

당 침지액 농도에 따른 건조 둥근 마의 품질 특성 및 항산화 효과

조혜민 · 김희영 · 허유정 · 송다혜* · 김경지 · 김인수** · 윤진아*** · 정강현* · †안정희

건국대학교 식품생명과학부, *서울과학기술대학교 식품공학과,
건국대학교 생명공학과, *케이씨대학교 식품과학부

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of *Dioscorea bulbifera*, under Various Oligosaccharide Pre-Soaking Condition

Hye Min Jo, Hee Young Kim, Yoo Jeong Heo, Da Hye Song*, Gyeong-Ji Kim, In-Su Kim**,
Jin-A Yoon***, Kang-Hyun Chung* and †Jeong Hee An

Division of Food Bioscience, Konkuk University, Chungju 27478, Republic of Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University of Science & Technology, Seoul 01811, Republic of Korea

**Dept. of Biotechnology, Konkuk University, Chungju 27478, Republic of Korea

***Division of Food Science, KC University, Seoul 07661, Republic of Korea

Abstract

This study was investigated the quality characteristics and antioxidant of dried *Dioscorea bulbifera* with various pre-soaking concentrations of oligosaccharide. *Dioscorea bulbifera* are prepared by additions of 0, 4, 6, 8 and 10% oligosaccharide solution, and dried at 50°C. The effects of pre-soaking percent of *Dioscorea bulbifera* slices were evaluated by the moisture, soluble solid, pH, titratable acidity, color, browning degree, texture, antioxidant activities and sensory test. According to the percent of pre-soaking oligosaccharide solution was increased, the moisture was increased but soluble solids and titratable acidity were decreased. With respect to the result of colors, *Dioscorea bulbifera* slices that underwent the 10% pre-soaked process (85.86%) were lighter than control (73.88%). However, the redness and yellowness scores were the lowest than control. The springiness and cohesiveness of texture showed no significant differences among all groups. Gumminess and chewiness of texture results were increased according to per-soaking concentration increase. Also the polyphenol, flavonoid and DPPH (α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) and ABTS [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] radical scavenging activities were significantly increased with increasing immersion concentration. The *Dioscorea bulbifera* slices supplemented with 6% pre-soaking oligosaccharide solution treatment showed the highest total sensory score. The results of our study indicated that when pre-soaking oligosaccharide solution is used to immerse the *Dioscorea bulbifera* slice, it has browning inhibition and antioxidant effect.

Keywords: *Dioscorea bulbifera*, quality characteristics, antioxidant, oligosaccharides

서론

마는 마과(Dioscoreaceae) 마속 (*Dioscorea* spp.) 의 덩굴성 다년생 단자엽 초본으로, 일반적으로 가식부의 뿌리가 둥근 형태이며, 내부는 유백색 혹은 황갈색을 띠고 끈끈한 점질 다

당류를 다량 함유하고 있다(Shin SR 2004; Park & Cho 2006; Choi WS 2012). 마는 세계적으로 10속 650여종이 주로 열대 및 아열대 지역에 널리 분포하며, 그 중 50여종이 식용으로 이용되고 있다(Shin SR 2004; Bock & Cho 2006; Choi WS 2012). 우리나라에서 재배되고 있는 식용 마는 뿌리모양에 따

† Corresponding author: Jeung Hee An, Division of Food Bioscience, Konkuk University, Chungju 27478, Korea. Tel: +82-43-840-3584; Fax: +82-43-840-3585, E-mail: anjhee@kku.ac.kr

라 긴 마, 짧은 마, 등근 마 등으로 분류되고 있다(Jeong & Kwon 2011; Choi WS 2012). 마에는 점질 성분인 glycoprotein의 일종인 mucin이 있어 점성이 높으며, mucin은 면역기능 강화와 뇌기능 활성화 및 신경통 완화 등에 효과가 있다고 알려져 있다(Choi WS 2012). 또한, 콜레스테롤 저하 효과, 항당뇨혈당 강화, 지질분해효소 저해 활성, 항돌연변이 활성 및 항비만 및 배변 증대 활성, 우수한 항산화 및 항 트롬빈 활성 등이 보고되어 있다(Kwon 등 2010; Kang 등 2015). 특히 등근 마의 경우, 항산화능과 항균력은 우수한 DPPH radical 소거능을 보이며, 부채마는 *S. aureus*, *B. subtilis*, *S. typhimurium* 및 *P. vulgaris*에 대해 항균력을 가졌다고 보고되었다(Kwon 등 2010). 이처럼 마의 품종별 이화학적 성분과 항산화에 대한 연구(Kim 등 2015)와 동결건조와 열풍건조를 이용한 마의 성분과 물리적 변화에 대한 연구(Kwon 등 1998)처럼 건조 방법을 이용한 물리적 변화와 성분 특성에 대한 연구는 많지만, 당 침지하여 마의 갈변을 억제, 개선에 관한 연구는 매우 미비한 실정이다. 특히, 등근 마의 경우, 등근 마를 첨가하여 소시지 가공, 면 등 식품에 첨가한 연구(Jang 등 2009; Pak 등 2012)가 많고, 당 침지를 통한 갈변 억제 및 개선에 대한 연구는 없다.

