

Changes in Quality of Mulberry Depending on Distribution and Storage Temperature

Ju-Hyun Park, Jeong-Hee Choi, Seok-In Hong, Moon-Cheol Jeong,
and Dongman Kim[†]

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

유통 및 저장 온도에 따른 오디의 품질의 변화

박주현 · 최정희 · 홍석인 · 정문철 · 김동만[†]

한국식품연구원

Abstract

For the investigation of the quality loss of mulberry during distribution, the deterioration rate, microorganism growth, and sensory quality of mulberry kept at 20, 10 and 0°C, respectively, were investigated. Based on the results, the optimum temperature for extending the freshness of mulberry was examined in the temperature range of -1.5 to 1.5°C. The level of mold in the mulberry kept at 20 and 10°C, respectively, was much higher than that kept at 0°C. The quality of the mulberry deteriorated seriously after two days at 20°C, after six days at 10°C, and after 12 days at 0°C. The marketability of mulberry as determined via sensory evaluation was much more prolonged by decreasing the keeping temperature from 20 to 0°C. To extend the freshness of mulberry using these results, the optimum temperature was evaluated at the range of -1.5 to 1.5°C for 25 days. During storage, the changes in the color and pH of the berry were not significantly different by storage temperature, but the microbial levels and deterioration rate increased in the order of 1.5, 0, and -1.5°C. In particular, the firmness of the mulberry decreased rapidly at 1.5°C, showing a significant difference from the others. The titratable acidity and sugar contents decreased gradually at all the applied temperatures. The anthocyanin content decreased sharply at 1.5°C but gently changed at -1.5°C. Through the sensory results of this study, it was adjudged that the marketability of mulberry could be maintained about 0.7 times at 1.5°C and 1.3 times at -1.5°C compared with the marketability at 0°C, respectively.

Key words : Mulberry, freshness, temperature, distribution, storage

서 론

오디는 뽕나무 열매로서 뽕나무과에 속하는 낙엽, 활엽 교목으로 잎은 난형(卵形) 또는 난상(卵狀), 심장(心腸)형이고 끝은 날카로운 반면 밑은 둥글며 거친 톱니가 있고 잎 뒷면에 짧은 털이 있다. 오디는 5월 초에 꽃이 피고 열매는 5월말부터 수확하는데, 오디를 한방에서는 상심(桑葚)이라고 하며 동의보감에서는 보약(補藥)으로 기록되어 있다(1). 이에 의하면 오디를 장기간 섭취 시 흰 머리가 검어지고 늙지 않으며, 까맣게 익은 것은 벌에 말려 쥘어서 꿀에 개어 환(丸)으로 만들어 장복(長服)하고 또 술을 만들어 먹어도

몸을 보(補)한다고 되어 있다. 오디는 당과 유기산뿐만 아니라 anthocyanin 색소를 다량 함유하고 있는데 붉은 색 짙에 비해서는 4배 이상, 검정콩에 비해서는 약 9배, 포도에 비해서는 23배나 많다(2). Anthocyanin은 3번 탄소에 당이 결합되어 있는 형태로 polyphenol 화합물인 flavonoid에 속하는 대표적인 천연색소로서 그 종류는 aglycone인 anthocyanidin에 결합된 당의 종류에 따라 결정된다(3). 뿐만 아니라 불포화지방산, 1-deoxynojirimycin (DNJ), 2-arylbenzofuran 유도체, cinnamic acid 및 quercetin 유도체 및 γ -aminobutyric acid (GABA) 등이 풍부하여 항고혈압, 항산화, 항당뇨의 효과(4-10)가 있는 것으로 보고되어 있다. 최근 서구화된 식생활 패턴과 노인인구 증가에 따라 암을 비롯한 심장병, 고혈압, 심근경색증, 동맥경화증, 당뇨병 및 치매 등의 여러

[†]Corresponding author. E-mail : dmkim@kfri.re.kr
Phone : 82-31-780-9140, Fax : 82-31-780-9165

생활 습관 병이 크게 증가하고 있는 추세이며, 오디가 이를 예방 할 수 있는 천연 기능성 신소재 및 건강기능식품으로써의 가능성이 있다고 알려지면서 그 수요가 점차 증가하고 있다. 2008년 오디의 생산량은 3,244톤이었으나 건강식품으로 각광을 받으면서 최근 전북 부안과 남원, 전남 장성을 비롯하여 경남 함양, 경북 김천, 상주, 예천, 경주 및 영덕 등을 중심으로 해마다 그 재배 및 생산량이 증가하여 2011년도 재배 면적은 약 1,751 ha이며, 생산량은 약 6,752톤에 이르렀다(11). 이와 같이 오디의 수요와 공급이 증가함에 따라 유통이 활발해 지는데, 오디는 수분을 다량 함유하고 있을 뿐 아니라 과육이 연하여 수확 후 품질저하가 급격히 발생한다(12). 이러한 특성은 오디의 유통 및 저장에 큰 장애요인으로 작용하고 있으며, 현재 일부 생과로 유통되는 소량의 오디를 제외한 나머지 대부분은 냉동시켜 유통되고 있다. 기 수행된 오디 관련 연구로는 뽕나무 계통별 오디의 영양 및 화학성분(1,4,12)과 생리활성(6-10,13), 과실로서의 특성(14-18)에 관한 것이 보고되었으며, 오디를 이용한 잼, 와인, 요구르트, 식초, 및 드레싱과 같은 다양한 가공식품이 개발되었다(19-23). 한편 유통 및 저장기술에 관한 연구로는 저장 온도 조절 또는 화학적 처리에 관한 일부 단편적 연구(24,25)가 보고되어 있지만 고품질 오디의 신선도 연장 및 유통기술을 위한 전반적인 연구는 매우 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 오디의 저장 유통 중 신선도 유지기간 연장을 위한 기초자료 확보를 목적으로, 유통온도에 따른 유통가능기간을 조사하기 위해 농산물의 유통 시 일반적으로 적용하는 온도범위인 0~20°C에서 온도에 따른 오디의 품질 변화를 조사하였고, 이 결과를 바탕으로 유통기간을 보다 연장키 위한 저온 저장 시 적정 저장온도 설정을 위해 0°C를 중심으로 -1.5~1.5°C 범위에서 오디를 저장하면서 온도에 따른 품질의 차이를 조사하였던바 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 오디는 전북 남부안 농협의 협력 농장에서 재배된 과상 2호 품종으로 2차례 (2012년 5월 25일 및 6월 21일)에 걸쳐 각각 수확하였으며, 수확 즉시 0.4 mm 두께의 1 kg 플라스틱 용기에 담아 상부를 밀봉하지 않고 살짝 덮은 상태로, 저장온도를 고려하여 아이스 팩을 각각 다르게 채운 보냉 상자에 넣어 밀봉 후 실험실로 이송하였다.

