

Quality characteristics of fresh-cut *Dioscorea bulbifera* treated under various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage

Bong Jae Seong, Sun Ick Kim, Moo Geun Jee, Soo Dong Kim, A Reum Kwon,
Hyun Ho Kim, Ka Soon Lee*

Ginseng and Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan 32723, Korea

블랜칭 처리에 의한 신선편이 둥근마의 저장 중 품질 특성

성봉재 · 김선익 · 지무근 · 김수동 · 권아름 · 김현호 · 이가순*

충남농업기술원 인삼약초연구소

Abstract

This study was carried out to investigate shelf-life and quality of fresh-cut *Dungkunma* (*Dioscorea bulbifera*) in order to elevate utilization of *Dungkunma* a fresh food. Before vacuum-packaging (in polyethylene/polypropylene film (100 μ m, 15 \times 20 cm, 75 \pm 2 cmHg) and storing at 2 $^{\circ}$ C, *Dungkunma* was peeled out and cut to dice type (2.0 \pm 0.5 cm³), and then washed and blanched using hot water (at 90 \pm 2 $^{\circ}$ C with 2% NaCl solution for 30 sec). Blanched *Dungkunma* was pre-dried at room temperature, 40 $^{\circ}$ C and 50 $^{\circ}$ C for removing surface water. Each peeled dice *Dungkunma* was packed 50 g in polyethylene/polypropylene film (100 μ m, 15 \times 20 cm) with vacuum treatment (75 \pm 2 cmHg) and stored at 2 $^{\circ}$ C for 90 days. Hardness and adhesiveness of *Dungkunma* blanched by 2% NaCl and pre-dried at 50 $^{\circ}$ C (SB50) were the highest, but changes were the least during storage. Lightness and yellowness of stored *Dungkunma* in all treatments decreased slightly while redness increased during storage. Changes of color of SB50 was the least. Total concentration of aerobic bacteria in SB50 was 1.88 \pm 0.18 log CFU/g during 90 days and *E. coli* was detected in all treatments during whole storage periods. Dioscin and allantoin contents of SB50 were virtually unchanged during the storage. Consequently, the results of this study suggest that vacuum packaged *Dungkunma* after blanching using 2% NaCl solution could be effective to prolong the quality of fresh-cut *Dungkunma*.

Key words : *Dungkunma* (*Dioscorea bulbifera*), vacuum packing, blanching, dioscin, allantoin

서 론

마(*Dioscorea* spp.)는 백합목 마과의 덩굴성 다년생 단자엽 초본으로 그 지상부는 덩굴이며 지하부 뿌리는 약용 및 식용으로 사용되며 덩이뿌리의 모양, 잎의 모양 및 원산지에 따라 장마, 단마, 둥근마, 둥근대마, 부채마, 단풍마 및 도꼬로마 등으로 다양하게 분류된다(1-3). 일반적으로 마는 항산화(2,4) 및 항혈전 활성(2), 장관의 염증성 질환(5),

소염(6), 항염활성(7), 혈당강하(8), 고혈당에 의한 항비만효과(9,10), 항암효과(11,12), 항골다공증 효과(13) 등의 기능이 우수하다고 보고되었다. 이에 마는 건강기능식품소재로 산업적으로 이용가치가 높다고 하였으며(1,14), 건조방법과 제분방법에 따른 마의 가공적성 연구(15), 건강기능성 음료(16), 스낵(17), 샐러드 드레싱(18) 등 각종 가공식품을 개발한 보고들이 있다.

마 품종 중 둥근마는 괴경이 형성되는 부위의 심도가 낮아 호미로 쉽게 수확할 수 있는 둥근형태의 것으로 다른 마에 비하여 수분함량이 낮고, 단백질, 전분 등 고형분이 많으며 점액성을 띠는 당류인 mucin의 함량이 매우 높은 알칼리성 식품이며 *Dioscorea*속 식물에서 발견되는 대표적인 saponin의 일종인 diosgenin이 단마보다 높은 함량을 가지고 있는 특징을 가지고 있다(19-22). 그러나, 둥근마는

*Corresponding author. E-mail : lkasn@korea.kr
Phone : 82-41-635-6473, Fax : 82-41-753-1323
Received 19 April 2017; Revised 6 June 2017; Accepted 11 July 2017.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

껍질을 벗기고 생식하기에도 좋은 작물이지만 점액성 물질이 많고 표면이 매끄럽지 않아서 껍질을 벗길 때 어려움이 있다. 또한 둥근마의 크기가 작게는 130 ± 10 g에서 크게는 320 ± 10 g 까지 나오고 있어 큰 크기의 마를 이용할 경우 소가죽 형태의 가정에서는 둥근마 한덩이를 다 소비하기 어려운 면도 있어 소비자들 특히 가정주부나 1인 가구에서는 둥근마를 쉽게 구입해서 생마로서 이용하고자 하는데 불편함을 갖고 있다. 최근 산업구조의 변화로 1인 가구의 증가 및 국내 식문화의 변화 등으로 파생되는 편이성 등의 관점으로 볼 때 샐러드용 채소, 씻어 나오는 콩나물, 찌개용 채소 모듬류 등의 농산물을 포함한 각종 가공식품에 대한 즉석 섭취용 형태의 제품이 많이 유통되고 있다. 이러한 채소류를 섭취하기 전에 즉석으로 먹을 수 있도록 박피, 세척, 절단 및 포장 등 일련의 공정을 거쳐 신선함과 편리함을 준 형태의 채소를 신선편이 채소(fresh-cut vegetable)라고 하며 예전에는 생각지도 못한 형태의 제품들이 유통 소비되고 있는 실정이다(23-26). 또 신선편이식품으로 이용하기 위하여 품질 및 저장성을 높이고자 박피 연근의 전기 분해수 침지처리(27), 취나물의 염수에 데침처리(28), 표고 버섯의 열수처리(29), 양파의 신선편이식을 위한 전처리(23) 등에 대한 연구가 보고되어지고 있다.

따라서, 둥근마의 껍질을 벗기고 식용하기 좋은 크기로 자른 다음 소비되어지기 좋은 적절한 용량으로 포장을 하여 신선편이식품 형태로 유통되어진다면 소비가 촉진될 것으로 생각된다. 본 실험에서는 둥근마를 신선편이 형태로 박피, 절단, 세척 및 포장하는 과정에서 블렌칭 처리 방법에 따라 처리한 후 저장 중 품질의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 둥근마(*Dioscorea bulbifera*)는 2015년 11월 초순에 충남 금산군에서 재배된 것을 수확하여 실험에 사용하였다. 사용된 둥근마의 중량은 250 ± 50 g의 범위에 드는 것을 사용하였다.

신선편이 가공, 포장 및 저장

둥근마를 신선편이용 형태로 가공 및 포장하기 위해서 상처가 나지 않은 둥근마를 깨끗이 세척한 후 박피하였다. 둥근마는 점질성이 풍부한 당류인 mucin의 성분을 많이 함유하고 있는 근류로 둥근마의 껍질을 벗기고 세절하여 그대로 포장할 경우, 포장하는 동안 점성에 의하여 깨끗하게 포장하는 것이 쉽지 않아 외관상 청결해 보이지 않는다. 따라서, 박피한 둥근마를 2.0 ± 0.5 cm³의 크기 형태(dice)로 자른 것을 세척 및 블렌칭 작업을 거쳐 포장하였다. 세척 및 블렌칭의 조건은 수돗물에 30초간 침지 세척, $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 의

열탕에서 30초간 블렌칭 및 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 2% 소금물에서 30초간 블렌칭하였고, 세척 및 블렌칭 처리를 한 둥근마 dice를 건져서 표면의 물기를 자연적으로 제거시키기 위하여 멸균된 건조기 안에서 30분간 상온에서 둔 후 포장한 처리구와 40°C 및 50°C 의 멸균된 통풍건조기에서 30분간 예비건조하여 포장한 처리구로 나누어 처리하였다. 포장은 Bae 등(23)의 방법을 고려하여 polyethylene/polypropylene 필름(PE/PP; 내부 PE 및 외부 PP, 100 μm , 15 \times 20 cm)봉지에 각각 처리한 dice마를 50 ± 3 g을 넣고 75 ± 2 cmHg의 압력으로 진공 포장하였다. 포장한 dice마는 2°C 의 저장고에 보관하면서 0, 30, 60 및 90일 후 품질을 조사하였다.