본 연구에서는 간식으로 손쉽게 섭취할 수 있는 건조과일의 제조에 등근 마를 이용하여 당 침지 후의 품질 특성 및 관능 평가를 실시하여 등근 마의 활용성 증대와 함께 당 침지를 하여 등근 마의 갈변 억제 및 항산화 활성에 대한 연구를 하고자 한다. 더 나아가, 당 침지한 등근 마의 제품화 가능성을 살펴보고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 등근 마는 2017년 6월에 수확된 경기도 양평에서 구매한 것을 실험용 재료로 사용하였고, 당액은 프락토 올리고당(50% 이상) 백설탕(CJ Cheiljedang, Inchun, Korea)를 사용하였다.

2. 등근 건조마의 제조

먼저, 구입한 마를 흐르는 물에 잘 수세하여 흙과 이물질을 제거한 후, 껍질을 제거하여 가로·세로 2 cm, 두께 1 cm로 세절하였다. 이를 4분 동안 블렌칭한 후, 상온에서 30분 동안 100 mL의 4, 6, 8, 10%에 당 침지 처리하고 열풍건조기(Ecopspin 314, PS1E1AF01, Bio-tron Inc., Gyeong-gi, Korea)에 50°C, 5 h 건조시켰다. 대조군의 경우, 당 침지하지 않고, 열풍건조를 시켰다.

3. 수분함량, 가용성 고형분, pH 및 적정 산도 측정

당 침지액 농도를 달리한 마의 수분함량은 건조한 마 2 g을 수분측정기(MB45 OHAUS, USA)를 이용하여 180°C에서 측정하였다. 가용성 고형분의 측정은 증류수 20 mL에 시료 2 g을 다져서 conical tube에 넣은 후, VORTEX(si-0236, Scientific Industries, Inc., USA)로 고르게 분포하여 당도계(RHB-32ATC, Lumen Optical Instrument, China)를 사용하여 측정하였다. pH 측정은 pH meter(HI 8014, Hanna Instruments, Keysborough, Australia)로 총 3회 측정하였다. 적정 산도는 시료 5 g을 취해 50 mL의 증류수를 가한 후, homogenizer(Nissei AM-12, Nohonseiki Kaisha Ltd., Osaka, Japan)로, 10,000 rpm에서 10 min 마쇄하여 20°C에서 3 h 방치한 다음 여과하여 0.01 N NaOH로 적정하여 페놀프탈레인으로 종말점을 확인한 후 소비된 양을 citric acid로 환산하였다(Kim & Youn 2012).

4. 색도 및 갈변도 측정

색도측정은 색차계(CR-400 Konica Minolta, USA)를 이용하여 측정하였다. 먼저 표준색 판을 이용해 기기의 측정경을 보정하였고, 시료를 원형 Cell에 넣어 결과값 L(명도, Lightness), a(적색도, Redness), b(황색도, Yellowness) 값으로 나타내었다. 표준 백색판(standard plate)의 L값은 93.4, a값은 0.3134, b값은 0.3197이다. 갈변도는 농도 별로 당 침지한 등근 마 2 g에 증류수 40 mL를 가하고, 10% trichloroacetic acid 10 mL를 가한 다음 상온에서 2 h 방치한 후 여과하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim & Youn 2012).

5. Texture 측정

Texture 측정은 건조마를 동일한 크기(2×2×1 cm)로 잘라 texture analyzer(TAXT plus/50 stablemicrosystems, UK)를 사용하여 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 부착성(adhesiveness)를 측정하였다. 이때 모든 측정 조건은 pre-test speed 3.0 mm/s, post-test speed 3.0 mm/s, distance 10 mm의 조건으로 직경 5 mm의 cylindrical probe를 사용하여 3회 반복 측정하였다(Shin 등 2015).

6. 관능검사

당액 농도별로 침지시킨 후 열풍건조시킨 등근 마 조각을 항목 개수만큼 제공하였고, 단맛(Sweetness), 목 넘김(Texture), 색(Color), 외양(Appearance), 향(flavor), 전반적 기호도(Overall acceptability)의 항목으로 7점 척도법(7: 매우 좋음/강함, 1: 매우 안 좋음/약함)으로 서울과학기술대학교 학생 20 명을 선정하여 관능평가를 실시하였다. 각 시료는 흰색접시에 담아 제시하였으며, 전 시료가 다음 시료에 영향을 주지 않도록 각 시료 검사 전에는 반드시 입가심 물로 깨끗이 행군 다음 평가하도록 하였다.

7. 총 폴리페놀 함량 및 DPPH, ABTS 소거능 측정

농도 별로 당 침지한 등근 마의 항산화 활성을 측정을 하기 위한 시료의 추출물 제조는 100% methanol 용매를 추출 용매로 하여 실온에서 24 h 동안 추출한 후, Whatman No.2 (Whatmanplc., Kent, UK) 여과지로 여과하여 얻은 여액을 분석용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denies법 (Shin 등 2015)의 방법을 변형하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였고, 추출물 g당 mg gallic acid equivalent (GAE, dry basis)로 총 폴리페놀의 함량을 나타내었다.