처리 및 저장

오디의 실험을 위한 처리는 2차례로 구분하여 실시하였다. 1차 유통온도에 따른 실험 처리로 2012년 5월 25일

수확 즉시 운반된 오디를 각각 20.0±0.3°C, 10.0±0.2°C 및 0.0±0.5°C에서 외관 상태가 양호하고 모양이 균일하며 과피가 완전히 자색을 띠는 것만을 선별하여 0.4 mm 두께의 소형 플라스틱용기(73 mm×44 mm, Uill Chem, Gimpo, Korea)에 25±2 g씩 담은 후 통기가 가능케 구멍을 일정하게 뚫은 덮개로 봉하였다. 이와 같이 처리된 오디는 각각 20.0±0.3°C, 10.0±0.2°C, 0.0±0.5°C로 온도가 유지되는 저장고에 입고하였다.

2차 적정 저온 저장온도 조사 실험을 위해서 동일한 농장에서 6월 21일 수확한 오디를 운반 즉시 0.0±0.5°C로 유지되는 저장고 내에서 선별하여 0.4 mm 두께의 Polypropylene용기(210 mm×139 mm×46 mm, Da Chem, Hwaseong, Korea)에 120±5 g씩 담은 후 상부를 열접착 포장기(KC-0310L, Gumkang Packing Machine, Daegu, Korea)를 사용하여 0.05 mm 두께의 Polypropylene(PP) film으로 밀봉 후 일정하게 구멍을 뚫어 통기가 가능하게 하였다. 이와 같이 처리된 오디는 각각 1.5±0.3°C, 0.0±0.5°C, -1.5±0.5°C의 저장고에 입고하였다. 1차 및 2차 처리하여 각각의 온도에서 저장한 오디는 주기적으로 3 반복씩 무작위로 취하여 분석용으로 사용하였다.

분석

가용성 고형물 함량

오디의 전 부위를 파쇄(SQ-205, Iljin Electronics, Hwaseong, Korea)한 후, 8겹의 거즈로 착즙하여 Refractometer (PR-32a, ATAGO, Tokyo, Japan)로 각 실험구당 3반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

pH

저장 온도별 오디의 pH는 과실의 전 부위를 파쇄(SQ-205, Iljin Electronics, Hwaseong, Korea)한 후, 8겹의 거즈로 착즙하여 5 g을 취한 후 증류수 15 g을 넣어 희석한 용액을 pH meter (AR-15, Fisher Scientific, USA)로 3반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

적정산도

상기 pH 측정 시 사용하였던 시료에 0.1 N NaOH 용액을 사용하여 pH가 8.2가 될 때까지 적가한 뒤 이에 소요된 0.1N NaOH양을 citric acid를 기준으로 환산하여 %로 나타냈으며, 각 실험구당 3반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

색도

저장 중 오디의 표면 색도는 Chroma meter (CR-400, Konica Minolta Sensing Inc, Osaka, Japan)로 측정하였다. 이를 위하여 각각의 실험구에서 오디를 무작위로 10~15개씩 취하여 날개 오디의 꼭지, 중간, 코 부분의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정 후 각각의 평균값으로 나타내

있고, 저장 초기와 색도차이를 비교하기 위해 ΔE ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)을 산출하였다.

안토시아닌(Anthocyanin) 함량

오디의 안토시아닌 함량은 Lee등(26)의 방법을 토대로 측정하였다. 즉, 파쇄 착즙하여 여과한 오디즙 0.1 mL를 12 mL의 pH 1.0 potassium chloride buffer (0.025 M)와 pH 4.5 sodium acetate buffer (0.4 M)에 각각 혼합한 후 흡광도계 (Multi Detection Microplate Reader, Synergy Mx, BioTek, Winooski, VT, USA)로 520 nm와 700 nm에서 OD를 측정 한 후 그 값을 아래의 식을 사용하여 cyanidin-3-glucoside를 기준으로 환산하여 mg/L로 나타내었다.

$$\text{안토시아닌 함량(cyanidin-3-glucoside equivalents, mg/L)} \\ = A \times 449.2 \times DF \times 10^3 \div (26900 \times l)$$

A : (OD 520 nm - OD 700 nm) of pH 1.0 - (OD 520 nm - OD 700 nm) of pH 4.5

449.2 : cyanidin-3-glucoside의 1 mol 당 분자량(g)

DF : 희석배수(120)

10^3 : g의 mg 환산계수

l : pathlength in cm

26900 : 몰흡광계수 $L \times \text{mol}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$

경도

오디의 경도는 크기가 일정한 시료를 취하여 Rupture test (Texture Analyzer, TAXT®, Stable Micro System, London, England) 방법으로 측정하였다. 측정부위는 시료를 수평으로 놓은 상태에서 중간 부위였고 plunger는 직경 25 mm, strain은 60%를 적용하였다. 경도는 오디의 조직 특성을 고려하여 plunger가 측정부위 표면으로부터 내부로 압축 시 나타낸 peak의 최고값으로 나타내었다.

미생물 수 측정

저장 온도 별로 오디를 10~15 g씩 취하여 멸균 팩에 넣고 시료 중량 대비 9배의 0.85% 멸균된 생리식염수를 가하여 균질기(Bagmixer® 400, Interscience, St Nom, France)로 1분간 처리하였다. 처리 후 멸균 팩 내의 상정액을 1 mL씩 취하여 멸균된 생리식염수가 9 mL씩 담긴 시험관을 사용하여 단계적으로 희석하였다. 이후 각 단계별 희석액 1 mL를 취하여 일반세균 배지(Petrifilm™ aerobic count, 3M, St. Paul, USA) 및 곰팡이배지(Petrifilm™ mold and yeast count, 3M, St. Paul, USA)에 각각 접종 후 일반세균은 37°C에서 48시간, 곰팡이는 25°C에서 72시간동안 배양한 후 colony 수를 측정하여 log CFU/g으로 나타내었다.

변질율

오디의 변질율은 각 포장구당 조직붕괴 및 표면의 곰팡

이 발생 등 외관적으로 변질이 발생한 오디 개수를 육안으로 측정하여 오디 전체 개체 수 대비 백분율로 나타내었다.

관능검사

관능적 품질은 '전반적인 품질', '외관', '색', '향', '맛', '조직감'으로 구분한 후, 이를 5점 척도 (5점: 매우 좋음, 1점: 매우 나쁨)로 평가하여 평균값을 나타내었다. 각 저장 온도별로 10~15개의 오디를 무작위로 취하여 시료로 제공 되었으며, 관능검사원은 상기 품질인자의 식별력이 우수한 6명의 패널을 선발하여 사전 훈련 후 관능검사를 수행케 하였다.

통계처리

관능검사와 실험분석 결과의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 평균값 간의 유의성을 검정(p<0.05)하였다.