물성 측정

물성은 Texture analyzer(TA-Plus, Lloyd Instruments Ltd., Fareham, UK)를 이용하여 loading cell 10 kgf, P 5(5 mm dia Cylinder Probe, Stainless steel)를 장착하여 test type TPA(Texture Profile Analysis test)프로그램을 이용하였다. 측정은 시료를 2회 연속적으로 침입시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 hardness를 포함하여 8종의 물성적 특성값을 분석하였다. 분석조건은 sample size: 2.0 cm \times 2.0 cm \times 2.0 cm, probe: P 5(5 mm dia Cylinder Probe, Stainless steel), test speed: 10 mm/min, distance: 50%, trigger type: 20 kgf으로 하였고, 각각의 처리 둥근마의 측정 처리 수는 10개로 하여 평균값으로 나타내었다.

색도 측정

색도는 저장 전 및 저장 기간에 따라 포장된 둥근마 dice의 위, 밑 및 옆면의 세부부의 표면 중앙부위를 색차계(CM-3600d, Konica Minolta, Japan)로 L 값(lightness), a 값(redness) 및 b 값(yellowness)을 측정하였다.

미생물 분석

둥근마 dice를 PE/PP필름에 진공포장한 후 $2-3^\circ\text{C}$ 의 저장고에 보관하면서 총세균수 및 대장균군수를 조사하였다. 미생물분석은 저장일 후 저장고에서 꺼낸 포장봉지를 개봉하여 여기에 멸균수 100 mL을 넣고 충분히 혼합한 후 여과한 다음 그 여액을 10 mL씩 단계별로 희석한 후 적정 희석액 1 mL를 일반세균배지(PetrifilmTM aerobic count, 3M, St. Paul, MN, USA)와 대장균군배지(PetrifilmTM coliform count, 3M)에 각각 도말하였다. 도말한 aerobic과 *E. coli*/Coliform plate를 35°C 에서 2일간 배양하여 균수를 조사하였다.

Dioscin과 diosgenin 함량 분석

포장 전 전처리방법에 따라 저장한 마의 dioscin과 diosgenin의 함량변화는 Chang 등(22) 및 Nam 등(27)의 방법을 이용하였다. 즉, 동결건조 후 분쇄하여 70 mesh의

분말 2 g을 취한 다음 메탄올로 20배량 취하여 30°C의 온도에서 6시간 추출한 후 11,000 ×g에서 원심분리하여 얻은 상등액을 membrane filter(0.20 μM pore size, Whatman Co., Kent, UK)로 여과하여 HPLC(Agilent 1200, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)에 10 μL씩 주입하여 분석하였다. 검출기는 ZORBAX SB-C18 column(250×4.6 mm, 5 μm, Agilent, Santa Clara, CA, USA)을 장착한 HPLC system(Agilent 1200 series system with DAD detector at 213 nm)을 이용하였고, 이동상은 isopropanol:acetonitrile:water (6:3:1, v/v)로 유속 0.6 mL/min로 유출하면서 분석하였다. 표준품으로 dioscin과 diosgenin은 sigma사(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하여 비교 분석하였다.

Allantoin과 allantoin acid 함량 분석

저장 중 시료의 allantoin과 allantoin acid의 함량 변화는 Fu 등(30)의 방법을 이용하였다. 즉, 동결 건조한 시료분말 2 g을 증류수 10 mL로 충분히 수화시킨 다음 여기에 95% 에탄올을 10배량 첨가하여 상온에서 30분간 초음파 처리시켰다. 이것을 4°C에서 하룻밤 방치한 다음 원심분리하여 그 상등액을 감압농축 및 건조시킨 후 여기에 50 mL의 증류수에 용해시킨 다음 membrane filter(0.20 μm pore size, Whatman Co., Kent, UK)로 여과하여 HPLC(Agilent 1200, Agilent Technologies)에 10 μL씩 주입하여 분석하였다. 검출기는 ZORBAX SB-CN column(250×4.6 mm, 5 μm, Agilent)을 장착한 HPLC system(Agilent 1200 series system with DAD detector at 210 nm)을 이용하였고, 이동상은 acetonitrile(2):water(98)을 이용하여 0분(0.2 mL/min), 1분(0.2 mL/min), 5분(0.5 mL/min), 15분(0.5 mL/min), 20분(0.2 mL/min)의 유속조건으로 유출하면서 분석하였다. 표준품으로 allantoin은 sigma사

(Sigma-Aldrich Co.)와 allantoin acid은 TRC사(Toronto Research Chemicals, Toronto, Canada) 제품을 사용하여 비교 분석하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 자료 처리는 SPSS program (12.0, SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 실시하였으며, 각 항목에 대한 평균(mean) 및 표준편차(standard deviation, SD)를 산출하였다. 각 저장 전 블랜칭 처리에 의하여 저장기간에 따른 차이는 p<0.05 수준에서 one-way ANOVA를 실시하였으며, Duncan's multiple range test로 그 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

물성

저장 전의 처리조건에 따른 등근마 dice의 물성은 Fig. 1과 같았다. 전체적으로 마 dice를 열수(HB) 및 2% 소금물에서 블랜칭 처리한 것(SB)이 각각 2.22±0.67 kg_f 및 2.19±0.55 kg_f로 세척 처리한 것(W)의 경도 3.25±0.30 kg_f보다 경도가 낮았으며 블랜칭 처리 유무에 관계없이 포장 전 40°C 및 50°C에서 예건 처리한 것이 상온에서 처리한 것보다 경도가 높게 나타났다. 이와 같이 열수로 블랜칭 처리를 한 결과 경도가 낮아진 것은 Lee 등(29)이 표고버섯을, Lee 등(31)은 취나물을, Lee 등(32)은 대파를 열수로 데침 처리한 결과 경도가 낮아지는 현상을 보였다고 한 것과 같은 현상을 보여주었다. 또 저장일수가 증가할수록 미미하게 경도가 증가하는 경향을 보였다. HB마에서 경도가 낮은 것은 열수에 의해 표면의 일부 세포가 미미하게

