ISSN(Print) : 1738-7248, ISSN(Online) : 2287-7428
Korean J Food Preserv
21(5), 652-660 (2014)
http://dx.doi.org/10.11002/kjfp.2014.21.5.652

사단법인 한국식품저장유통학회
The Korean Society of Food Preservation

Non-thermal treatment of *Prunus mume* fruit and quality characteristics of the dehydrated product

Ji-Hoon Kang, Nam-Ho Kim, Kyung Bin Song*
Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

청매실의 비가열 전처리 및 건조매실의 특성

강지훈 · 김남호 · 송경빈*
충남대학교 식품공학과

Abstract

To maintain the microbiological safety of *Prunus mume* fruit before it is processed, it was treated with a combination of 0.5% citric acid and 0.1% Tween 20, and stored at 4±1℃ for seven days. The combined treatment reduced total aerobic bacteria, yeast, and mold populations in the fruit by 2.20 and 1.70 log CFU/g, respectively, compared to those in the control. Organic acid contents and the Hunter L*, a*, and b* values were not affected by the treatment during the storage. In addition, the dried *Prunus mume* fruit prepared with 40% red algae extract (RAE) or maltodextrin (MD) treatment and hot-air drying were compared with respect to the fruit's physicochemical properties such as color, total phenolic and flavonoid content, and microstructure. The hot-air dried samples had undesirable color changes and inferior textures. The RAE-treated samples had a higher total phenolic content (225.15 mg gallic acid equivalent (GAE)/100 g) and total flavonoid content (49.25 mg quercetin equivalent (QE)/100 g) than the other treatments. The treatment of *Prunus mume* fruit with RAE can provide better-dried products than can MD treatment or hot-air drying. These results suggest that the combined treatment with citric acid and Tween 20 can be effective in preserving the microbiological safety of *Prunus mume* fruit, and its dehydration using RAE is an efficient drying method.

Key words : *Prunus mume* fruit, citric acid, Tween 20, dehydrated product

서 론

매실(*Prunus mume*)은 유리당과 무기질 함량이 풍부하고 citric acid, malic acid 등의 유기산을 많이 함유하고 있는 알칼리성 식품으로(1), 항당뇨, 항산화, 항고혈압 등 다양한 생리활성이 보고되었다(2,3). 이러한 매실은 주로 매실주나 매실음료 등 다양하게 가공되는데(4), 가공 전까지 저장기간이 짧고 세척 등 전처리 없이 유통되기 때문에 미생물학적 안전성 확보가 어려울 뿐만 아니라, 수확 후 빠른 후숙으로 인하여 장기 저장 및 유통이 힘들어 미생물 생육 저해를 위한 전처리 기술과 저장성 증진을 위한 연구가 필요하다.

매실과 같은 신선 과채류의 경우 가열 처리로 미생물학적 안전성을 확보하기가 어렵기 때문에 염소, 이산화염소수, 유기산, 전해수, UV-C 조사 등의 비가열 처리로 미생물학적 안전성을 확보해야 한다(5-8). 특히 유기산은 FDA에서 허가된 식품첨가물로써 과채류 표면의 pH를 낮추어 미생물 생장을 제어하는 효과로 과일 및 채소의 미생물 제어를 위해 사용되고 있다(9,10). 또한, 비가열 처리 방법으로써 과채류의 미생물 제거를 위해 계면활성제가 사용된다(11). 계면활성제는 채소류 표면에 부착되어 있는 미생물, 포자, 바이러스 등의 부착 능력을 감소시키는데, 계면활성제에 의한 미생물 제거 효과는 hydrophilic-lipophilic balance (HLB) 값이 클수록 높다고 보고되었다(12). 본 연구에서는 FDA에서 generally recognized as safe(GRAS)로 인정된 계면활성제 중 HLB 값이 가장 높은 Tween 20를 사용하였다.