결과 및 고찰

유통온도에 따른 품질 변화

실험은 1차의 유통온도별 품질 조사 그리고 2차의 적정 저온저장 온도 조사로 나누어 진행하였는데, 1차 실험에서는 현장에서의 유통온도를 고려하여 저장 온도를 20°C, 10°C 및 0°C로 설정하였으며 각각 1일, 2일 및 3일의 간격으로 품질을 분석하였다.

곰팡이 수의 변화 및 변질율

오디의 유통온도에 따른 곰팡이의 변화는 Fig. 1에서와 같이 전반적으로 유통기간이 지남에 따라 증가하였는데 유통 온도가 높을수록 곰팡이의 증가 속도 또한 급증하는 경향을 보였다.

즉, 오디의 곰팡이는 초기치가 4.10 log CFU/g이었는데

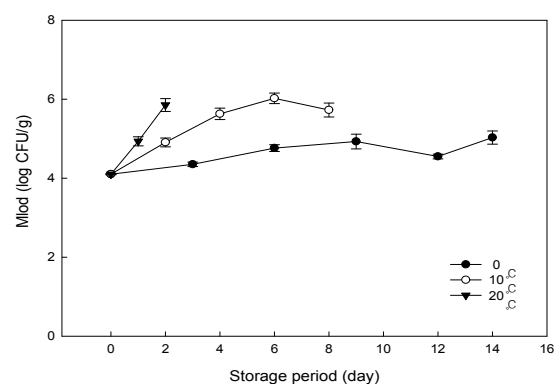


Fig. 1. Changes in mold population of mulberry during keeping at 0°C, 10°C and 20°C for 14 days, 6 days and 3 days, respectively.

각 온도에서의 유통종료시점을 기준으로 보면 20°C에서는 이틀 만에 5.85 log CFU/g, 10°C는 유통 8일째에 5.73 log CFU/g을 나타낸 반면, 0°C에서는 유통 14일째 그 수가 5.03 log CFU/g으로 다른 유통온도에 비해 비교적 곰팡이의 성장이 완만하였다. 이러한 결과는 딸기의 경우 수확 후 처리 시간 및 유통온도에 따른 곰팡이 발생률의 변화를 조사한 결과(28) 처리시간이 길어질수록, 유통온도가 높을수록 곰팡이 발생률이 증가하였다는 보고와 같이 유통 온도가 곰팡이 증식에 중요한 인자임을 의미한다. 20°C, 10°C 및 0°C 각 유통온도에서 오디의 변질율은 Fig. 2와 같이 전반적으로 곰팡이의 변화 경향과 유사하였다. 변질의 진행 정도는 온도에 따라 차이를 보였는데 20°C에서는 1일 후, 10°C에서는 2일 후 그리고 0°C에서는 6일 후 급증하였으며, 급증 후 값을 보면 20°C, 10°C 및 0°C에서 각각 91.67%, 72.92% 및 56.25%로 온도가 낮을수록 낮았다.

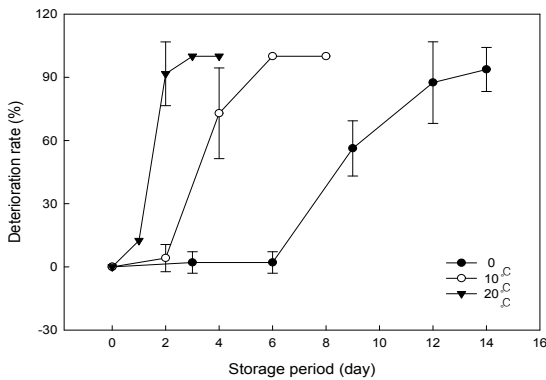


Fig. 2. Changes in deterioration rate of mulberry during keeping at 0°C, 10°C and 20°C for 14 days, 6 days and 3 days, respectively.

관능적 품질

오디의 유통온도별 관능적 품질변화를 조사하였던 바 그 결과는 Table 1과 같다. 오디의 ‘전반적인 품질’은 20°C의 경우 유통 1일까지 상품성을 유지했으나 2일 후에는 2.68점으로 품질이 빠르게 소실되었고, 10°C에서는 4일까지 상품성을 유지했으나 6일 후엔 1.86점의 낮은 품질을 보였다. 반면 0°C에서는 12일까지 비교적 품질이 양호했으나 14일 후엔 상품적 품질의 한계점수인 3점 보다 낮은 2.35점을 나타내었다. ‘외관’ 평가는 주로 곰팡이의 유무가 큰 영향을 주었는데, 20°C는 1일, 10°C에서는 2일까지 상품성이 유지되었던 반면 0°C에서는 12일로 다른 온도에 비해 상품성 유지기간이 상당히 연장되었다. ‘색’과 ‘향’의 경우 20°C, 10°C 및 0°C 모두 유통기간에 따른 오디의 품질변화에 유의적인 차이가 없었다. 유통 중 ‘맛’ 역시 기간이 지남에 따른 변화가 적었는데, 20°C에서는 저장 2일까지, 10°C 및 0°C에서는 각각 4일 및 14일간 그 상품성을 유지하였다. 또한 오디의 ‘조직감’은 20°C에서 2일까지, 10°C에서는 4일까지 상품적 가치를 유지하였던 반면 0°C에선 14일 후에도 그

상품성이 유지되었다.

외관을 위주로 한 관능 평가 결과를 통계처리 하여 상품성 유지기간을 추정하였던 바 20°C에서는 1일, 10°C는 4일간 상품성이 유지되는 반면 0°C에서는 12일간 상품성이 유지되는 것으로 나타났다.

적정 저온저장온도 조사

1차 유통 실험의 결과 오디의 품질유지에 저온유통이 효과적인 것으로 나타남에 따라 적정 저장온도를 조사하기 위해 0°C를 중심으로 이보다 다소 높은 1.5°C와 낮은 -1.5°C를 저장실험온도로 설정하였다. 이 중 -1.5°C는 예비실험을 통하여 측정된 오디의 빙결온도와 일반적인 저온저장고의 온도편차를 고려하여 저장을 위한 안정적인 수준으로 설정하였다. 이와 같이 설정된 온도에 오디를 25일간 저장하면서 5일 간격으로 품질을 평가하였던바 그 결과는 아래와 같다.

pH, 적정산도 및 가용성 고형물 함량의 변화

저장온도에 따른 오디의 저장 중 pH 변화를 조사하였던 바 Fig. 3과 같이 저장기간 동안 모든 온도에서 pH의 변화는 미미하였고 온도에 따른 차이도 뚜렷하지 않았다. 따라서 오디의 초기 pH는 5.16이었는데 저장 20일 후 모든 온도에서 5.30~5.38의 범위를 나타내었다. 또한 오디의 저장중 적정산도 변화는 Fig. 3과 같이 전반적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 오디의 초기 적정산도는 0.35%였는데 저장 10일 후 1.5°C, 0°C 및 -1.5°C에서는 각각 0.33%, 0.27% 및 0.21%로 저장온도가 낮을수록 낮은 값을 보였으나 저장 20일 후에는 온도에 따른 차이가 없이 0.23~0.24%를 나타내었다.