DPPH에 대한 수소공여 효과로 측정하는 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 연구 방법을 변형하여 측정하였다. 0.2 mM DPPH 용액(Sigma-Aldrich Co.) 100 μ L와 대조군 100 μ L 그리고 실험군 샘플 100 μ L를 각각 분주하였다. 암소에서 30분간 반응 후 517nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능 결과 값은 추출물 첨가군과 무첨가군을 비교하여 백분율(%)로 나타내어, 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였다.

ABTS⁺라디칼 소거능은 Re 등(1999), Arano 등(2001)의 방법을 변형하여 사용하였다. 7 mM ABTS · + 용액에 2.45 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시킨 ABTS · + solution 800 μ L와 sample 200 μ L 그리고 대조군 200 μ L를 각각 혼합하여 암소에서 6분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 정하였다. 결과 값은 추출물 첨가군과 무첨가군을 비교하여 라디칼의 소거활성을 백분율(%)로 나타내었다.

8. 통계처리

본 연구에서 실험 값에 대한 통계분석은 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 분산분석(ANOVA)법을 실행하였으며, 실험군간의 유의성은 Duncan의 다중 범위 시험법(Duncan's multiple range test)으로 $p < 0.05$ 수준에서 유의적 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

Table 1. Moisture, soluble solids, pH, titratable acidity of *Discorea bulbifera* added oligosaccharides

Property	<i>Discorea bulbifera</i> with different percent of oligosaccharides (%)				
	Control	4	6	8	10
Moisture (%)	54.74±0.92 ^{1)2)a}	51.29±1.01 ^b	50.66±0.37 ^b	50.21±0.99 ^b	50.06±0.48 ^b
Soluble solids (°Brix)	1.47±0.06 ^c	1.63±0.06 ^b	1.67±0.12 ^b	1.93±0.06 ^a	1.97±0.12 ^a
pH	6.86±0.01 ^a	6.61±0.03 ^b	6.60±0.01 ^b	6.57±0.01 ^c	6.56±0.01 ^c
Titratable acidity (%)	0.78±0.01 ^a	1.15±0.02 ^b	1.24±0.01 ^b	1.21±0.01 ^c	1.88±0.02 ^c

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript in a rows are significant differences ($p < 0.05$).

1. 당 침지 후 건조 등근 마의 수분함량, 가용성 고형분, pH 및 적정산도 측정

당 농도에 따른 건조 등근 마의 수분 함량, 가용성 고형분, pH 및 적정 산도를 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수분함량의 변화는 각각 54.74, 51.29, 50.66, 50.21, 50.06%로 당농도가 증가할수록 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 당농도 간에는 유의적 차이는 보이지 않았으나, 대조군과 당농도 간에는 유의적 차이를 보였다. Falade 등(2007)의 연구에서는 수박을 sucrose 용액에 침지하여 건조하였을 때, 당 침지액의 농도와 온도가 높을수록 수분감소가 높은 것으로 나타났다. 또한, 당과 염으로 인한 삼투현상에 의하여 수분 제거의 양과 속도에 영향을 미치는 것으로 보고되었으며, 또한 일반적으로 삼투를 이용한 전처리 시 건조 동안 식품 내의 수분 증발을 촉진하여 침지 초기에 많은 양의 수분이 손실된다고 보고하였다(Rastogi 등 2002; So 등 2016). 따라서 당농도가 증가함으로써 삼투압 현상에 의하여 수분이 이탈되어, 당 농도 증가 및 수분이 감소가 되는 것으로 보여진다.

가용성 고형분의 경우, 대조군에서 1.47 °Brix로 측정되었으며, 4%에서는 1.63 °Brix로, 6%는 1.67 °Brix, 8%는 1.93 °Brix로, 그리고 10%는 1.97 °Brix로 증가하는 경향을 보였다. 당의 농도가 증가할수록 가용성 고형분의 값이 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). Yoon 등(1997)에서는 방울토마토 삼투 건조 중 침지액의 당농도에 의해 수분함량이 영향을 받아 농도가 저농도에 비해 고농도에서 삼투효과가 크기 때문에, 고형분 함량이 증가되었고, Khin 등(2007)은 삼투압 처리 시 수분 손실은 사과 내부의 고형분을 증가시킨다고 연구결과를 보고하였다(Table 1). 이러한 연구결과는 본 연구결과와 유사한 경향을 보여주었다.

pH는 대조군에서는 6.86, 4% 당 침지군에서는 6.61, 6% 당 침지군에서는 6.60, 8% 당 침지군에서는 6.57 마지막으로 10% 당 침지군에서는 6.56로 당 농도가 증가함에 따라 약간 감소하는 경향을 보였다(Table 1).