수확 후 매실의 저장성을 높이고 다양한 가공식품을 제조하기 위한 방법으로는 당절임, 발효, 건조 등의 기술이

*Corresponding author. E-mail : kbsong@cnu.ac.kr
Phone : 82-42-821-6723, Fax : 82-42-825-2664

활용된다. 특히 건조와 관련해서, 건조방법 중 가장 경제적인 열풍건조는 높은 온도에서 건조하기 때문에 영양소의 손실 및 색, 향 등에 있어서 품질 저하를 초래하고 세포조직의 파괴로 인하여 건조 후 복원율이 낮은 단점이 있다(13). 반면에 최근 많은 연구가 진행된 분자압축탈수 방법(14,15)은 세포벽 간의 농도 구배에 의해 생긴 압력으로 탈수하는 방법으로써 시료의 품질 변화를 최소화하면서 수분을 탈수시킬 수 있는 효율적인 건조 방법이지만, 많은 양의 탈수제가 요구되기에 경제적인 건조 공정을 위해서는 가격이 저렴한 탈수제가 요구된다. 탈수제로써 많이 사용되나 가격이 상대적으로 높은 maltodextrin(MD)에 비하여 본 연구진에서 개발한 탈수제인 홍조류 추출물은 홍조류 펄프 제조 공정 중 생산되는 부산물로써 저비용으로 생산이 가능하다는 장점이 있다(16).

따라서 본 연구에서는 수확 후 매실에 citric acid와 Tween 20 단일 처리 및 병합 처리에 따른 미생물 저감화 효과와 세척 처리 후 저장 중 품질 변화를 비교, 분석함으로써 효과적인 매실의 가공 전 비가열 전처리 기술을 확립하고, 또한 매실의 저장성을 높이기 위한 건조 공정 개발을 위한 기초연구로써, 분자압축탈수 방법을 이용한 건조와 열풍건조를 비교함으로써 건조방법에 따른 건조 매실의 이화학적 특성을 비교, 분석하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 저장 조건

매실은 전남 순천에서 생산된 것으로 외관상태 및 크기가 균일하고 숙성도가 일정한 것으로 선별하여 실험에 사용하였다. 수확 후 매실은 세척처리 후, 4±1℃에서 7일 동안 low density polyethylene(LDPE) bag(21 cm×29 cm, 두께: 0.13 mm)에 처리구에 따라 개별 포장하여 저장하였다. 건조 매실 제조를 위한 탈수제로 사용된 MD는 DE 9-12 (Daesang, Gunsan, Korea)를 사용하였으며, 홍조류 추출물(red algae extract, RAE)은 제주도산 우뭇가사리와 물을 1:20(w/v)의 비율로 추출기에 넣고 불순물 제거를 위해 20% 초산을 첨가하여 120℃에서 2시간 동안 추출한 후, 추출물을 동결건조기(FD-5508, Ilshin Lab Co., Seoul, Korea)를 사용하여 동결 건조한 후 사용하였다.

세척처리

유기산과 계면활성제 처리 농도와 관련한 예비실험 결과(data not shown)를 토대로, 수확 후 매실을 물, 0.5% citric acid, 0.1% Tween 20 용액에 각각 5분씩 침지하였고, 침지처리 후 clean bench에서 30분 동안 방치함으로써 표면에 남아있는 수분을 제거하였다. 동일한 방법으로 0.5% citric acid와 0.1% Tween 20 용액을 병합하여 세척한 것을 병합처리구로 하였고, 세척과정을 거치지 않은 신선 매실을 대조구로 사용하였다.

미생물 생육 측정

신선 매실 시료 50 g과 0.1% 멸균 펩톤수 450 mL을 멸균 bag에 넣고 10분간 shaking하여 균질화 시켰다(17). 균질화된 시료를 0.1% 멸균 펩톤수로 10배수 연속 희석 한 후 각각의 배지에 분주하였다. 총 호기성 세균은 plate count agar(PCA, Difco Co., Detroit, MI, USA)를 사용하여 37℃에서 48시간 배양하고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco)를 사용하여 25℃에서 72시간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit(CFU)로 나타내었으며, 3회 반복하여 실험하였다.