한편 오디의 가용성 고형물 함량은 초기에 14.70 °Brix였는데, 저장 10일 후에는 1.5°C, 0°C 및 -1.5°C에서 각각 13.60 °Brix, 14.73 °Brix 및 15.30 °Brix로 저장온도가 낮을수록 높은 값을 보였다. 이러한 경향은 저장 15일 후까지 유지되었으나 그 이후부터는 온도 간 차이가 뚜렷하지 않았다. 저장 온도에 따른 적정산도 및 가용성고형물 함량의 변화 양상을 종합하여 보면 실험에 적용한 온도 범위 내에서 온도가 낮을수록 적정산도는 낮았던 반면 가용성고형물 함량은 높게 유지되었고, 반대로 온도가 높을수록 적정산도는 높았으나 가용성고형물함량은 낮았는데 이는 오디의 온도에 따른 호흡생리 특성의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

색도 및 안토시아닌함량의 변화

1.5°C, 0°C 및 -1.5°C에서 저장 한 오디의 색도 변화는 Fig. 4와 같다. 모든 온도 조건에서 적색의 정도를 나타내는 a 값은 전반적으로 감소하였고, 명암을 나타내는 L값과 황색 정도를 나타내는 b값은 증가하는 경향이였다. 이와 같은 결과는 Youn 등 (27)이 복분자 딸기의 a값이 저장기간이

Table 1. Changes in sensory quality of mulberry kept at 0°C, 10°C and 20°C for 14 days, 6 days and 3 days, respectively

Temperature	Attribute	Keeping period (day)					
		0°C, 0	3	6	9	12	14
0°C	Overall	4.68±0.14 ^{a1)}	4.42±0.29 ^a	4.23±0.19 ^a	3.69±0.46 ^b	3.40±0.49 ^b	2.35±0.97 ^c
	Appearance	4.75±0.20 ^a	4.64±0.23 ^a	4.26±0.21 ^a	3.38±0.96 ^b	3.07±0.93 ^b	2.06±0.86 ^c
	Color	4.99±0.03 ^a	4.98±0.04 ^a	5.00±0.07 ^a	4.95±0.07 ^a	4.94±0.07 ^a	5.00±0.08 ^a
	Taste	4.83±0.21 ^a	4.72±0.10 ^a	4.30±0.27 ^b	4.13±0.22 ^b	4.13±0.13 ^b	4.10±0.14 ^b
	Odor	4.99±0.03 ^a	4.98±0.04 ^a	4.96±0.07 ^a	4.97±0.05 ^a	4.96±0.07 ^a	4.96±0.07 ^a
	Texture	4.38±0.21 ^a	4.13±0.22 ^b	3.92±0.13 ^c	3.84±0.17 ^c	3.56±0.18 ^d	3.39±0.20 ^e
10°C	Overall	4.68±0.14 ^a	4.29±0.64 ^a	3.11±0.66 ^b	1.86±0.68 ^c	-	-
	Appearance	4.75±0.20 ^a	4.03±0.76 ^b	2.77±0.81 ^c	1.56±0.49 ^d	-	-
	Color	4.99±0.03 ^a	4.96±0.05 ^a	4.95±0.07 ^a	4.90±0.00 ^a	-	-
	Taste	4.83±0.21 ^a	4.63±0.16 ^{ab}	4.52±0.27 ^b	-*	-	-
	Odor	5.00±0.00 ^a	4.97±0.05 ^a	4.96±0.07 ^a	4.90±0.00 ^a	-	-
	Texture	4.38±0.21 ^a	4.36±0.13 ^a	3.58±0.29 ^b	2.61±0.78 ^c	-	-
20°C	Overall	4.68±0.14 ^a	4.00±0.37 ^b	2.68±0.43 ^c	1.00±0.00 ^d	-	-
	Appearance	4.75±0.20 ^a	4.11±0.75 ^b	2.26±0.61 ^c	1.00±0.00 ^d	-	-
	Color	5.00±0.00 ^a	4.98±0.04 ^a	4.96±0.07 ^a	-	-	-
	Taste	4.83±0.21 ^a	4.72±0.17 ^a	4.63±0.30 ^a	-	-	-
	Odor	5.00±0.00 ^a	4.98±0.04 ^a	4.89±0.22 ^a	-	-	-
	Texture	4.38±0.21 ^a	3.99±0.14 ^b	3.75±0.35 ^b	2.61±0.45 ^c	-	-

¹⁾Data are presented as a means±standard deviation. Means with the same alphabet in each storage period are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

*: Unacceptable for evaluation.

지날수록 감소한다는 보고와 유사한 경향이였다. 아울러 저장 중 오디의 L, a, b값의 변화가 커짐에 따라 ΔE 값 또한 증가하는 경향을 보였으며, 1.5°C에서의 색 변화가 다른 온도에 비해 적게 나타났다.

한편 각 저장 온도별 오디의 안토시아닌 변화는 Fig. 5와 같다. 오디의 저장 초기 안토시아닌함량은 39.08 mg/L 이었고 저장 5일째 1.5°C, 0°C 및 -1.5°C에서는 각각 47.02 mg/L, 43.11 mg/L 및 48.69 mg/L로 증가하였지만 그 이후 계속적으로 감소하여 저장 20일 후 1.5°C에서는 14.23 mg/L이었고 0°C 및 -1.5°C는 각각 19.46 mg/L 및 22.14 mg/L이었다. 저장 온도에 따른 안토시아닌 함량은 1.5°C에서 가장 크게 감소하였던 반면 -1.5°C에서 저장한 오디의 안토시아닌 감소가 가장 적었다. 이와 같이 안토시아닌 함량이 저장 중 감소하는 것은 저장 중 호흡작용과 함께 노화과정이 진행되면서 pH의 변화 등, 색소의 안정성에 영향을 미치는 인자들이 변화됨에 따라 안토시아닌이 점차 소실된 것으로 판단된다.

