그룹과 WH 그룹간에 전분과 셀룰로스 함량의 상관관계도 비교해 보았으나 별다른 상관관계가 나타나지 않았다. 본 연구에서는 육안으로 지상부의 색깔에 따라 GH 그룹, WH 그룹으로 선별하였는데, 시료 마다 길이와 굵기가 달랐으며 유전자원별 전분과 셀룰로스 함량차이가 크게 나타났다.

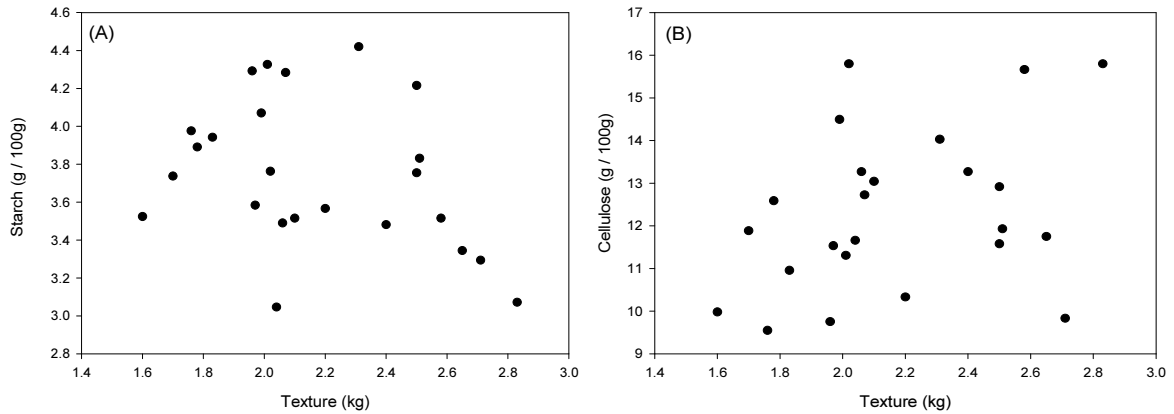


Fig. 1. Relationship between texture and starch (A) or cellulose (B) contents in green head radish cultivars.

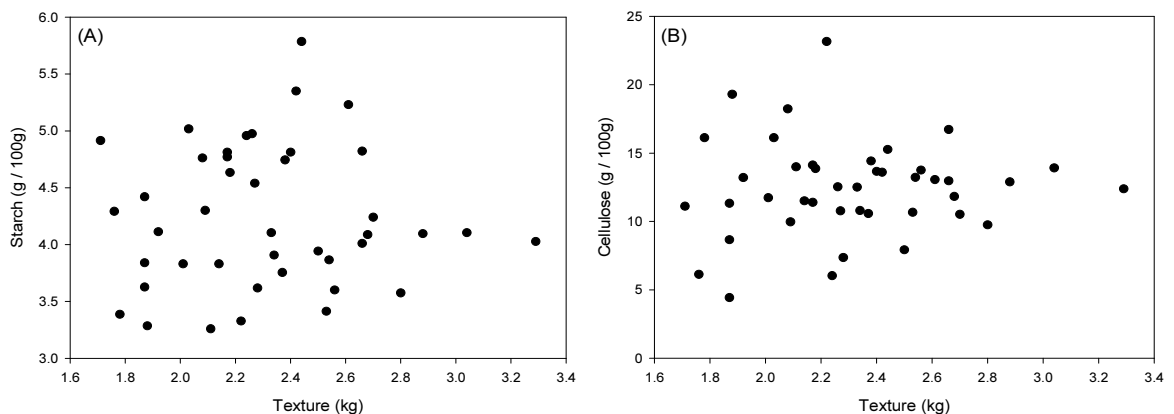


Fig. 2. Relationship between texture and starch (A) or cellulose (B) contents in white head radish cultivars.