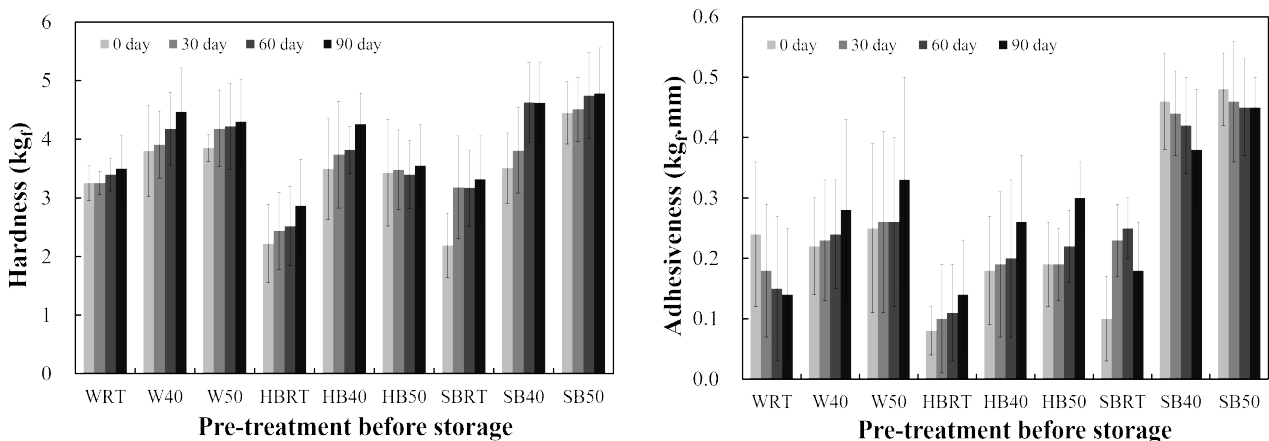


Fig. 1. Changes in hardness and adhesiveness of fresh-cut *Dioscorea bulbifera* treated in various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage.

WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on hot water (90±2°C); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90°C), respectively.

열에 의해 증속되는 현상을 볼 수 있어 경도가 낮아지는 현상을 볼 수 있었고 SB마의 경우는 HB마보다는 조직이 염분에 의하여 조직이 단단해지는 경향을 볼 수 있었다. 저장온도가 2.0℃에서 진공포장을 하였지만 자체 내에서 약간 씩 물성 변화가 일어남을 볼 수 있었지만 동일처리구 간에 대한 유의적인 차이는 나지 않았다.

또 생마는 점질물이 많은 특성으로 박피 후 표면에 끈적 거림이 높다. 따라서 포장 및 저장 전 전처리를 행한 결과 취급 시 끈적거림 정도를 보기 위하여 adhesiveness를 측정 한 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 SB50마가 0.48±0.06 kg_f.mm로 가장 adhesiveness가 높게 나타났으며 HBRT마가 0.08±0.04 kg_f.mm로 가장 낮게 나타났다. 이는 전처리 시 열수에 의하여 생마 중에 들어있는 점질물이 어느 정도 유출되는 것을 볼 수 있었는데 이에 의한 현상인 것으로 생각되며 SB마는 염분에 의하여 표면조직의 경화로 마 내부에 들어있는 점질물이 그대로 존재하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 저장 기간이 길어질수록 WRT마는 adhesiveness가 낮아지는 경향이었고, W40마 및 W50마와 HB마는 저장일수가 증가할수록 미비하게 증가하는 것을 볼 수 있었으며, 저장 전 SB마는 예건온도가 높을수록 높았고, 저장일수가 증가함에 따라 SBRT마는 adhesiveness가 60일까지는 증가하다가 저장 90일째는 감소하는 경향이었고 SB40과 SB50마는 저장일수가 증가함에 따라 아주 미미하게 감소하는 경향으로 나타났으나 adhesiveness는 저장 90일째 SB50마에서 0.45±0.05 kg_f.mm로 가장 높은 것을 볼 수 있었다.

색 도

동근마 dice의 색도는 박피 직후는 일반적으로 흰색을 띤다. 그러나 껍질부위는 박피 후 시간이 지나거나 열처리를 하게 되면 적색으로 변하게 된다. 이는 마에 함유되어 있는 allantoin이 산화되어 allanturic acid가 되거나 allantoinase라는 효소에 의하여 allantoin acid로 되고 이 allantoin acid는 수용액에서 가열되면 allanturic acid로 된다. 이러한 산화 및 분해물에 의해 동근마는 껍질 가까운 부위가 쉽게 적색으로 변하는 것을 볼 수 있는데 이는 마 중에 함유되어 있는 allantoin acid와 allantoin이라는 물질이 껍질 부위에 많이 함유되어 있기 때문이다(30). 동근마 dice를 포장 및 저장 전에 세척 및 블랜칭 처리를 행한 결과 블랜칭 하고 남은 열수나 소금물에 미약하게 적색으로 변한 것을 볼 수 있었다. 이는 동근마에 함유된 allantoin 및 allanturic acid가 열수나 소금물에 블랜칭 하는 과정에서 일부 용출되었기 때문으로 생각되었다. 세척 및 블랜칭 처리 후 색도는 Fig. 2와 같았다. L 값(lightness)은 WRT마가 88.55±0.82로 가장 높았고, SB마가 85.12±1.62로 가장 낮은 값을 보였다. 그러나, 저장일수가 30일까지는 L 값이 거의 변하지 않았으나 60일 이후부터는 블랜칭 처리를 하지 않고 세척 후 예건

한 것은 온도에 관계없이 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. HB마 및 SB마도 감소하는 경향을 보여주었으나 SB50마에서 저장 90일째 83.40±2.20로 감소의 폭이 가장 적은

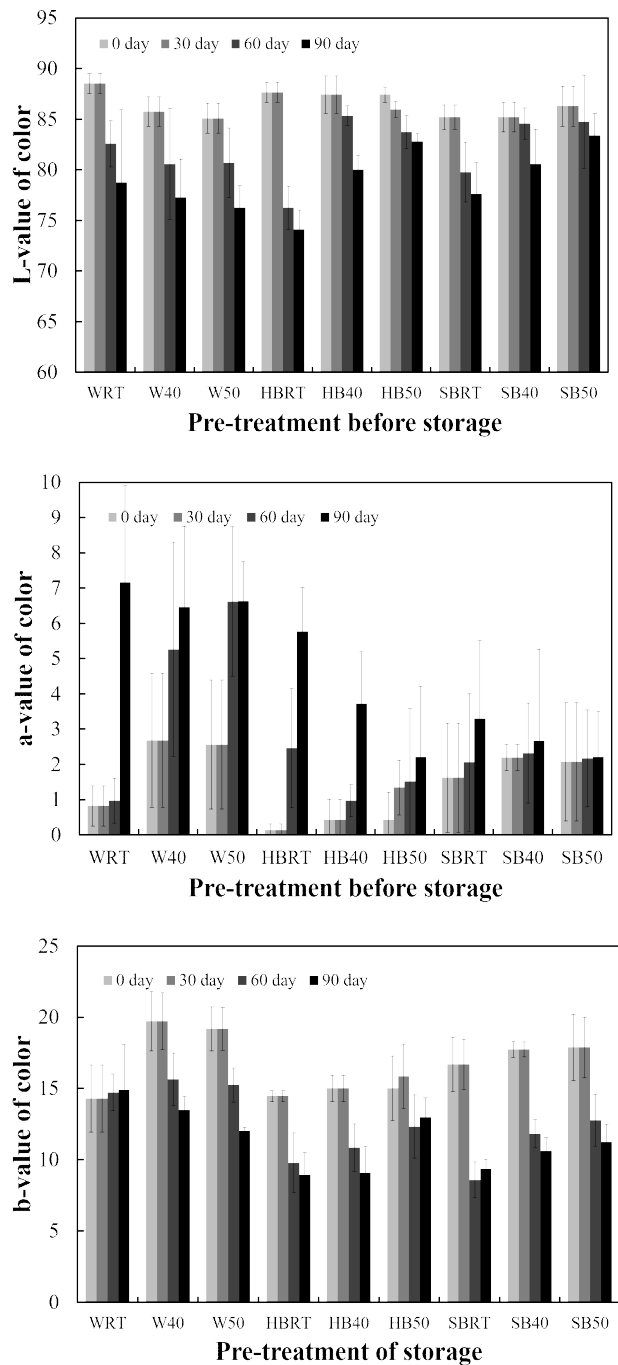


Fig. 2. Changes in color of fresh-cut *Dioscorea bulbifera* treated under various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage.

WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after blanching (30 sec) on hot water (90±2℃); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90℃), respectively.

것을 볼 수 있었다.

또 a 값(redness)은 저장 전 마는 HBRT마가 0.14 ± 0.17 로 가장 낮은 값을 보였고 그 다음이 HB40 > HB50 > WRT마 순으로 낮았다. 그러나 저장일수가 30일까지는 HB50마만 제외하고 변하지 않았으며 W40, W50 및 HBRT마는 저장 60일째 5.26 ± 3.04 , 6.62 ± 2.12 로 급격히 증가함을 볼 수 있었다. 일반적으로 WRT마에서 저장 90일째 7.16 ± 2.74 로 가장 적색도가 높아짐을 볼 수 있었으며 SB처리마가 적색도는 가장 변하지 않아서 SB50마의 경우 적색도가 2.20 ± 1.29 로 가장 낮았다. b 값(yellowness)은 저장 전은 SBRT마가 16.70 ± 1.90 로 WRT의 14.29 ± 2.36 및 HBRT의 14.46 ± 0.39 에 비하여 약간 높은 값을 보였고 W40마가 19.72 ± 2.07 로 가장 높은 값을 보였다. 저장일수가 증가함에 따라 WRT마가 가장 변하지 않았으며 기타 처리구는 60일 이후부터 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 이와 같이 저장 전 처리에 의해 저장기간 중 색도의 변화는 황색도만 제외하고는 블렌칭 처리하지 않은 상태의 세척처리한 마에서 가장 변화가 큰 것으로 보아 마 중에 함유된 효소 등의 작용에 성분변화

가 초래되어 색도의 변화를 가져온 것으로 생각된다.

미생물학적 특성

등근마 dice를 PE/PP필름에 진공 포장하여 2-3℃에 저장 하였을 때 총세균과 대장균군의 변화는 Table 1과 같았다. 전 처리구간에 대장균군은 검출되지 않았으며 일반세균수는 일반적으로 W마에서 초기에 $1.65-1.88 \log \text{CFU/g}$ 로 가장 많은 수를 보였고 HB마와 SB마에서는 $0.95-1.34 \log \text{CFU/g}$ 로 열수 및 염수에 블렌칭 처리에 의하여 다소 낮은 세균수를 보였다. 그리고 예전처리 시 온도에 따른 저장 전의 세균수를 조사하여 본 결과, HBRT마에서는 HB40 및 HB50마보다 낮은 수를 보였고 SBRT마는 SB40마 및 SB50마보다 다소 낮은 세균수를 보였다. 저장 30일째까지는 W40과 W50마에서 $2.46-2.62 \log \text{CFU/g}$ 로 세균수가 다소 많이 증가함을 볼 수 있었고, SB50마에서 세균수가 가장 적게 증가하였다. 저장 60일째는 W50, HBRT, SBRT마에서 세균수가 $3.14-3.95 \log \text{CFU/g}$ 로 많이 증가하였으며 육안으로 볼 때 진공포장이 풀린 개체수가 50% 차지하였다. 저장

Table 1. Changes in the microorganism of fresh-cut *Dioscorea bulbifera* treated in various condition prior to vacuum-packaging during storage

Sample ¹⁾	Microorganisms	Viable cell (log CFU/g)			
		0 day	30 day	60 day	90 day
WRT	Aerobic bacteria	$1.65 \pm 0.88^{2)3)}$	1.87 ± 0.72^b	2.04 ± 1.26^c	3.16 ± 1.34^d
	Coliform	ND ⁴⁾	ND	ND	ND
W40	Aerobic bacteria	1.88 ± 0.16^a	2.46 ± 0.28^a	2.96 ± 0.51^b	4.25 ± 0.69^{bc}
	Coliform	ND	ND	ND	ND
W50	Aerobic bacteria	1.75 ± 0.05^a	2.62 ± 0.42^a	3.14 ± 0.37^b	4.77 ± 0.07^b
	Coliform	ND	ND	ND	ND
HBRT	Aerobic bacteria	0.95 ± 0.08^c	1.34 ± 0.08^{bc}	3.87 ± 0.14^d	6.25 ± 0.23^a
	Coliform	ND	ND	ND	ND
HB40	Aerobic bacteria	1.34 ± 0.05^b	2.34 ± 0.11^a	2.62 ± 0.52^{bc}	4.05 ± 0.41^c
	Coliform	ND	ND	ND	ND
HB50	Aerobic bacteria	1.22 ± 0.20^b	1.96 ± 0.13^b	2.37 ± 0.44^{bc}	2.36 ± 0.17^{de}
	Coliform	ND	ND	ND	ND
SBRT	Aerobic bacteria	1.13 ± 0.11^{bc}	1.60 ± 0.30^b	3.95 ± 0.26^a	6.47 ± 0.41^a
	Coliform	ND	ND	ND	ND
SB40	Aerobic bacteria	1.20 ± 0.15^{bc}	1.46 ± 0.28^{bc}	1.98 ± 0.10^c	3.11 ± 0.25^d
	Coliform	ND	ND	ND	ND
SB50	Aerobic bacteria	0.95 ± 0.07^c	1.14 ± 0.24^c	1.81 ± 0.30^c	1.88 ± 0.18^c
	Coliform	ND	ND	ND	ND

¹⁾WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after blanching (30 sec) on hot water (90±2℃); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40℃ and 50℃ after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90±2℃), respectively.

²⁾Each value is expressed as mean±SD of multiple determinations (n=5).

³⁾Means with different letters within the same column are significantly different (p<0.05).

⁴⁾Not detected within the detection limit<1 log CFU/g.

90일째까지 육안으로 볼 때 가장 신선하게 보이는 것은 SB50마이었고, 그 다음이 HB50마이었으며 WRT마는 초기 세균수가 적게 함유되어있고 진공이 풀리지 않은 처리구에서는 dice마 중 껍질부위가 들어간 dice마에서 미적색으로 변한 것을 제외하고는 신선함을 유지하였다. Lee 등(29)에 의하면 표고버섯을 블랜칭과 같은 열처리에 의하여 미생물수를 줄일 수 있었으며 Kim 등(28)은 NaCl용액을 첨가한 후 열처리를 한 취나물에서 미생물수를 줄여서 보존성을 높일 수 있었다고 한 것을 고려하면 비슷한 결과를 보여주었다. 본 실험 결과 세균수가 증가하고 진공이 풀린 것들은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 저장 90일째 부패가 진행되었음을 볼 수 있었으며 W마 중에 진공이 풀리지 않은 마에서는 신선함을 보여주어 초기 저장 시 세균 혼입을 막고 또 진공이 풀리지 않게 저장할 경우 저장기간을 최대한 늘일 수 있음을 알 수 있었다. 본 실험 결과 SB50마의 경우 $2\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 에서 저장 90일 동안 가장 신선하게 저장되었고 그 다음이 HB50 > SB40순으로 저장성이 좋았으며 초기에 세균의 혼입이 없었던 포장에서는 WRT도 신선함이 유지되었음을 볼 수 있었다.