경도의 변화

오디의 저장중 경도 변화를 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 오디의 경도는 저장기간이 지남에 따라 점차 감소하는 경향이였으며, 온도가 낮을수록 그 감소가 적었다. 오디의 초기 경도는 1.37 kgf이었는데 저장 5일 후 1.5°C에서는 0.97 kgf으로 0°C 및 -1.5°C의 1.34 kgf 및 1.31 kgf에 비해 유의적으로 낮았으나 0°C 및 -1.5°C 두 온도 처리 구 사이에서는 그 차이가 뚜렷하지 않았다. 이후 1.5°C 및 0°C에서의 경도는 점차 감소하였지만 -1.5°C의 경우 저장 20일까지 변화가 비교적 완만했다. 저장 종료시점인 25일 후 1.5°C 저장 오디는 경도 관측이 불가할 정도로 부패가 심했으며, 0°C에서는 0.87 kgf, -1.5°C는 0.97 kgf의 경도를 나타내었다. 일반적으로 과육경도의 저하는 에틸렌의 작용 활성화된 효소들에 의해 세포벽 구성성분의 저분자화에 따른 결과이고(29), 딸기의 경우 이러한 효소들의 활성화에 매우 민감하여 숙성이 시작되는 기점부터 특히 효소의 활성이 증가한다고 알려져 있으며 온도가 높을수록 활성이 증가한다고 보고되었다(30).

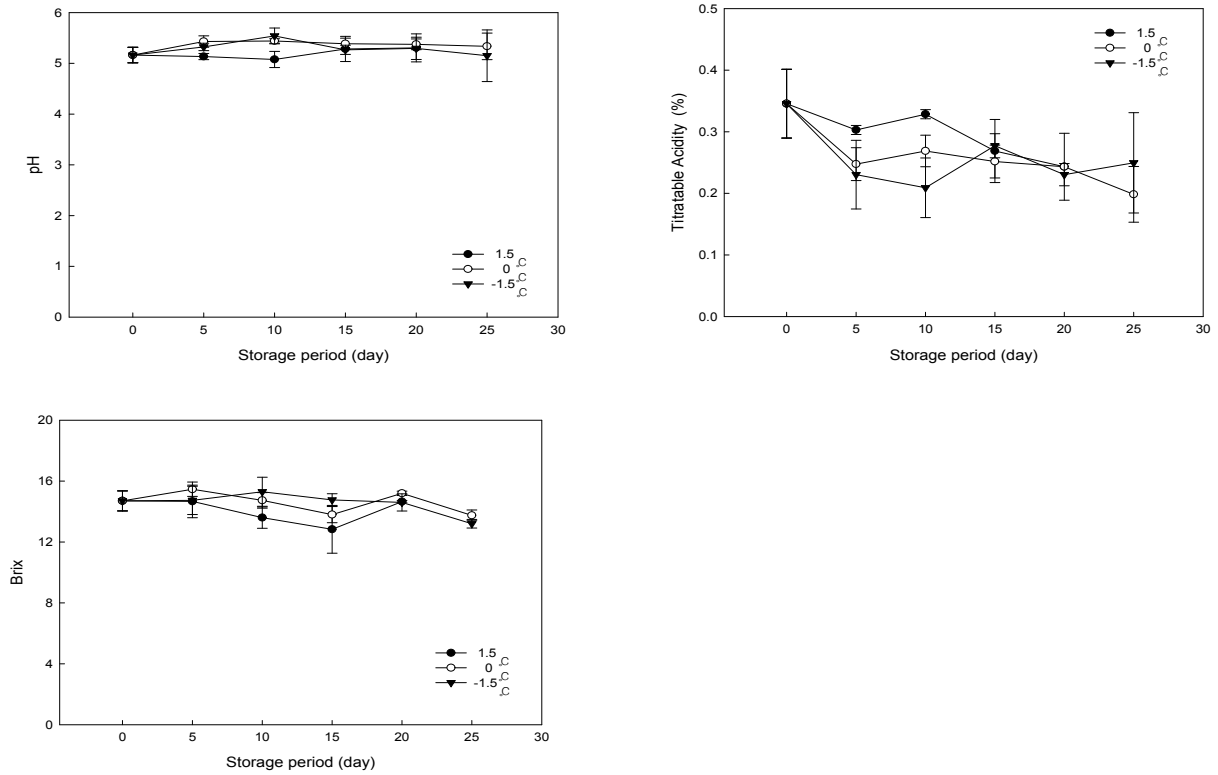


Fig. 3. Changes in pH, titratable acidity and soluble solids content of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.

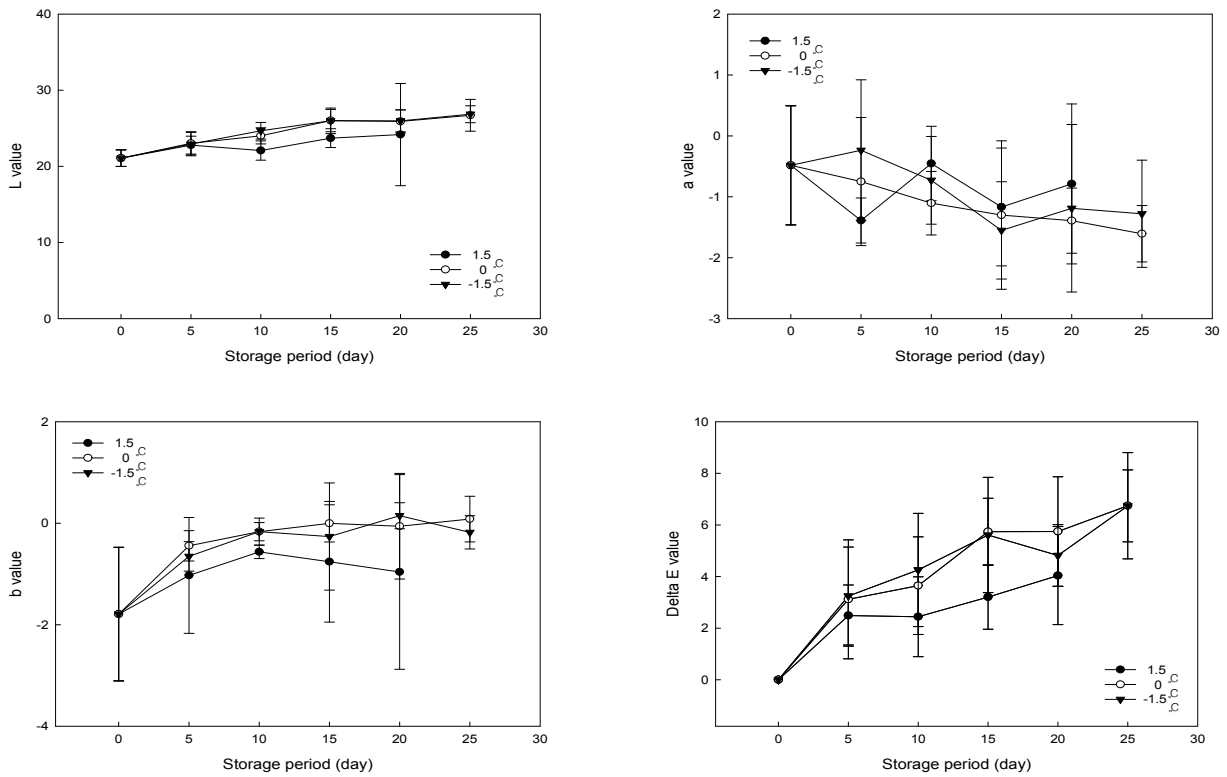


Fig. 4. Changes in Hunter color value and ΔE of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.