유기산 함량 분석

신선 매실의 유기산 함량 분석은 HPLC(Waters, Milford, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 마쇄된 신선 매실 10 g을 50 mL 3차 증류수로 30분 동안 추출한 후, 12,000×g에서 10분 동안 원심분리하여 얻어진 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC에 10 μL씩 주입하였다(18). HPLC 분석에 사용된 컬럼은 XBridge^{TM} C_{18}(4.6×250 mm, Waters)이었으며, 이동상은 20 mM H_3PO_4-NaH_2PO_4 (pH 2.5)용액을 사용하였고 유속은 0.7 mL/min이었다. 검출기로 UV detector를 사용하여 210 nm에서 유기산을 검출하였다.

색도 측정

색도는 색차계(CR-400 Minolta Chromameter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. Hunter L^*, a^*, b^* 값은 각 시료의 표면을 5회 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었으며, 이 때 사용한 표준 백판의 L^*, a^*, b^* 값은 각각 L^*=94.63, a^*=-1.35, b^*=3.39 이었다. 건조 매실은 5 g을 파쇄하여 80% 메탄올 50 mL을 첨가하고 24시간 동안 25℃에서 추출한 후 Whatman No. 1 여과지를 이용하여 여과한 다음 색도를 측정하였다.

탈수 및 건조

탈수 처리는 Wang 등(16)과 Kim 등(15)의 기존 방법을 따라 수행하였는데, 예비실험 결과(data not shown)에 따라 씨를 제거한 매실 100 g에 분말 상태의 RAE 또는 MD을 40%(w/w)로 첨가하여 25℃에서 실시하였다. 탈수 후 시료 표면의 탈수제인 MD 또는 RAE를 제거하기 위하여 수 초간 세척하고 물기를 제거한 후, 25℃에서 방치함으로써 잔류수분을 완전히 제거하였다. 열풍건조는 열풍건조기(HB-502LP, Hanbaek Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 70℃에서 24시간 동안 건조하였다.

수분함량 측정

매실의 수분함량은 건조기(C-DO, Chang Shin Scientific Co., Seoul, Korea)를 사용하여 105℃에서 24시간 동안 건조한 후 무게를 측정하여 분석하였다.

복원율(rehydration ratio) 측정

건조된 매실을 25℃에서 증류수 100 mL에 침지하고, Wang 등(16)의 방법에 따라 10분 간격으로 시료를 꺼내 표면의 물기를 제거한 후 무게를 측정하였다. 복원율은 흡수된 물 무게 대비 시료의 건물(g/g)로 표시하였다.

총 페놀 함량 측정

매실의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 사용하여 Rumbaoa 등(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. 건조된 매실을 80% 메탄올에 1:20(w/v)의 비율로 넣고 24시간 동안 추출한 다음, 추출액을 Whatman No. 1 여과지를 이용해 여과하여 실험에 사용하였다. 추출액 100 μL에 증류수 1.5 mL, 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagnet 100 μL를 첨가하여 혼합한 후, 20% sodium carbonate 용액 300 μL를 넣고 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 spectrophotometer (Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였고, 총 페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용한 검량선을 사용하여 mg GAE/100 g으로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

매실의 총 플라보노이드 함량은 Dewanto 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 건조된 매실을 80% 메탄올에 1:20(w/v)의 비율로 넣고 24시간 동안 추출한 다음 추출액을 Whatman No. 1 여과지를 이용해 여과하여 실험에 사용하였다. 추출액 250 μL에 5% sodium nitrate 용액 75 μL를 첨가하여 6분 동안 반응시킨 후 10% aluminum chloride 용액 150 μL, 1 M NaOH 500 μL, 증류수 2.5 mL를 순차적으로 첨가하여 혼합하였다. 혼합액을 spectrophotometer (UV-2450, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 quercetin을 표준물질로 사용한 검량선에 근거하여 산출한 다음 mg QE/100 g으로 표시하였다.

Scanning electron microscopy(SEM) 분석

건조된 매실의 미세구조를 관찰하기 위하여 전자주사현미경(LEO 1455VP, Angstrom Scientific Inc., Cambridge, England)을 이용해 20 kV에서 시료의 단면을 300 배율로 관찰하였다.