Dioscin과 diosgenin함량

마속식물에 주로 함유되어 있는 스테로이드성 사포닌 물질 중에 대표적으로 알려진 성분이 dioscin과 diosgenin이다(1,33). Diosgenin(25R-spirost-5-en-3 β -OH)은 cortisone등과 같은 스테로이드제제를 합성하는데 중요하게 사용되는 출발물질로(34) 혈관수축성 조절효과(35), 콜레스테롤 저하, 항염, 항당뇨 등의 대사성 질환에 효과적이다(36). 또 dioscin은 diosgenin구조에 두분자의 rhamnose가 붙은 glucose한분자를 결합하고 있는 물질로 항종양(37), 항고지혈(38), 항균(39), 손상된 간세포 활성화(40) 등의 효과가 있다. 이에 신선편이식으로 마를 소비하기 위하여 dice형태로 자른 후 블랜칭 유무에 따라 처리한 마를 저장하면서 마 중에 함유된 dioscin과 diosgenin의 함량변화를 본 결과 Fig. 4와 같았다. 실험에 사용한 등근마 원시료에 함유되어 있는 dioscin과 diosgenin의 함량은 건물중으로 17.65 mg% 및 6.35 mg%이었다. 신선편이식으로 이용하기 위하여 전처리를 행한 결과 dioscin함량은 HB마가 15.35-16.10 mg%로 가장 높았고 W마가 12.65-13.75%로 가장 낮았으며 SB마는 13.35-14.80 mg%를 함유하고 있었다. 이는 전처리 과정에서 열탕처리에 의하여 가장 손실이 많이 될 것으로 생각되었으나 dioscin의 특성상 수용성이 아닌 점과 30초



Fig. 3. Appearance of fresh-cut *Dioscorea bulbifera* treated in various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage (90 days at 2°C).

WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on hot water (90 \pm 2°C); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90°C), respectively.

간 열처리에 의하여 표면이 살짝 익게 되어 내부에 있는 dioscin의 용출이 쉽지 않기 때문에, 세척처리만 실시한 W마보다 높게 함유하고 있는 것으로 생각되었다. 저장 중 dioscin의 함량변화는 W마 중 WRT는 저장 30일째 증가폭이 크다가 60일째까지는 변화가 없었으며 그 이후는 감소

하는 경향이었고 W40과 W50마는 지속적으로 증가하는 경향이였다. HB마 중 HBRT과 HB40마는 저장 30일째까지는 변화가 없었으나 그 이후는 서서히 감소하는 경향이였고 HB50마는 저장 30일까지 약간 증가하다가 그 이후는 감소하는 것을 볼 수 있었다. SB마 중 SB50마는

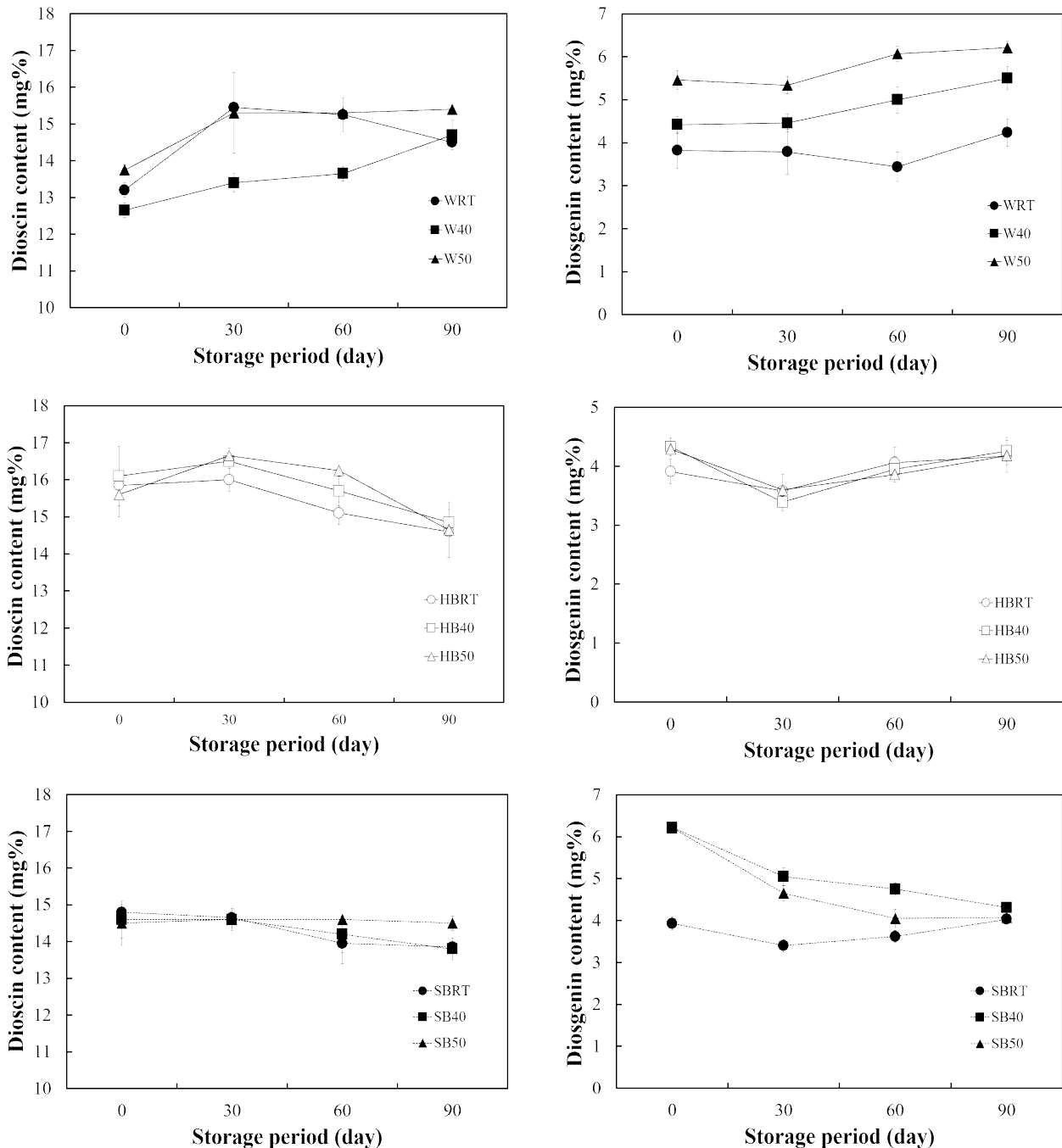


Fig. 4. Changes in dioscin and diosgenin content of fresh cut *Dioscorea bulbifera* treated under various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage.

WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on hot water (90±2°C); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90°C), respectively.

거의 변화하지 않았고 SBRT마와 SB40마는 아주 미미하게 감소하는 경향이였다. 이는 마 중 dioscin과 diosgenin을 분석하기 위하여 HPLC분석을 해본 결과 크로마토그램상 다른 물질의 peak가 증감되는 것으로 보아 dioscin이 마에 함유되어 있는 관련효소의 작용에 의하여 저장 중 dioscin의

전구물질이 dioscin으로 혹은 dioscin의 다른 분해물로 변하여 나타나는 현상으로 생각되어진다.