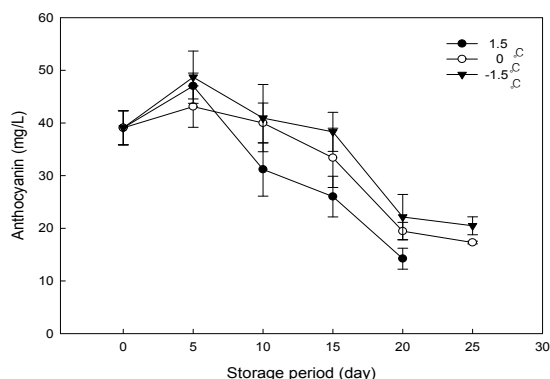


Fig. 5. Changes in total anthocyanin content of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.

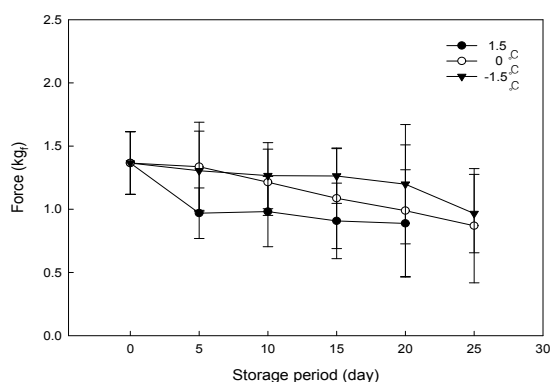
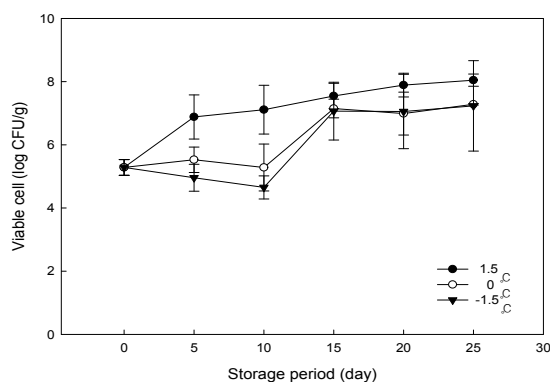


Fig. 6. Changes in firmness of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.



큰 차이를 보이지 않았으나 1.5°C에 비해서는 차이가 뚜렷한 것으로 나타났다. 한편 저장기간에 따른 총 균수의 변화 양상을 보면 1.5°C의 경우 저장기간 동안 그 수가 비교적 꾸준히 증가한 반면, 0°C와 -1.5°C에서는 저장초기 그 증가가 매우 완만하였으나 10일 이후 급증하였으며 15일 후부터는 그 변화가 미미하였다.

곰팡이의 경우, 총 균의 결과에서와 같이 전반적으로 저장기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며 저장 온도가 낮을수록 그 수가 적었다. 저장기간 동안 곰팡이 수의 변화 폭을 보면 1.5°C에서는 5.32~6.65 log CFU/g, 0°C에서는 5.32~6.81 log CFU/g, -1.5°C에서는 5.32~6.50 log CFU/g이었으며 각 저장기간별 곰팡이 수를 비교하면 -1.5°C의 경우가 1.5°C 및 0°C의 경우에 비하여 유의적으로 낮았다.

저장기간에 따른 곰팡이 수의 변화양상을 보면 1.5°C의 경우 저장 5일 이후 급증한 반면, 0°C 및 -1.5°C에서는 비교적 완만하면서도 지속적으로 증가하였다. 이와 같은 결과는 오디 표면에 균사체가 성장하는 것과 연관되어 변질을 및 관능적인 외관 품질평가에도 영향을 미쳤다.

변질을

오디의 변질율은 곰팡이 균사의 유무가 그 값을 결정하는 가장 중요한 요인이었는데 저장 중 그 값은 Fig. 8과 같이 저장기간이 지남에 따라 증가했으며, 온도가 낮을수록 낮았다.

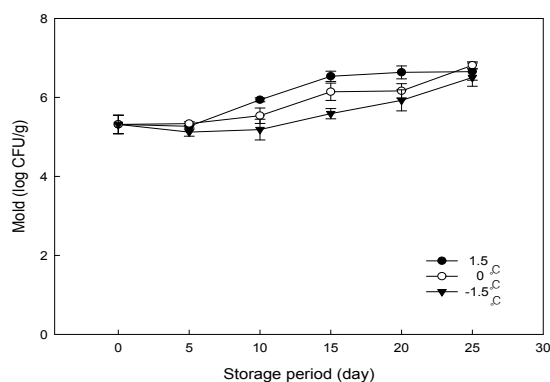


Fig. 7. Changes in total viable cell and mold population of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.

미생물의 변화

각 온도에서 저장한 오디의 총 균과 곰팡이 수 변화는 Fig. 7과 같이 저장기간에 따라 증가하였다. 총 균의 경우 전반적으로 저장온도가 낮을수록 그 수가 적었는데 저장 25일 후 1.5°C에서는 8.05 log CFU/g, 0°C 및 -1.5°C는 각각 7.28 log CFU/g 및 7.23 log CFU/g이었다. 이와 같은 값의 유의성을 검정하였던 바 0°C 및 -1.5°C는 그 값에 있어

특히, 10일 후 1.5°C에서는 50.00%로 변질이 급격히 진행되었던 반면, 0°C와 -1.5°C는 각각 7.67% 및 7.33%로 1.5°C에 비해 유의적인 차이를 보였으나 상호 간에는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 그러나 15일 이후 0°C에 저장하였던 오디의 변질은 -1.5°C에 비해 빠르게 진행되어 저장 종료 시점인 25일 후 0°C에서는 72.50%로 -1.5°C의 62.50%에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다.

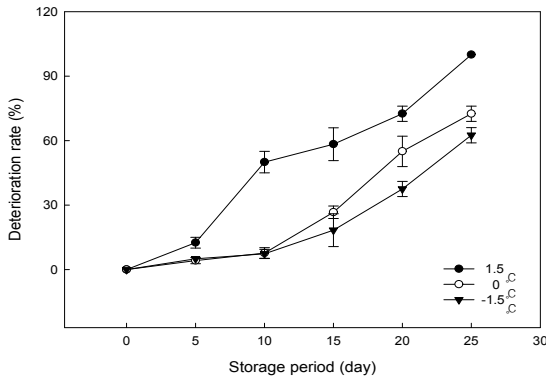


Fig. 8. Changes in deterioration rate of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days.