통계처리

본 실험의 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System program, 8.2, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였으며, $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test 방법을 사용하여 각 처리구간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

저장 중 미생물 성장 변화

수확 후 매실에 물, 0.5% citric acid, 0.1% Tween 20 단일 처리와 citric acid와 Tween 20 병합 처리 후 저장 7일 동안 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수 변화를 조사하였다 (Table 1). 매실의 저장 초기 대조구의 총 호기성 세균은 4.26 log CFU/g이었고, citric acid와 Tween 20 단일 처리구의 경우 2.65, 2.91 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 각각 1.61, 1.35 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였다. 이러한 결과는 Akbas와 Olmez(21)가 *Escherichia coli*와 *Listeria monocytogenes*가 접종된 iceberg lettuce에 5분 동안 0.5% citric aicd 세척 처리 후 대조구와 비교했을 때 각 병원성 균을 2.70, 1.50 log CFU/g 감소시켰다는 결과와, Sagong 등(22)이 lettuce에 *E. coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium*, *L. monocytogenes* 접종 후 0.5% citric acid로 5분 처리하였을 때 각 병원성 균이 0.74, 1.07, 0.71 log CFU/g 감소되었다는 연구결과와 유사하였다. 미생물 수 감소에 있어서 본 실험 결과와 다소 차이가 발생한 이유는 시료군의 차이 및 세척 대상(총 호기성 세균 또는 병원성 균)의 차이 때문이라고 판단된다. 또한, Li 등(23)은 S. *Typhimurium*이 접종된 블루베리를 0.05% sodium dodecyl surfate(SDS) 용액에 5분간 세척 처리하였을 때 미생물 수가 1.80 log CFU/g 감소하였다고 보고한 바 있는데, 이러한 감균 효과는 본 연구결과와 더불어 Tween 20 또는 SDS 등의 계면활성제 단일 처리만으로도 신선 과채류 표면의 미생물 수 감소에 효과적임을 나타낸다. Citric acid와 Tween 20 병합 처리구의 경우, 총 호기성 세균이 2.06 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 2.20 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보여, 모든 처리구 중 가장 큰 감균 효과를 나타내었다. 이러한 결과는 cantaloupe melon에 60 mg/L peracetic acid 단일 처리 및 0.1% Tween 80과 병합 처리했을 때, 단일 처리 시 1.15 log CFU/g, 병합 처리 시 1.93 log CFU/g의 감균 효과를 얻어 유기산과 계면활성제 병합 처리 후 더 큰 미생물 수 감소를 보였다는 연구결과와 유사하였다(24). 감균 효과에 있어서 본 연구결과와 다소 차이가 나는 이유는 사용된 유기산의 종류와 농도 차이 및 Tween 20과 Tween 80의 HLB 값이 각각 16.7, 15로 미생물 제거 효과에 있어서 차이가 나기 때문이라고 판단된다. 세척에 의한 매실의 총 호기성 세균의 감균 효과는 저장 기간 동안에도 지속되었는데, 저장 7일 후 대조구의 미생물 수가 4.55 log CFU/g인 반면에 citric acid와 Tween 20 단일 처리구는 3.11, 3.28 log CFU/g을 나타내어 각각 1.44, 1.27 log CFU/g의 미생물 수 감소를 보였으며, citric

acid와 Tween 20 병합 처리구는 2.22 log CFU/g으로 2.33 log CFU/g의 유의적인 미생물 수 감소로 가장 높은 감균 효과를 유지하였다. 이러한 결과는 수확 후 매실에 citric acid와 Tween 20의 단일 처리보다 병합 처리가 더욱 효과적인 미생물 감소 방법임을 시사한다.