반면에 적정 산도는 대조군과 당농도별 간에 유의적인 증가를 보여주었으며, 당 농도가 증가할수록 적정 산도 값이 증

가하는 결과를 나타내었다(Table 1). 본 연구결과에서 pH는 삼투처리가 대조군에 비교하면 증가하는 결과를 나타내었다. 삼투압처리는 과일과 채소 등의 고상식품을 높은 삼투압의 당과 염 용액에 침지하여 농축하는 유용한 기술로서 이때 식품과 용액 사이에 삼투압 효과로 인하여 용질의 확산, 용액 속으로의 수분 이동, 식품으로부터 용질, 용출 등이 일어나게 된다(Lazarides HN 등 1995). 따라서 첨가량에 따라 삼투전처리 및 건조 후 pH가 저하됨을 확인할 수 있었다. 또한, 올리고당의 pH가 5~6으로 낮아 올리고당의 첨가비율이 4%(pH 6.5)에서 10%(pH 6.1)로 증가할수록 pH가 감소하는 경향을 미루어 보아, 올리고당의 첨가량에 따라 pH가 저하됨을 확인할 수 있었다. 따라서 올리고당의 첨가량과 삼투압으로 인해 둥근 마의 pH가 감소하는 결과를 보여주었다. Cho & Yoo (2016)는 천일염의 pH가 가장 높아 소금의 첨가비율이 증가할수록 가열 토마토분말의 pH가 증가하였고, 또한 소금의 첨가비율이 증가할수록 상대적으로 토마토의 함량이 낮아져 pH가 증가했다는 연구가 보고되었다. 적정산도의 경우, 당 침지액의 농도가 증가할수록 증가하는 것을 볼 수 있었다. Kim 등(1999)에서 건조에 따른 건조방울 토마토의 유기산 함량은 삼투처리한 경우가 무 처리 후 건조한 경우에 비해 citric acid를 제외한 모든 유기산의 함량이 높게 나타났다는 연구가 보고되었다. Dixon 등(1977)에서 삼투 전처리 후 식품 건조 시 수분 확산으로 pH가 낮아지고, 유기산이 당용액 속으로 확산되어 적정산도는 증가되어 pH와 적정 산도는 서로 반비례하는 경향을 나타낸다고 보고와는 달리 삼투처리 중 용액으로 유기산의 손실이 없다는 결과를 확인할 수 있었다.

2. 당 침지 후 건조한 둥근 마의 색도 및 갈변도 측정

과실이 타박, 절단 등 외적 요인과 가공, 저장 중 발생하는 갈변 현상은 효소적 갈변이 주원인으로, 과실과 껍질 및 폴리페놀 화합물 이외에 타이로시네이즈나 폴리페놀 옥시테이즈

에 의해 산화되어 갈색 착색물질을 형성하게 된다. 갈변 억제를 위한 방법으로는 기질의 불용성화, 기질의 메틸화, 봉산염에 의한 기질의 에스터화, 산소의 제거, 열처리 및 pH 조절 또는 소금의 염소이온에 의해 활성으로 갈변을 억제시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다(Kwon 등 2013).

L값은 명도, a값은 적색도, b값은 황색도를 나타내며, 농도별 당 침지에 따른 둥근 마의 색도 측정 결과는 Table 2와 같다. 일반적으로 식품의 색도 중 L값과 a값은 갈변도의 지표로 이용되며, L값의 감소와 a값의 증가는 갈변이 발생하였다는 것을 의미한다(Erenturk 등 2005). 둥근 마의 색도의 경우, L값은 당 농도가 증가할수록 증가하였으나, 10%에서 급격히 증가하는 경향을 보였다. 그리고 a값과 b값은 감소하는 경향을 나타내었다. 갈변도와 a값을 비교하였을 때 일정하게 감소하는 경향을 보여, 갈변도가 L값보다 a값과 더 상관성이 있는 것처럼 보였다. 또한, 갈변도의 경우 대조군과 당 처리군을 비교하였을 때 당농도가 증가할수록 유의적으로 값이 감소하는 경향을 보여주었다($p < 0.05$) (Table 2). Choi 등(1997)은 사과를 설탕용액을 이용하여 삼투 건조 시 열풍건조에 비해 갈변이 억제된다는 연구결과를 보고하였다. 또한, 사과의 염 침지는 건조 동안 일어날 수 있는 갈변 현상을 억제한다는 유사한 결과를 보고하였다(So 등 2016). Kang 등(2012)은 침지용액의 염농도가 증가할수록 건조 사과의 갈변 반응을 억제하는 효과가 있다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 적당한 당 침지 처리는 둥근 마의 갈변 반응을 억제하는 방법 중 하나라고 생각된다.