보이지 않았으나, 그 이후부터 -1.5°C의 오디가 다른 저장 온도의 오디보다 품질이 유의적으로 높았다. ‘외관’ 평가 결과에 의한 온도별 상품성 유지기간을 보면 1.5°C와 0°C에서 저장한 오디는 각각 5일, -1.5°C에서는 10일 이었다. ‘조직감’은 모든 저장 온도에서 기간이 지남에 따라 점차 감소하는 경향이었는데 1.5°C와 0°C는 각각 저장 15일까지, -1.5°C에서는 20일까지 그 상품성을 유지하였다. 오디의 ‘전반적인 품질’은 1.5°C와 0°C의 경우 저장 5일까지 상품성을 유지하였으나 저장 10일 후에는 상품성이 소실되었다. 반면 -1.5°C에서는 저장 10일까지 비교적 양호한 품질을 유지하였으나 15일 후에는 소실되었다. ‘전반적인 품질’ 평가 결과를 통계처리를 하여 상품성 유지기간을 추정하였던 바 1.5°C와 0°C에서 각각 약 7일 및 10일, -1.5°C는 약

Table 2. Changes in sensory quality of mulberry during storage at 1.5°C, 0°C and -1.5°C for 25 days

Attribute	Temperature	Storage period (day)					
		0	5	10	15	20	25
Overall	1.5°C	4.87±0.11 ^{aA1)}	3.53±0.61 ^{bC}	2.44±0.65 ^{cB}	1.66±0.84 ^{dB}	1.25±0.42 ^{deB}	1.00±0.00 ^{eB}
	0°C	4.87±0.11 ^{aA}	3.87±0.61 ^{bAB}	2.96±1.19 ^{cB}	2.06±0.62 ^{dB}	2.30±0.71 ^{dA}	1.30±0.42 ^{eB}
	-1.5°C	4.87±0.11 ^{aA}	4.08±0.50 ^{bA}	3.74±0.91 ^{bA}	2.63±0.77 ^{cA}	2.66±0.39 ^{cA}	1.70±0.42 ^{dA}
Appearance	1.5°C	4.94±0.10 ^{aA}	3.14±1.25 ^{bA}	1.99±0.50 ^{cC}	1.42±0.51 ^{dB}	1.30±0.48 ^{dB}	1.00±0.00 ^{dB}
	0°C	4.94±0.10 ^{aA}	3.73±0.91 ^{bA}	2.93±1.06 ^{cB}	1.75±0.40 ^{dAB}	1.81±0.37 ^{deA}	1.30±0.48 ^{eB}
	-1.5°C	4.94±0.10 ^{aA}	4.01±0.76 ^{bA}	3.69±0.87 ^{bA}	1.92±0.51 ^{cA}	2.00±0.00 ^{cA}	1.70±0.42 ^{cA}
Color	1.5°C	5.00±0.00 ^{aA}	4.99±0.03 ^{aA}	4.98±0.05 ^{aA}	4.50±0.90 ^{bB}	-	-
	0°C	5.00±0.00 ^{aA}	4.98±0.04 ^{aA}	4.97±0.07 ^{aA}	4.97±0.05 ^{aA}	4.90±0.00	-
	-1.5°C	5.00±0.00 ^{aA}	4.99±0.03 ^{aA}	4.98±0.06 ^{aA}	4.97±0.07 ^{aA}	4.96±0.07 ^a	-
Taste	1.5°C	4.87±0.16 ^{aA}	4.23±0.15 ^{bB}	4.00±0.00 ^{cA}	.*	-	-
	0°C	4.87±0.16 ^{aA}	4.28±0.11 ^{bAB}	4.17±0.17 ^{bA}	-	-	-
	-1.5°C	4.87±0.16 ^{aA}	4.43±0.27 ^{bA}	4.27±0.25 ^{bA}	-	-	-
Odor	1.5°C	5.00±0.00 ^{aA}	4.98±0.04 ^{aA}	4.91±0.12 ^{bA}	-	-	-
	0°C	5.00±0.00 ^{aA}	4.99±0.03 ^{abA}	4.96±0.07 ^{bA}	4.90±0.00	4.90±0.00	-
	-1.5°C	5.00±0.00 ^{aA}	5.00±0.00 ^{aA}	4.98±0.04 ^{aA}	4.95±0.07	4.97±0.06	-
Texture	1.5°C	4.81±0.12 ^{aA}	3.85±0.25 ^{bA}	3.44±0.59 ^{AB}	3.18±0.41 ^{cB}	2.13±0.86 ^{dB}	1.00±0.00 ^{cC}
	0°C	4.81±0.12 ^{aA}	3.96±0.34 ^{bA}	3.32±0.93 ^{cbB}	3.56±0.55 ^{cdAB}	2.98±0.59 ^{dA}	2.27±0.80 ^{eB}
	-1.5°C	4.81±0.12 ^{aA}	4.03±0.37 ^{bA}	3.96±0.51 ^{bcA}	3.63±0.52 ^{cdA}	3.42±0.42 ^{dA}	2.94±0.44 ^{eA}

¹⁾Data are presented as a means±standard deviation. Means with the same small letter in each storage period and the same capital in each temperature are not significantly different at p<0.05 using Duncan's multiple range test.

*: Unacceptable for evaluation.

관능적 품질 변화

온도에 따른 저장 중 오디의 관능적 품질은 Table 2와 같이 모든 저장 온도에서 기간이 지남에 따라 유의적으로 저하하는 경향이였다. ‘색’과 ‘향’은 저장기간 동안 저장 온도에 따른 차이를 보이지 않았으며, ‘맛’은 저장 10일 후까지 저장 온도에 따른 품질 차이는 유의적이지 않았다. ‘외관’의 경우 저장 5일까지 각 온도 처리구 간 유의적인 차이를

13일까지 가능할 것으로 나타났다.

한편 1차 실시한 유통온도에 따른 실험결과 0°C에서는 12일간 상품성이 유지되는 것으로 평가되었으나 2차 실험에서는 이보다는 2일정도 짧게 상품성이 유지되는 것으로 나타났는데, 이러한 차이는 1차 및 2차 실험에 사용한 날개 포장 단위의 크기가 다름에 따른 영향일 수도 있겠지만, 실험에 사용된 오디가 동일 농장에서 수확된 오디이더라도

수확시기에 따라 품질의 차이가 발생할 수 있음도 유추케 하는 결과라 판단된다.