매실의 저장 중 효모 및 곰팡이 수의 경우에도 총 호기성 세균의 결과와 유사한 경향을 나타내었다(Table 1). 매실의 저장 초기 대조구의 경우 3.92 log CFU/g이었고, citric acid와 Tween 20 처리구는 2.66, 3.12 log CFU/g으로 대조구와 비교하여 1.26, 0.80 log CFU/g의 감균 효과를 보였고, citric acid와 Tween 20 병합 처리구는 2.22 log CFU/g으로 1.70 log CFU/g의 가장 큰 미생물 수 감소를 나타내었다. 이러한 미생물 수 감소 효과는 저장 중에도 지속되었는데, 저장 7일 후 대조구가 4.39 log CFU/g을 나타낸 반면에 citric acid와 Tween 20 단일 처리구 및 병합 처리구는 각각 3.12, 3.54, 2.58 log CFU/g으로 1.27, 0.85, 1.81 log CFU/g의 감균 효과를 보였다. 비가열 처리 후 총 호기성 세균 수 결과와 비교하여 효모 및 곰팡이 수가 다소 낮게 감소하는 경향을 보였는데, 이는 효모 및 곰팡이가 총 호기성 세균보다 산에 대한 저항성이 강하여 유기산에 의한 미생물 사멸 효과가 작게 나타났다고 생각된다. 또한 계면활성제의 경우, 매실 표면에 부착되어 있는 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이의 부착 능력의 차이로, 실제 미생물 제거 효과에 있어 차이가 발생했기 때문이라고 판단된다(12). 미생물 수 감소 효과에 있어 다소 차이는 있으나 citric acid와 Tween 20 병합 처리 후 저장 7일 동안 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수에 있어서 각각 2.33, 1.81 log CFU/g의 유의적인 미생물 수 감소를 보여, 유기산과 계면활성제의 병합 처리가 가공 전 수확 후 매실의 미생물학적 안전성을 확보할 수 있는 효과적인 전처리 기술이라고 판단된다.

저장 중 품질 변화

매실에는 많은 malic acid를 포함하여 citric acid, oxalic acid 및 succinic acid 등의 다양한 유기산을 함유하고 있는데(25), 저장 7일 동안 수확 후 매실의 유기산 함량 변화를 HPLC로 분석하였다(Table 2). 매실의 유기산 함량을 분석한 결과, malic acid, citric acid, oxalic acid의 순서로 높은 함량을 보였다. 저장 초기 malic acid 함량은 대조구 및 모든 처리구가 약 420 mg/ 100 g으로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 저장 7일 동안에도 처리구간에 차이가 나타나지 않았다. Citric acid와 oxalic acid 함량 역시 처리구 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 저장 기간 동안에도 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 7일 후 대조구 및 처리구에 상관없이 malic acid, citric acid, oxalic acid 모두 유의적으로 감소하였는데, 이러한 결과는 꾸지뽕나무 열매의 숙성이 진행됨에 따라 유기산 함량이 감소되었다는 연구결과(26)와, 토종 복분자 딸기의 유기산 함량이 숙성함에 따라 감소하였다는 연구결과(27)와 유사하였다. 이러한 저장 중 유기산 함량의 감소 원인은 수확 후 호흡작용을 통해 유기산을 소비하기 때문이며, 따라서 저장 기간이 길어질수록 과실 특유의 신맛이 감소하게 된다고 알려져 있다(28). 유기산 함량이 저장 중 감소하는 경향을 보이긴 하나 세척 처리에 따른 유의적인 차이를 보이지 않기 때문에, 본 연구에서 사용된 세척 처리는 매실의 유기산 함량 변화에 큰 영향을 미치지 않으면서 동시에 품질을 유지할 수 있는 효과적인 가공 전 처리 기술이라고 판단된다.