저장 전 처리에 의한 dice마의 diosgenin함량은 SB4마와 SB50마가 6.22±0.13 및 6.21±0.03 mg%로 가장 높은 함량을 보였고, WRT, W40, 및 HB마는 전처리에 의하여 3.82-4.42

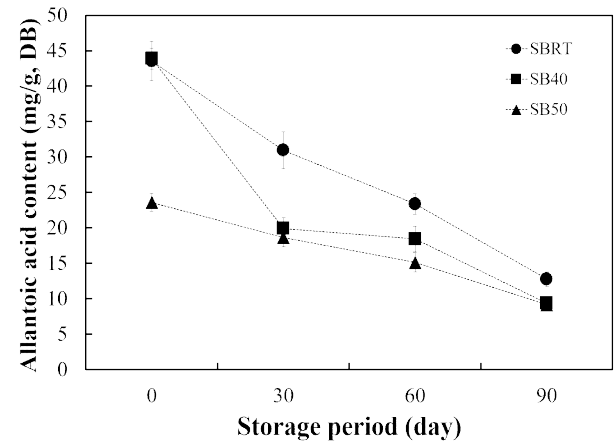
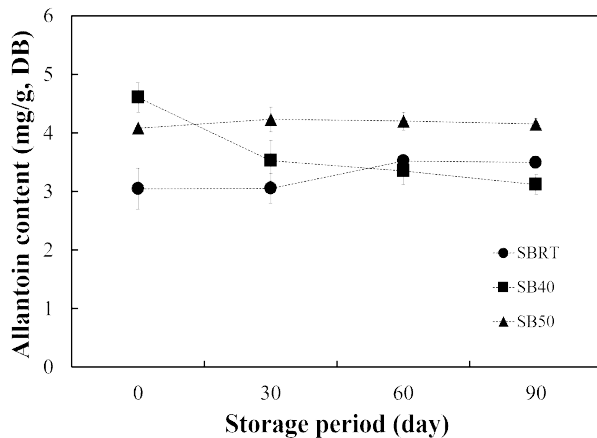
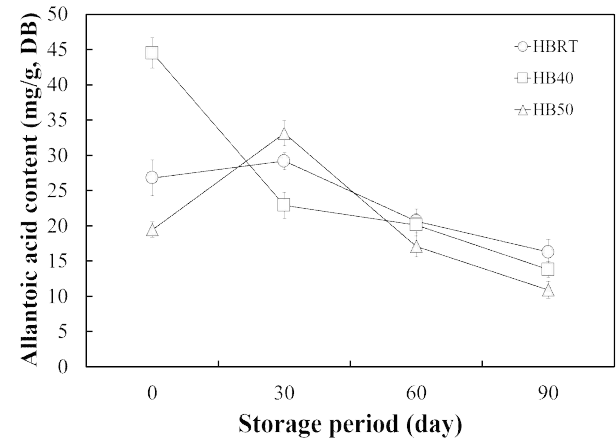
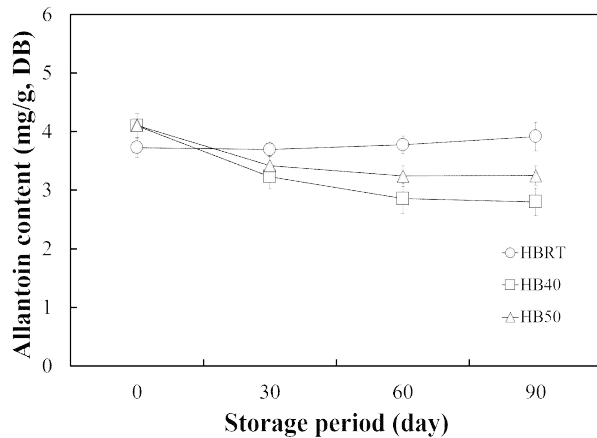
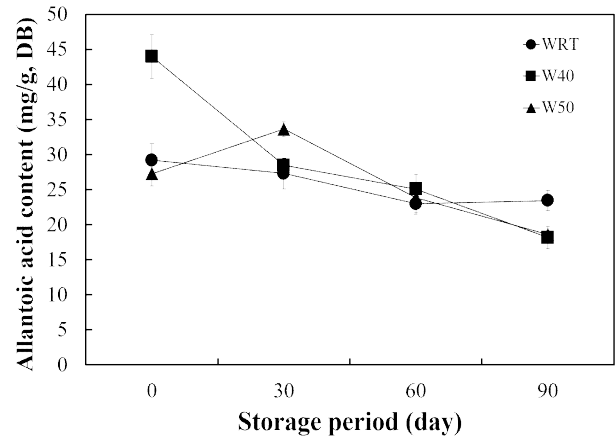
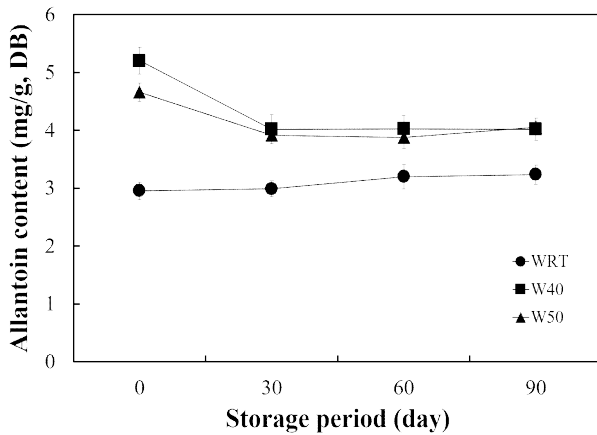


Fig. 5. Changes in allantoinic acid and allantoin content of fresh cut *Dioscorea bulbifera* treated under various blanching conditions prior to vacuum-packaging during storage.

WRT, W40 and W50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after tap water washing; HBRT, HB40 and HB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on hot water (90±2°C); SBRT, SB40 and SB50, pre-drying (30 min) at room temperature, 40°C and 50°C after blanching (30 sec) on 2% NaCl solution (90°C), respectively.

mg%로 원료마에 함유된 6.35 ± 0.15 mg%의 함량보다 약 30%이상의 감량을 보여주었다. HB마는 예건온도에 관계 없이 저장 30일째 약간 감소하다가 그 이후에 약간 증가하는 경향으로 함량변화에 유의성이 없었으나 W마에서 저장 일수가 증가함에 따라 약간씩 증가하는 경향이였다. SB마에서는 초기에 함량이 높았던 SB40과 SB50는 서서히 감소하는 현상을 볼 수 있었다. 저장 90일째 W50마가 6.2 ± 0.15 mg%로 가장 많았고, 그 다음이 W40마가 5.5 ± 0.27 mg%로 많았으며 기타 다른 처리구는 4.03-4.31 mg%로 비슷한 함량을 보였다. 따라서 SB40마와 SB50마를 제외하고는 초기에 보여주는 함량보다는 크게 감소하지는 않는 것을 볼 수 있었다. Chang(22)에 의하면 마 품종별 diosgenin을 분석한 결과 장마, 단마 및 둥근마에서 각각 13.59 mg/g, 14.25 mg/g, 및 18.00 mg/g로 보고한 것과는 상대적으로 상당히 낮은 결과를 보여주었다. Chang(22)이 보고한 diosgenin의 함량이 높은 이유는 마의 diosgenin을 함량을 측정하기 위하여 산가수분해를 한 후 추출 분석하였기 때문에 마에 함유되어 있는 dioscin을 포함한 스테로이드성 배당체 사포닌이 가수분해되어 당분자가 분해됨으로서 diosgenin의 함량이 높게 나온 것으로 생각된다. 이 외에도 마속 식물 내에 함유되어 있는 diosgenin을 분석하기 위하여 산가수분해법을 이용하여 정량한 보고들이 많은데(20,22,34), Yoon 등(33)은 참마에서 dioscin유도체를 메탄올로 추출분리하여 dioscin류의 구조분석과 정량을 한 결과 dioscin 및 diosgenin의 함량이 12.36 및 4.45 mg%이라고 보고한 것과 Nam 등(27)이 산약으로부터 dioscin을 분리정량한 결과 7.6-14.2 mg%의 함량을 나타냈다고 보고한 결과와 비슷한 결과를 보여주어 마속식물의 diosgenin정량은 에탄올 및 메탄올로 추출 분석하여야 할 것으로 생각된다.