요 약

오디의 유통 온도에 따른 품질변화 연구로 오디를 20℃, 10℃ 및 0℃에서 방치하면서 온도에 따른 미생물, 변질율 및 관능적 품질의 변화를 조사하였고, 이를 바탕으로 품질 유지기간을 연장키 위한 적정 저온저장 온도를 설정키 위해 오디를 채차 1.5℃, 0℃ 및 -1.5℃에 각각 저장하면서 색도, 미생물, 변질율, 경도, pH, 산도, 당도, 안토시아닌과 관능적 품질을 평가하였다. 유통온도에 따른 품질 변화 조사 결과 20℃와 10℃에서는 각각 2일 및 6일째, 0℃에선 12일째에 완전히 변질되었으며 관능적 평가에 의한 상품성은 20℃, 10℃ 및 0℃에서 각각 1일, 4일 및 12일간 유지되었다. 오디를 1.5℃, 0℃ 및 -1.5℃에 각각 저장하였던바 총 균수, 곰팡이 수 및 변질율은 -1.5℃ < 0℃ < 1.5℃ 순으로 높았다. 저장온도별 경도 및 안토시아닌 변화는 -1.5℃에서 가장 적었다. 적정산도와 가용성고형물 함량은 전반적으로 감소하였으며 저장온도에 따른 차이는 뚜렷하지 않았다. 저장 온도에 따른 오디의 관능적 상품성 유지기간은 0℃를 기준으로 1.5℃에서는 0.7배 정도로 짧아진 반면 -1.5℃에서는 1.3배정도 연장되었다.

감사의 글

본 논문은 2011년 농림수산기술기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB (1999) Chemical characteristics of mulberry syncarp. *Korean J Seric Sci*, 41, 123-128
- Lee HW, Shin DH, Lee WC (1998) Morphological and chemical characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with varieties. *Korean J Seric Sci*, 40, 1-7
- Kim HB, Kim SL, Moon JY (2002) Quantification and varietal variation of anthocyanin pigment in mulberry fruits. *Korean J Breed*, 34, 207-211
- Kim HB, Kim SL (2004) Quantification and varietal variation of rutin in mulberry fruits. *Korean J Seric Sci*, 46, 1-5
- Kim HB, Kim SL, Sung GB, Nam HW, Chang SJ, Moon JY (2003) Quantification and varietal variation of fatty acids in mulberry fruits. *Korea J Seric Sci*, 45, 75-79
- Choi KH, Son JH, Choi IS, Choi YJ, Bae SJ, Kim MH (2007) The effect of mulberry fruits extracts on blood flow improvement in ovariectomized rats. *J Life Sci*, 17, 575-580
- Kim AJ, Kim HB, Bang IS, Kim SY (2006) The effects of mulberry fruit extract supplementation on the serum mineral contents and oxidative stress markers of middle-aged humans living in Choongnam area. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 284-289
- Bang IS, Park HY, Yuh CS, Kim AJ, Yu CY, Bimal Ghimire, Lee HS, Park JG, Choung MG, Lim JD (2007) Antioxidant activities and phenolic compounds composition of extracts from mulberry (*Morus alba* L.) Fruit. *Korean J Medicinal Crop Sci*, 15, 120-127
- Kim AJ, Kim MW, Woo NY, Kim SY, Kim HB, Lim YH, Kim MH (2004) Study on the nutritional composition and antioxidative capacity of mulberry fruit (Ficus-4x). *Korean J Food Sci Technol*, 36, 995-1000
- Lee EJ, Bae JH (2011) Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry fruit. *Korean J Food & Nutr*, 24, 204-209
- Seed and Life Industry Division (2011) Statistical Data of Sericultural Industry, Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries, Seoul, Korea.
- Kim EO, Lee YJ, Leem HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW (2010) Comparison of nutritional and functional constituents and physicochemical characteristics of mulberry from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1467-1475
- Kim HB, Kim SL, Moon JY, Chang SJ (2003) Quantification and varietal variation of free sugars in mulberry fruits. *Korean J Seric Sci*, 45, 80-84
- Shin DH, Lee HW, Kim YH, Leem DG (1995) Constituent characteristics of mulberry cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 138
- Sung GB, Kim HB, Hong IP, Nam SH, Chung IM (2007) Characteristics of newly bred mulberry cultivar "Daesungppong" (*Morus Lhou*(Ser.)Koidz.) for mulberry fruit production. *Korean J Seric Sci*, 49, 56-59
- Hong YP, Lee JH, Kim HD, Shin YS, Kim KS, Lee SW, Ro HJ, Cho MA, Kim YC (2010) Anatomical analysis related with fruit skin structure in several type of berry. Paper presented at 93th Conference of Korean Soc Hort Sci Technol, October 2010, Korea, 96

17. Park KJ (2001) Characteristics of mulberry fruits on Daeseongppong, Daebungppong, Daeokppong and Shingwangppong (*Morus* spp.). Korean J Seric Sci, 43, 99-103
18. Park KJ, Sung GB, Lee YK (2001) Fertility and characteristics of mulberry fruits on Daejappong and Garmbacppong (*Morus* spp.). Korean J Seric Sci, 43, 93-98
19. Kim HR, Kwon YH, Kim HB, Ahn BH (2006) Characteristics of mulberry fruit and wine with varieties. J Korean Soc Appl Biol Chem, 49, 209-214
20. Kim KI, Kim ML (2010) Characteristics of wine fermented from mulberry juice. Korean J Food Preserv, 17, 563-570
21. Kang YS, Cho TO, Hong JS (2009) Quality characteristics of *Jeolpyon* with added mulberry fruit powder. Korean J Food Cookery Sci, 25, 513-519
22. Lee YJ, Ryu HS, Chun SS (2010) Quality characteristics of salad dressing prepared with mulberry fruit powder. Korean J Food Cookery Sci, 26, 537-544
23. Lee JA (2011) A study on recognition and preference for processed product developments of mulberry (*Morus alba* L) fruit products. Korean J Culinary Res, 17, 231-243
24. Lee JH, Hong YP, Kim HD (2010) The quality changes of mulberry on storage temperature after harvest. Paper presented at 93th Conference of Korean Soc Hort Sci Technol, October 2010, Korea, 98
25. Chen Z, Zhu C, Han Z (2011) Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on nutritional component and shelf-life of mulberry fruit (*Morus alba* L.). J Biosci Bioeng, 111, 675-681
26. Lee JM, Rovert W, Ronald E (2005) Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverage, natural colorants and wines by the pH, Differential method: collaborative study. J AOAC Int, 88, 1269-1278
27. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Noh BS, Cha HS (2009) Quality changes in *Rubus coreanus Miquel* during frozen storage. Korean J Food Preserv, 16, 618-622
28. Shin SH, Kim MS, Choi JH, Lee HJ, Lee WO, Jung MC (2009) Quality changes of strawberry according to postharvest period and environment temperature. Paper presented at 30th Conference of Korean J Food Preservation, November 13, Korea
29. Fisher RB, Bennett AB (1991) Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. Ann Rev Plant Mol Biol, 42, 675-703
30. Yang YJ (1997) Physiological responses of strawberry fruit affected by storage temperatures. Sangmyung Univ Industry Sci Research, 5, 5-13

(접수 2012년 11월 22일 수정 2013년 2월 28일 채택 2013년 3월 5일)