수확 후 매실의 저장 중 색도 변화를 측정한 결과(Table 3), 매실의 Hunter L* 값은 대조구를 포함한 모든 처리구가 46 이상으로 처리구간의 유의적 차이를 보이지 않았으며, 저장 7일 동안에도 모든 처리구에서 차이를 나타내지 않았다. 또한 a^*, b^* 값 역시 약 -13, 19로 L^* 값과 동일하게 처리구

Table 1. Change in the populations of preexisting microorganisms in *Prunus mume* fruit during storage at 4℃

(unit: log CFU/g)

Microorganism	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Total aerobic bacteria	Control	4.26±0.52$^{Aa2)}$	4.28±0.16^{Aa}	4.33±0.05^{Aa}	4.49±0.07^{Aa}	4.55±0.07^{Aa}
	Water washing	3.94±0.14^{Ab}	4.01±0.15^{Bb}	4.08±0.08^{Bb}	4.26±0.09^{Ba}	4.32±0.10^{Ba}
	Citric acid (0.5%)	2.65±0.04^{Bc}	2.72±0.17^{Dbc}	2.83±0.16^{Db}	3.01±0.04^{Da}	3.11±0.06^{Da}
	Tween 20 (0.1%)	2.91±0.37^{Bb}	2.93±0.16^{Cb}	3.08±0.07^{Cab}	3.19±0.04^{Cab}	3.28±0.08^{Ca}
	Citric acid + T 20[1)]	2.06±0.10^{Ca}	2.06±0.11^{Ea}	2.09±0.10^{Ea}	2.16±0.15^{Ea}	2.22±0.17^{Ea}
Yeast and molds	Control	3.92±0.10^{Ad}	3.98±0.05^{Acd}	4.05±0.07^{Ac}	4.21±0.06^{Ab}	4.39±0.06^{Aa}
	Water washing	3.64±0.04^{Bd}	3.72±0.09^{Bd}	3.82±0.11^{Bc}	4.03±0.08^{Ab}	4.18±0.07^{Ba}
	Citric acid (0.5%)	2.66±0.20^{Db}	2.74±0.25^{Db}	2.86±0.23^{Dab}	3.05±0.24^{Ca}	3.12±0.21^{Da}
	Tween 20 (0.1%)	3.12±0.08^{Cd}	3.21±0.05^{Cd}	3.31±0.07^{Cc}	3.43±0.09^{Bb}	3.54±0.08^{Ca}
	Citric acid + T 20	2.22±0.07^{Ec}	2.27±0.08^{Ec}	2.33±0.06^{Ebc}	2.42±0.10^{Db}	2.58±0.03^{Ea}

[1)]Citric acid + T 20: Sanitizer mixture of 0.5% citric acid and 0.1% Tween 20

[2)]Any means in the same column (A-E) or row (a-d) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different.

Table 2. Change in the organic acids content of *Prunus mume* fruit during storage at 4℃

(unit: mg/100 g)

Organic acid	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
Citric acid	Control	172.2±0.05$^{Aa1)}$	161.1±0.00^{Ab}	156.2±0.00^{Abc}	151.2±0.06^{Ac}	148.1±0.01^{Ac}
	Water washing	169.4±0.01^{Aa}	160.4±0.01^{Ab}	156.8±0.02^{Abc}	152.5±0.07^{Acd}	148.9±0.00^{Ad}
	Citric acid (0.5%)	168.1±0.01^{Aa}	159.1±0.01^{ABb}	155.0±0.01^{Ac}	151.0±0.03^{Ad}	147.1±0.01^{Ae}
	Tween 20 (0.1%)	168.9±0.02^{Aa}	157.8±0.02^{Bb}	153.8±0.02^{Ab}	149.3±0.01^{Ac}	147.0±0.02^{Ac}
	Citric acid + T 20	166.4±0.07^{Aa}	161.2±0.01^{Aab}	155.3±0.02^{Abc}	151.0±0.01^{Ac}	147.9±0.04^{Ac}
Malic acid	Control	415.4±0.04^{Aa}	406.9±0.05^{Aab}	400.3±0.03^{Abc}	391.1±0.03^{Ac}	389.2±0.10^{Ac}
	Water washing	422.9±0.00^{Aa}	408.7±0.05^{Ab}	396.9±0.08^{Ac}	390.1±0.00^{ABc}	389.2±0.00^{Ac}
	Citric acid (0.5%)	416.5±0.08^{Aa}	405.8±0.05^{Aa}	391.4±0.11^{ABb}	387.2±0.00^{ABCb}	386.5±0.01^{Ab}
	Tween 20 (0.1%)	419.1±0.00^{Aa}	396.7±0.01^{Bb}	385.2±0.01^{Bc}	381.5±0.05^{Ccd}	380.1±0.01^{Ad}
	Citric acid + T 20	418.7±0.01^{Aa}	399.7±0.01^{Bb}	389.6±0.00^{ABc}	381.7±0.07^{BCc}	381.4±0.10^{Ac}
Oxalic acid	Control	17.0±0.00^{Aa}	15.6±0.00^{Bb}	14.8±0.00^{Ac}	14.7±0.00^{Ac}	14.3±0.00^{Bc}
	Water washing	17.0±0.01^{Aa}	16.3±0.00^{Aab}	15.3±0.00^{Ab}	15.2±0.00^{Ab}	14.9±0.00^{Ab}
	Citric acid (0.5%)	16.9±0.00^{Aa}	15.6±0.00^{Bb}	14.7±0.00^{Ac}	14.6±0.00^{Acd}	14.2±0.00^{Bd}
	Tween 20 (0.1%)	17.4±0.00^{Aa}	16.9±0.00^{Aa}	15.3±0.00^{Ab}	15.3±0.01^{Ab}	15.1±0.00^{Ab}
	Citric acid + T 20	17.2±0.00^{Aa}	16.8±0.00^{Aa}	15.3±0.00^{Ab}	15.2±0.01^{Ab}	15.0±0.00^{Ab}