3. 건조한 둥근 마의 texture 측정

둥근 마의 당 침지 처리에 따른 건조 후의 TPA(texture profile analysis) 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 둥근 마의 경도는 대조군과 당액 농도별로 당 침지시킨 군들과 비교하였을 때, 대조군은 3.83 g, 4%에서는 4.46 g, 6% 4.67 g, 8% 5.94

Table 2. Color and browning degree value of *Discorea bulbifera* with different percent of oligosaccharides

Property	<i>Discorea bulbifera</i> with different percent of oligosaccharides (%)				
	Control	4	6	8	10
L (Lightness)	73.88±0.10 ^{1)2)a}	74.89±0.86 ^b	75.41±0.11 ^b	75.33±0.74 ^b	85.86±0.73 ^a
a (Redness)	-0.75±0.12 ^{bc}	-1.03±0.24 ^a	-1.94±0.20 ^{bc}	-2.12±0.30 ^c	-2.15±0.66 ^{ab}
b (Yellowness)	14.17±0.02 ^{ab}	13.78±1.29 ^{ab}	12.42±1.15 ^{ab}	10.70±1.14 ^b	9.84±0.62 ^b
Browning degree (O.D. 420 nm)	0.49±0.01 ^a	0.44±0.03 ^b	0.28±0.01 ^c	0.23±0.01 ^d	0.17±0.03 ^c

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript in a rows are significant differences ($p < 0.05$).

Table 3. Texture characteristics of *Discorea bulbifera* with different percent of oligosaccharides

Text characteristics	<i>Discorea bulbifera</i> with different percent of oligosaccharides (%)				
	Control	4	6	8	10
Hardness (g)	3.83±1.20 ^c	4.46±1.57 ^d	4.67±1.91 ^c	5.94±1.30 ^b	6.49±1.48 ^a
Springiness (mm)	1.08±0.01 ¹⁾	1.08±0.01	1.08±0.01	1.08±0.01	1.08±0.01
Cohesiveness (g/s)	1.06±0.02	1.12±0.30	1.12±0.09	1.06±0.14	1.00±0.08
Gumminess (g/s)	2,430.80±29.50 ^e	2,827.50±15.90 ^d	3,452.40±19.40 ^c	4,460.10±20.70 ^b	6,758.20±57.96 ^a
Chewiness (g)	2,627.80±31.97 ^e	3,038.90±16.79 ^d	3,747.30±18.94 ^c	4,842.40±25.40 ^b	5,747.00±15.77 ^a
Adhesiveness (gs)	-0.04±0.04	-0.06±0.05	-0.02±0.01	-0.05±0.04	-0.05±0.02

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript in a rows are significant differences ($p<0.05$).

g 그리고 10%에서는 6.49 g으로 당 농도가 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 탄력성(springiness)은 대조군(1.08 mm)과 농도별로 당 침지시킨 군들을 비교하였을 때, 유의적으로 차이가 없었다. 등근 마의 응집성(cohesiveness)에서 대조군(1.06 g/s)과 비교하였을 때 4%와 6%에서 1.12 g/s로 증가하였으나, 8%에서는 1.06 g/s, 10%는 1 g/s로 응집성이 감소하는 경향을 보였으나, 유의적 차이는 보이지 않았다. 검성(gumminess)은 4%에서 2,827.5 g/s에서부터 10%(6,758.2 g/s)까지 당이 첨가될수록 유의적으로 검성이 증가하였다($p<0.05$). 등근 마의 씹힘성(chewiness) 또한 대조군(2,627.8 g)에서 가장 낮았고, 당 침지군이 대조군과 비교했을 때 유의적으로 증가하였지만, 당 침지 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 부착성(adhesiveness)은 대조군과 당 침지 간에 유의적 차이를 보이지 않았다. 전체적으로 유의적 차이를 나타나지 않았다. 본 실험 결과, 등근 마를 농도 별로 당 침지가 검성, 씹힘성에 영향을 주는 것으로 보였다. 식품의 건조 중 발생하는 수축은 식품의 건조속도, 건조제품의 품질을 결정하는 중요한 역할을 하며, 특히, 건조에 의해 수분이 크게 감소할 때 식품을 구성하는 당의 무게를 지탱하지 못하기 때문에, 조직의 붕괴가 발생한다고 보고하였다(Kingsly 등 2007; Kang 등 2012). 또한, Kim 등(2011)에서는 삼투압 전처리와 열풍, 동결건조 방법을 거쳐 품질 특성을 알아본 결과, 삼투압 처리 중 시료의 수분손실, 중량감소 그리고 고형분 증가는 농도가 증가함에 따라 상승하는 경향을 보였다는 연구결과를 보고하였다. 본 연구에서는 일정 농도의 당 침지 과정을 통해 수분손실 그리고 고형분 증가로 등근 마의 경도, 검성과 씹힘성에 영향을 준다고 보여준다.

4. 관능검사

당 농도를 다르게 한 등근 마의 관능검사 결과를 7점 척도로 Fig. 1에 나타내었다. 등근 마의 색깔으로 개인에 따른 선

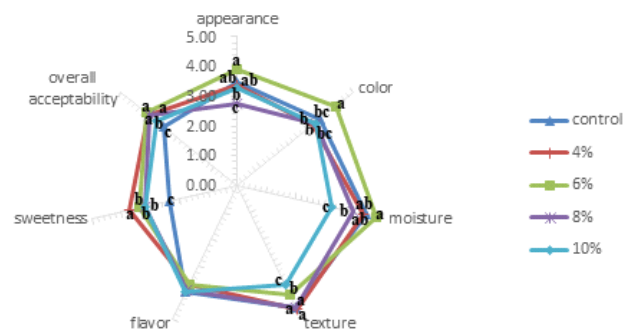


Fig. 1. Spider-web diagram of *Discorea bulbifera* with different level of oligosaccharides by sensory test.