Allantoin과 allantoinic acid 함량

Allantoin은 glyoxylic acid의 ureide화합물로 동식물을 포함한 많은 유기체의 주요한 대사산물이다. 이는 산세포와 죽은 세포사이의 세포간질에 함수를 증가시켜 각질을 제거하고 피부에 수분을 주어 세포의 분아번식을 증진시켜 피부의 상처치유에 도움이 되는 물질(30,40,41)로 현재 화장품, 샴푸 및 치약 등의 성분으로 애용되고 있다(42). 원료마에 함유된 allantoin 및 allantoinic acid의 함량은 각각 3.66 ± 0.42 mg/g 및 28.70 ± 2.17 mg/g 이었으며, 블렌칭 유무에 따라 처리한 마를 저장하면서 마에 함유된 allantoin과 allantoinic acid의 함량변화를 본 결과 Fig. 5와 같았다. Allantoin의 함량은 저장전 처리 시 W40마, W50마, HB40마가 함량이 각각 5.21 ± 0.24 mg/g, 4.66 ± 0.16 mg/g 및 4.61 ± 0.25 mg/g으로 원료가 가진 함량보다 높은 함량을 보였고, WRT마와 SBRT마는 각각 2.96 ± 0.15 mg/g 및 3.05 ± 0.35 mg/g으로 원료에서 나타낸 함량과 비슷한 함량을 보였다. 이와 같이 저장 전 전처리에 의한 함량에 차이를 보이는 것은 세척

및 블렌칭 과정에서 dice한 마의 표면에서 성분의 용출에 따른 차이가 나는 것으로 생각된다. 또 저장 중 변화양상은 WRT마, HBRT마 및 SBRT마 등을 보면 예건처리를 상온에서 한 것이 함량의 변화는 거의 없는 것으로 볼 수 있었으며, SB50마를 제외한 40°C 및 50°C의 온도에서 예건처리를 한 것은 아주 미미하게 감소하는 경향을 보여주었다. Allantoinic acid함량의 변화를 보면 저장 30일째까지는 약간 증가하는 처리구가 있었으나 대부분 저장기간일 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. 감소의 폭이 가장 적었던 것은 W마로 저장 90일째에 $18.14-23.42$ mg/g의 함량을 보였고 감소폭이 가장 컸던 것은 HB마로서 $9.14-12.76$ mg/g의 함량을 보였다. Allantoin의 함량변화와 비교해볼 때 allantoin의 함량 감소폭에 비하여 allantoinic acid함량의 감소폭이 큰 것은 Vigetti 등(43), Piedras 등(44) 및 Kwon 등(45)에 의하면 allantoinase가 기질인 allantoinic acid량이 많으면 활성이 높아지며 물보다는 염이나 pH가 7이상의 알칼리 상태에서 활성이 높아진다고 보고한 것을 고려할 때, 둥근 dice마 내에 allantoinase가 allantoinase보다 더 많이 함유하고 있거나 아니면 allantoinic acid의 함량이 높아 allantoinase의 활성이 더 큰 것 때문에 감소량이 더 많았던 것으로 생각된다. 특히 HB마에서 allantoinic acid가 더 많이 감소된 것은 블렌칭 처리 시 dice마에 염분의 혼입으로 allantoinase의 활성이 더 촉진되어진 것으로 생각되며 이에 대한 것은 더 검토해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다. 또 Fig. 3에서 보는 바와 같이 WRT마를 보면 dice마 표면이 미적색으로 변화했으나 진공이 풀리지 않은 시료에서는 부패가 진행되지 않았음을 볼 수 있었는데 이 적색은 allantoin의 분해물이 발색된 현상(30)으로 부패와는 상관이 없음을 알 수 있었다.

요 약

둥근마를 신선편이 형태로 제조 포장하여 소비를 촉진하고자 하였으며, 박피 및 dice형태로 자른 둥근마를 세척, 열수 및 2%염수에서 블렌칭 처리를 한 후 온도에 따라 예건처리를 하여 진공포장을 한 후 2°C에 저장하면서 품질의 변화를 비교 검토하였다. 블렌칭 처리 후, HB마가 경도가 가장 낮았으며 포장 전 40°C 및 50°C에서 30분간 예건 처리한 것이 상온에서 처리한 것보다 경도가 높게 나타났고, 저장일수가 증가할수록 미미하게 경도가 증가하는 경향이였다. Adhesiveness는 SB50마가 가장 높게 나타났으며 저장기간 동안 다른 처리구에 비하여 높은 값을 보여주었다. 둥근마 dice의 초기색도는 L 값은 WRT마가 가장 높았고, a 값은 HBRT마가 가장 낮은 값을 보였으며, W40마가 가장 높은 값을 보였다. 저장일수가 증가할수록 L 값과 a 값은 SB50마가 감소의 폭이 가장 적었고 b 값은 W40마가 가장 변하지 않았다. 진공포장하여 저장한 dice마에서 대장

균균은 검출되지 않았으며 저장 90일째까지 세균수가 가장 적은 처리구는 SB50마이었고, 그 다음이 HB50마이였으며 초기 세균수가 적으면서 진공포장이 유지된 WRT마에서도 저장성이 인정되었다. 등근마 원료의 dioscin과 diosgenin의 함량은 건물중으로 17.65 mg% 및 6.35 mg%이었으며 전처리를 행한 결과 dioscin함량은 HB마가 15.35-16.10 mg%로 가장 높았지만 저장일수가 증가하는 동안 감소의 폭이 가장 적었던 처리구는 SB마이였다. Diosgenin함량은 저장 전 마중에 SB40과 SB50마가 6.22 및 6.21 mg%로 가장 높은 함량을 보였으나 저장일수가 증가할수록 감소하는 경향이 있었다. 원료마 중 allantoin 및 allantoinic acid의 함량은 각각 3.66 mg/g 및 28.70 mg/g이었으며 전 처리한 시료 중에서 W40과 W50마에서 각각 5.21 mg/g, 및 4.66 mg/g으로 원료가 가진 함량보다 높게 나타났고 저장 30일까지는 약간 감소하는 경향이였으나 그 이후는 함량이 크게 변하지 않았다. Allantoinic acid함량의 변화를 보면 저장 30일째까지는 약간 증가하는 처리구가 있었으나 대부분 저장기간일 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과를 요약해보면 등근마를 dice형태로 자른 후 2% 염수에 30초간 블랜칭하여 진공포장하면 2°C에서 60-90일간은 유통기한 및 품질 유지에 효과적이어서 신선편이 형태로 이용 가능할 것으로 판단된다.