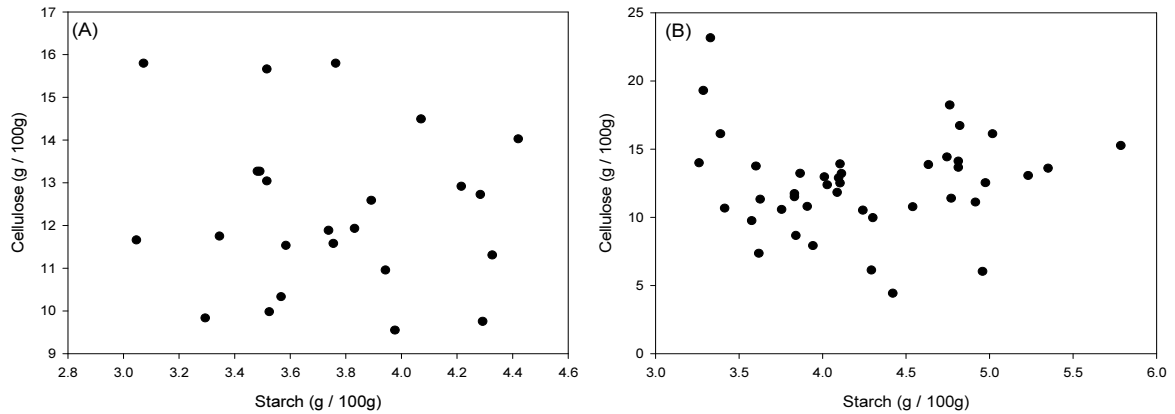


Fig. 3. Relationship between starch and cellulose contents in green head (A) and white head (B) radish cultivars.

Table 4. Pearson correlation coefficient of cutting force, cellulose, and starch contents in green head (GH) and white (WH) radish cultivars.

		WH radish		
		Cutting force	Cellulose	Starch
GH radish	Cutting force	1	0.06	0.23
	Cellulose	0.346	1	-0.11
	Starch	-0.326	-0.085	1

Conclusion

무의 지상부분이 녹색인 청수계(GH) 무는 일본 시장에서 선호되고, 지상부분이 백색인 백수계(WH) 무는 중국 시장에서 선호하는 것으로 알려져 있어 무 시료를 선별하여 조직경도, 전분 함량, 셀룰로스 함량을 측정하고 상관관계를 분석하였다. GH 그룹은 절삭력 1.60-2.83 kg을 나타내었고 WH 그룹의 절삭력은 1.71-3.29 kg 이었다. GH 품종의 전분함량과 셀룰로스 함량은 건물 100 g당 전분이 3.05-4.42 g, 셀룰로스가 9.55-15.80 g이고, WH 그룹의 전분함량과 셀룰로스 함량은 건물 100 g당 전분이 3.26-5.79 g, 셀룰로스가 4.44-23.16 g 이었다. 절삭력, 전분 함량, 셀룰로스 함량 등에 있어 그룹간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 무의 외형적 특성 중 지상부의 색깔은 본 연구에서 분석한 이화학적 특성과 상관관계가 없는 것으로 사료된다. 무의 조직감과 전분, 조직감과 셀룰로스, 전분과 셀룰로스의 상관관계를 비교해 보았으나 대체로 뚜렷한 상관관계가 나타나지 않았다. 앞으로 전분이나 셀룰로스 함량이 여타의 무 이화학적 품질 요소와 어떤 상관관계를 나타내는지에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Acknowledgements

본 연구는 충남대학교 학술연구비에 의하여 지원받았음.

References

- Choi SH, Ryu DK, Park SY, Ahn KG, Lim YP, An GH. 2010. Composition analysis between kohlrabi (*Brassica oleracea* var. *gongyloides*) and radish (*Raphanus sativus*). Korean Journal of Horticultural Science and Technology 28:469-475. [in Korean]
- Hara M, Ito F, Asai T, Kuboi T. 2009. Variation in amylase activities in radish (*Raphanus sativus*) cultivars. Plant Foods Human

Nutrition 64:188-192.

- Kenichi T, Kazuhiro N, Shintaroh O, Hiroshi Y, Wang J, Sasaki Y. 2014. Development of nondestructive technique for detecting internal defects in Japanese radishes. *Journal of Food Engineering* 126:43-47.
- Khanum F, Swamy MS, Krishna KRS, Santhanam K, Viswanathan KR. 2000. Dietary fiber content of commonly fresh and cooked vegetables consumed in India. *Plant Foods for Human Nutrition* 55:207-218.
- Kim H, Kim JH, Auh JH, Kim JK. 2009. Measurement of starch index in radish roots and its application to evaluate inheritance of tissue firmness. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology* 27:631-635. [in Korean]
- Lee WY, Cha WS, Oh SL, Cho YJ, Lee HY, Lee BS, Park JS, Park JH. 2006. Quality characteristics of dried radish (*Raphanus sativus*) by drying methods. *Korean Journal of Food Preservation* 13:37-42. [in Korean]
- Marfil PH, Anhê AC, and Telis VR. 2012. Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. *Food Biophysics* 7:236-243.
- Rhee HS. 1995. The measurement methods of the textural characteristics of fermented vegetables. *Korean Journal of Food and Cookery Science* 11:83-91. [in Korean]
- Ryu SS. 1996. Studies on traditional Buddhist temple food 1. kimchi in Buddhist temple. *The Korean Journal of Food and Nutrition* 9:516-520. [in Korean]
- Sila DN, Smout C, Vu ST, Loey A, Hendrickx M. 2005. Influence of pretreatment conditions on the texture and cell wall components of carrots during thermal processing. *Journal of Food Science* 70:E85-E91.