호도에 차이가 있어서 등근 마를 당 침지하여 건조과일로 제조 시 관능검사에 미치는 영향을 파악하고자 등근 마의 외관, 색, 수분, 조직감, 향, 단맛, 전반적 기호도를 측정하였다. 외관은 6%가 가장 높게 평가되었고, 8%가 가장 낮게 평가되었다. 색은 6%에서 유의적으로 높게 평가되었다. 수분감 역시 6%가 가장 높게 평가되었고, 6%를 제외한 4, 8, 10%는 농도가 높을수록 낮게 평가되었다. 조직감과 단맛은 4%가 가장 높게 평가되었으며, 향은 대조군과 10%가 가장 높았다. 마지막으로 보는 바와 같이 전반적인 기호도 평가에서는 6%와 8%가 높게 평가되었다.

5. 당 침지 농도에 따른 등근 마의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 및 DPPH, ABTS 소거활성

폴리페놀성 물질은 다양한 분자량과 구조를 가지며, 항산화 효과 등과 같은 생리활성 기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Jeong 등 2013). 폴리페놀은 식품의 2차 대사산물로 phenolic hydroxyl 그룹 때문에 효소 및 기타 거대 분자 그리고 단백질과 결합하는 성질을 가지고 있어 항균, 항산화, 항알레르기 활성 및 항암 효과에 관여하는 것으로 알려져 있다(Jeong 등

Table 4. Total phenol and flavonoid contents of *Discorea bulbifera* with different percent of oligosaccharides

Property	<i>Discorea bulbifera</i> with different percent of oligosaccharides(%)				
	Control	4	6	8	10
Polyphenol (mg GAE/g)	1.37±0.3 ¹⁾	1.40±0.2	1.69±0.1	1.56±0.2	1.41±0.2
Flavonoid (mg RHE/g)	0.97±0.1 ^b	0.99±0.1 ^b	1.33±0.1 ^a	1.00±0.1 ^b	1.04±0.1 ^b

¹⁾ Each value in mean±S.D.

²⁾ Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript in a rows are significant differences ($p<0.05$).

2013). 당 침지 농도에 따른 polyphenol 및 flavonoid 함량 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. Polyphenol 결과, 대조군에 비해 당 침지한 군의 polyphenol 함량이 다소 높았으나, 유의적 차이는 없었다. Flavonoid 역시 polyphenol 결과와 비슷한 경향을 보였지만, 대조군과 6%의 당 침지군 간에 유의적으로 차이가 보였다. Zhou 등(2005)에서 식물에 존재하는 많은 phytochemical 중 페놀화합물은 이차 대사산물로, 함량이 높을수록 항산화 활성은 높다고 보고되었으며, 이는 등근 마에서 항산화 활성이 있다는 것을 나타낸다.

천연물의 라디칼 소거활성은 인체 내에서 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, 라디칼 소거 작용은 인체의 노화와 질병을 방지하는데 중요한 역할을 한다(Kim 등 2001). Phenol 성 화합물들의 hydroxyl group은 DPPH와 반응하기 쉬운 입체 구조를 갖는 것으로 알려져 있으며, DPPH Radical 소거능은 항산화 물질의 전자 공여능에 의하여 수소 혹은 전자를 받아 짙은 자색에서 노란색으로 변하는 정도에 따라 항산화능을 평가한다(Kim 등 2012). 그리고 DPPH radical 소거능 측정은 항산화 활성을 측정하는데 가장 널리 사용되는 방법이다(Jo 등 2014). 따라서 폴리페놀 및 플라보노이드 활성을 참고하여 DPPH radical 소거능을 확인하였다(Fig. 2). DPPH의 경우, 대조군에 비해 당 침지한 군의 소거 활성이 더 높게 증가되었

고, 대조군과 당 침지 간에는 유의적 차이가 있었다. 하지만 당 침지 간에서는 유의적 차이가 없었다(Fig. 2). 등근 마를 에탄올로 추출할 경우 물 추출물보다 더 높은 항산화 활성이 확인되었다는 연구결과가 보고되어 등근 마에서 항산화 기능이 있다는 것을 알 수 있었다(Choi WS 2012). Kim 등(2014)은 콩나물을 올리고당과 설탕으로 침지한 후 항산화 활성을 측정한 결과, 올리고당 첨가 비율이 높을수록 항산화능이 증가되는 것을 확인되었다는 연구결과와 본 실험 결과가 같은 경향을 보였다.