References

1. Yang MH, Yoon KD, Chin YW, Kim JW (2009) Phytochemical and pharmacological profiles of *Dioscorea* species in Korea, China and Japan. Korean J Pharmacogn, 40, 257-279
2. 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
3. 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
4. Chung YC, Chiang BH, Wei JH, Wang CK, Chen PC, Hsu CK (2008) Effects of blanching, drying and extraction processes on the antioxidant activity of yam (*Dioscorea alata*). Int J Food Sci Technol, 43, 859-864
5. Jeon JR, Lee JS, Lee CH, Kim JY, Kim SD, Nam DH (2006) Effect of ethanol extract of dried Chinese yam (*Dioscorea batatas*) flour containing dioscin on gastrointestinal function in rat model. Arch Pharm Res, 29, 348-353
6. Rose DA (1981) Mathematics and Plant Physiology. Academic Press Inc Ltd, London, UK, p 33-39
7. Kim JH (2015) Experimental study of extracts from *Dioscorea bulbifera* on anti-inflammatory action mechanism. Ph D Thesis, Hoseo University, Korea, p 4-6
8. Choi KS (2013) Effect of coated liposome from *Dioscorea rhizoma* extract (DRE) on hypoglycemic, serum insulin, and lipid levels in streptozotocin-induced. Korean J Food Nutr, 26, 310-317
9. Kang TH, Choi SZ, Lee TH, Son MW, Kim SY (2008) Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (1): Hypoglycemic effect. Korean J Food Nutr, 21, 425-429
10. Kang TH, Choi SZ, Lee TH, Son MW, Park JH, Kim SY (2008) Characteristics of antidiabetic effect of *Dioscorea rhizoma* (2): Prevention of diabetic neuropathy by NGF induction. Korean J Food Nutr, 21, 430-435
11. Choi EM, Hwang JK (2002) Enhancement of oxidative response and cytokine production by yam mucopolysaccharide in murine peritoneal macrophage. Fitoterapia, 73, 629-637
12. Gao H, Hou B, Kuroyanagi M, Wu L (2007) Constituents from anti-tumor-promoting active part of *Dioscorea bulbifera* L. in JB6 mouse epidermal cells. Asian J Tradit Med, 2, 104-109
13. Yin J, Tezuka Y, Kouda K, Tran QL, Miyahara T, Chen Y, Kadota S (2004) Antiosteoporotic activity of the water extract of *Dioscorea spongiosa*. Biol Pharm Bull, 27, 583-586
14. Kim HK (2015) Health functional food-yam. Korean J Ginseng Research and Industry, 9, 14-17
15. Kim JY, Lee YC, Kim YC, Kim YB, Choi HW (2016) Research on processing properties of yam (*Dioscorea batatas*) by drying methods and milling methods. Food Eng Prog, 20, 307-313
16. Choi WS (2012) Development of Functional beverage using yam (*Dioscorea opposita* Thunb.). Korean Industry and Nutrition, 17, 20-22
17. Shin SR (2004) Changes on the components of yam snack by processing methods. Korean J Food Preserv, 11, 516-521
18. Kim CR, Yim SB, Kim HD, Oh HL, Jeon HL, Kim NY, Hong YP, Lee JH, Kim MR (2012) Change in the quality characteristics of salad dressing prepared with mulberry, *Schisandra chinensis* and yam juice during storage. Korean J Food Preserv, 19, 825-832
19. Onayemi O (1986) Some chemical factors affecting the

- quality of processed yam. *J Food Sci*, 51, 161-164
20. Chang KJ, Park BJ, Park JH, Kim SL, Park CH (2005) Tuber enlargement and chemical component of yams (*Dioscorea opposita* Thunb.). *Korean J Plant Res*, 18, 161-168
 21. Goktepe I, Juneja VK, Ahmedna M (2006) Probiotics in Food Safety and Human Health. 6th ed, CRC Press, New York, NY, USA, p 12-19
 22. Jang SM (2009) Contents of nutritional ingredients and diosgenin in tubers of different *Dioscorea* spp.. *Korean J Food Nutr*, 22, 223-228
 23. Bae YS, Choi HJ, Lee JS, Park MH, Choi JW, Kim JG (2016) Effect of packing type and storage temperature on microbial growth and quality of fresh-cut onions (*Allium cepa* cv. turbo). *Korean J Food Preserv*, 23, 623-630
 24. Alzamora SM, Tapia MS, Lopez-Malo A (2000) Minimally Processed Fruits and Vegetables: Fundamental Aspects and Applications. Aspen Publishers Inc, Gaithersburg, MD, USA, p 24-32
 25. Lamikanra O (2002) Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, p 1-43
 26. Lund DB (1989) Food processing from art to engineering. *Food Technol*, 43, 242-247
 27. Nam DH, Son KH, Kim JY, Kim SD, Lim SK (2006) Quantitative determination of dioscin from *Dioscorea rhizoma*. *Korean J Pharmacogn*, 37, 33-36
 28. Kim BJ, Lee YD, Park JH (2014) Microbial analysis of *Aster scaber* blanched with NaCl for storage. *Korean J Food Nutr*, 27, 551-557
 29. Lee JG, Kim KI, Hwang IG, Yoo SM, Min SG, Choi MJ (2015) Effects of various thermal treatments on physicochemical and nutritional properties of shiitake mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 44, 874-881
 30. Fu YC, Ferng LHA, Huang PY (2006) Quantitative analysis of allantoin and allantoic acid in yam tuber, mucilage, skin and bulbil of the *Discorea* species. *Food Chem*, 94, 541-549
 31. Lee HO, Kim JY, Kim GH, Kim BS (2012) Quality characteristics of frozen *Aster scaber* according to various blanching treatment conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 246-253
 32. Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Yoon DH, Kim BS (2011) Quality characteristics of frozen welsh onion (*Allium fistulosum* L.) according to various blanching treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol*, 43, 426-431
 33. Yoon KD, Kim JW (2008) Preparative separation of dioscin derivatives from *Dioscorea villosa* by centrifugal partition chromatography coupled with evaporative light scattering detection. *J Sep Sci*, 31, 2486-2491
 34. Kim TJ, Cha KS, Kim YS (1986) A study on capillary gas-liquid chromatographic determination of diosgenin in *Costus speciosus*. *J Korean Chem Soc*, 30, 369-376
 35. Je HD (2014) The effect of *Dioscorea villosa* derived-diosgenin on vascular contractility. *J Pharm Soc Korea*, 58, 337 - 342
 36. RaJu J, Rao CV (2012) Bioactive Compounds in Phytomedicine. In: Diosgenin, a Steroid Saponin Constituent of Yams and Fenugreek: Emerging Evidence for Applications in Medicine. Rasooli I (Editor), Intech, Rijeka, Croatia, p 125-142
 37. Wang Y, Cheung YH, Yang Z, Chiu JF, Che CM, He QY (2006) Proteomic approach to study the cytotoxicity of dioscin (saponin). *Proteomics*, 6, 2422-2432
 38. Li H, Huang W, Wen YQ, Gong GH, Zhao QB, Yu G (2010) Anti-thrombotic activity and chemical characterization of steroidal saponins from *Dioscorea zingiberensis* C.H. Wright. *Fitoterapia*, 81, 1147-1156
 39. Li M, Han XW, Yu B (2003) Synthesis of monomethylated diosin derivatives and their antitumor activities. *Carbohydr Res*, 338, 117-121
 40. Zhao X, Cong X, Zheng L, Xu L, Yin L, Peng J (2012) Dioscin, a natural steroid saponin, shows remarkable protective effect against acetaminophen-induced liver damage *in vitro* and *in vivo*. *Toxicol lett*, 214, 69-80
 41. Kander R, Zkova P (2008) Allantoin as a marker of oxidative stress in human erythrocytes. *Clin Chem Lab Med*, 46, 1270-1274
 42. Thornfeldt C (2005) Cosmeceuticals containing herbs: fact, fiction, and future. *Dermatol Surg*, 31, 873 - 880
 43. Vigetti D, Monetti C, Pollegioni L, Taramelli R, Bernardini G (2000) *Xenopus* allantoicase: Molecular cloning, enzymatic activity and developmental expression. *Arch biochem biophys*, 379, 90-96
 44. Piedras P, Munoz A, Aguilar M, Pineda M (2000) Allantoate amidinohydrolase (allantoicase) from *Chlamydomonas reinhardtii*. Its purification and catalytic and molecular characterization. *Arch Biochem Biophys*, 378, 340-348
 45. Kwon DK, Kwon YM, Hong YN (1985) Intracellular localization and developmental changes of purine catabolic enzymes during germination in cotyledons of rape seedlings. *Korean J Bot*, 28, 225-232