당 침지한 등근 마의 ABTS 라디칼 소거능을 평가한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. ABTS 라디칼 소거활성 또한 당 침지 하였을 때 항산화능이 있다는 것을 확인할 수 있었다. 항산화 ABTS radical 소거능은 당 침지 농도가 증가할수록 증가하였다. Kim 등(2015)의 보고에 따르면, 등근 마는 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능이 있지만, 다른 종류의 마보다 낮다고 보고되었다. Osawa T(1994)는 식물, 과실로부터 추출된 phenol류 화합물은 다양한 생리적 효능을 나타내고, 주로 산화, 환원력에 의한 효과로 보고한 바 있으며, phenol 화합물 함량이 높을수록 항산화능이 증가한다고 보고하였다. 그리고 콩나물을 올리고당 첨가비율에 따라 항산화능을 측정한 결과, 비율이 높을수록 항산화능이 증가했다는 연구결과를 보여주었다(Kim 등 2014). 따라서 등근 마의 항산화능 결과는 마 추출물에 함유된 phenol 화합물과 올리고당의 첨가로 항산화능이 상당히 많이 증가되었다고 보여진다.

요약 및 결론

등근 마를 당액의 농도별로 당 침지하여 품질 특성 및 이 화학적 특성을 측정하기 위하여 4, 6, 8, 10%의 올리고당을 첨가한 후 건조하였다. 당 침지하여 건조한 등근 마의 수분함량은 당 농도가 증가할수록 감소하였으며, 당도와 적정산도는 당 농도에 비례하여 증가하였다. 색도 측정결과, 명도는 대조군이 85.86%일 때, 10%일 때 73.88%로 당 침지 농도가 증가할수록 값이 증가하였지만, 적색도와 황색도는 당 침지 농도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였다. pH는 당액 농도가 증가할수록 올리고당의 영향을 받아 감소하는 경향

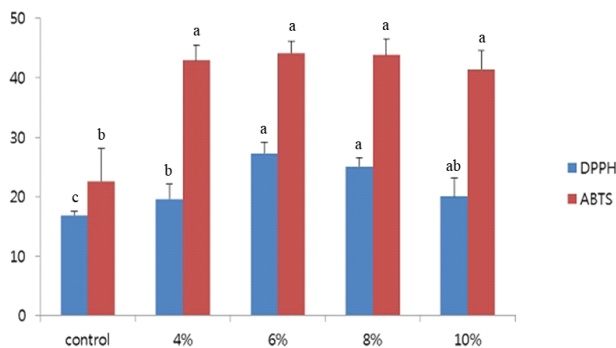


Fig. 2. DPPH and ABTS-radical scavenging activity of *Discorea bulbifera* with different percent of oligosaccharides. Values with different letters above the bars are significantly different $p<0.05$ by Duncan's multiple range tests. Each value is mean±S.D. (n=3).

을 보였으며, 적정 산도도 역시 증가하는 결과를 보여주었다. Texture를 측정된 결과, 검성과 씹힘성이 당의 첨가량이 증가할수록 값이 높아지는 경향을 보여주었다. 당 침지 과정을 통해 당 농도가 증가할수록 polyphenol과 flavonoid 함량이 높게 측정되었고, DPPH radical 소거능 측정과 ABTS radical 소거능 결과, 당 농도가 증가할수록 활성이 증가한 결과를 보여주었다. 따라서 당 농도가 증가할수록 항산화 활성이 증가한다는 것을 나타낸다. 마지막으로 관능검사는 외관, 색, 향, 조직감, 단맛, 수분감, 전반적인 기호도를 측정했으며, 그 결과, 전반적인 기호도가 6%가 가장 높은 검사 결과를 보여주었다. 따라서 본 연구에서는 당 침지액 농도가 증가할수록 항산화 활성은 증가하고, 갈변도가 억제되는 결과로 미루어 당침지가 둥근 마의 기능성에 좋은 영향을 주는 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2016년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0396062)과 교육부, 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 사회맞춤형 산학협력 선도대학(LINC+) 육성사업(G201710G00005)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Armao MB, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem* 73:239-244
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cho SH, Yoo SS. 2016. Quality characteristics of salted tomato powder. *Korean J Food Cool Sci* 32:211-221
- Choi HD, Lee HC, Kim YS, Choi IW, Park YK, Seog HM. 2008. Effect of osmotic dehydration and vacuum impregnation on the quality of dried apple. *Korean J Food Sci Thechol* 40:178-183
- Choi WS. 2012. Development of functional beverage using Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). *Food Industry and Nutrition* 17:20-22
- Dixon GM, Jen JJ. 1977. Changes of sugars and acids of osmo-vac-dried apple slices. *J Food Sci* 42:1126-1127
- Erenturk S, Gulaboglu MS, Gultekin S. 2005. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. *J Food Eng* 68:513-518
- Falade KO, Igbeka JC, Ayanwuyi FA. 2007. Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon. *J Food Eng* 80:979-985
- Jang SM. 2009. The quality and potential of DHEA formation after the addition of diosgenin of yam (*Dioscorea* spp.) during the fermentation of soybean paste. *Korean J Food & Nutr* 22:449-455
- Jeong EA, Kwon ST. 2011. Medium constituents for *in vitro* multiplication of Chinese Yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). *Korean J Plant Res* 24:208-213
- Jeong SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. 2013. Antioxidant activities of processed deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:924-932
- Jo HJ, Chung KH, Yoon JA, Song BC, An JH. 2014. Free radical-scavenging activities of amaranth (*Amaranthus* spp. L.) seed extracts. *Food Eng Prog* 18:116-123
- Kang MK, Kim JS, Kim GC, Choi SY, Kim KM. 2015. Evaluation of physicochemical properties and enhancement of antioxidant activities of *Dioscorea batatas* by stepwise steaming process. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:1049-1057
- Kang SW, Heo HJ, Yang HS, Kerr WL, Choi SG. 2012. Influence of brine soaking on quality characteristics of dried apples. *J Agric Life Sci* 46:147-155
- Khin MM, Zhou W, Yeo SY. 2007. Mass transfer in the osmotic dehydration of coated apple cubes by using maltodextrin as the coating material and their textural properties. *J Food Eng* 81:514-522
- Kim GC, Lee SY, Kim KM, Kim Y, Kim JS, Kim HR. 2011. Quality characteristics of hot-air and freeze-dried apples slices after osmotic dehydration. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:848-852
- Kim JW, Youn KS. 2012. Physicochemical properties and antioxidant activities in infrared dried peach processed by different pretreatment. *Korean J Food Preserv* 19:849-857
- Kim KH, Kim DM, Byun MW, Yun YS, Yook HS. 2013. Antioxidant activity of *Panax ginseng* flower-buds fermented with various microorganisms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:663-669
- Kim KM, Kang MK, Kim JS, Kim GC, Choi SY. 2015. Physicochemical composition and antioxidant activities of Korean *Dioscorea* species. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:880-886
- Kim KS, Yoon KY, Kang MJ, Shin SR. 1999. Development of

- dried cherry-tomatoes. *The Daesan Agriculture Foundation* 7:175-185
- Kim MK, Jung HJ, Sung HM, Wee JH, Kim TY, Kim KM. 2014. Study of the antioxidant and alcohol-degrading enzyme activities of soybean sprout sugar solutions. *Korean J Food Sci Technol* 46:581-587
- Kim SM Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- Kingsly ARP, Meena HR, Jain RK, Singh DB. 2007. Shrinkage of jujube (*Zizyphus mauritian* L.) fruits during sun drying. *J Food Eng* 79:6-10
- Kwon GM, Kim JW, Youn KS. 2015. Quality characteristics of semi-dried persimmons soaked in different concentration of sugar solution. *Korean J Food Preserv* 22:314-321
- Kwon GM, Kim JW, Youn KW. 2013. Effect of pretreatment and packaging methods on quality of cold vacuum dried peach. *Korean J Food Preserv* 20:317-322
- Kwon JB, Kim MS, Sohn HY. 2010. Evaluation of antimicrobial, antioxidant, and antithrombin activities of the rhizome of various *Dioscorea* species. *Korean J Food Preserv* 17:391-397
- Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi KU. 1998. Changes in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air drying of *Dioscorea batatas*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:908-913
- Lazarides HN, Katsanidis E, Nickolaidis A. 1995. Mass transfer during osmotic pre-concentration aiming at minimal solid uptake. *J Food Eng* 25:151-199
- Osawa, T. 1994. Novel natural antioxidant for utilization in food and biological system. In *Postharvest Biochemistry of Plant Food Material in the Tropics*. pp.241-251. Japan Scientific Societies Press
- Pak JI, Seo TS, Jang A. 2012. Effect of dried yam extracts on sausage quality during cold storage. *Korean J Food Sci An* 32:820-827
- Park BH, Cho HS. 2006. Quality characteristics of dried noodle made with *Discorea japonica* flour. *Korean J Food Cookery SCI* 22:173-180
- Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Niranjana K, Knorr D. 2002. Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends Food Sci Tech* 13:48-59
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Shin DS, Yoo YM, Kim HY, Han GJ. 2015. Determine the effects of drying temperature on the quality change and antioxidant activity characteristics of blueberry. *Korean J Food Preserv* 22:505-511
- Shin SR. 2004. Changes on the components of Yam snack by procession methods. *Korean J Food Preserv* 11:516-521
- So SA, Kim JW, Kim AN, Park CY, Lee Ky, Rahman MS, Choi SG. 2016. Effect of pre-soaking in salt and sugar solutions before air drying on quality characteristics of dried apples. *Korean J Food Nutr* 29:808-817
- Son SM. 2007. Natural antibrowning treatments on fresh-cut apple slices. *Kor Soc Food Cookery Sci* 8:151-155
- Yoon KY, Youn KS, Lee KH, Shin SR, Kim KS. 1997. Changes of quality in the osmotic dehydration of cherry-tomatoes and optimization for process. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:866-871
- Zhou ZH, Zhang YJ, Xu M, Yang CR. 2005. Puerins A and B, two new 8-C substituted flavan-3-ols from Pu-er tea. *J Agric Food Chem* 53:8614-8617

Received 21 July, 2017

Revised 31 August, 2017

Accepted 20 September, 2017