[1)]Any means in the same column (A-B) or row (a-e) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different.

Table 3. Change in Hunter color values in *Prunus mume* fruit during storage at 4℃

Color	Treatment	Storage time (day)				
		0	1	3	5	7
L*	Control	46.48±0.19$^{Aa1)}$	46.32±0.25^{Aa}	46.47±0.25^{Aa}	46.38±0.31^{Aa}	46.41±0.24^{Aa}
	Water washing	46.34±0.32^{Aa}	46.54±0.30^{Aa}	46.57±0.23^{Aa}	46.44±0.30^{Aa}	46.47±0.27^{Aa}
	Citric acid (0.5%)	46.34±0.33^{Aa}	46.41±0.29^{Aa}	46.45±0.39^{Aa}	46.59±0.37^{Aa}	46.46±0.29^{Aa}
	Tween 20 (0.1%)	46.56±0.21^{Aa}	46.55±0.34^{Aa}	46.44±0.22^{Aa}	46.33±0.24^{Aa}	46.54±0.22^{Aa}
	Citric acid + T 20	46.67±0.44^{Aa}	46.42±0.20^{Aa}	46.41±0.30^{Aa}	46.52±0.37^{Aa}	46.69±0.12^{Aa}
a*	Control	-13.68±0.31^{Aa}	-13.50±0.40^{Aa}	-13.37±0.28^{Aa}	-13.65±0.40^{Aa}	-13.34±0.37^{Aa}
	Water washing	-13.57±0.35^{Aa}	-13.57±0.27^{Aa}	-13.74±0.12^{Aa}	-13.37±0.32^{Aa}	-13.57±0.36^{Aa}
	Citric acid (0.5%)	-13.56±0.24^{Aa}	-13.72±0.25^{Aa}	-13.63±0.38^{Aa}	-13.66±0.26^{Aa}	-13.60±0.32^{Aa}
	Tween 20 (0.1%)	-13.53±0.33^{Aa}	-13.38±0.27^{Aa}	-13.74±0.34^{Aa}	-13.49±0.35^{Aa}	-13.70±0.24^{Aa}
	Citric acid + T 20	-13.53±0.25^{Aa}	-13.73±0.21^{Aa}	-13.64±0.37^{Aa}	-13.62±0.30^{Aa}	-13.68±0.30^{Aa}
b*	Control	19.56±0.29^{Aa}	19.43±0.23^{Aa}	19.42±0.28^{Aa}	19.47±0.21^{Aa}	19.53±0.28^{Aa}
	Water washing	19.50±0.23^{Aa}	19.62±0.22^{Aa}	19.64±0.26^{Aa}	19.34±0.23^{Aa}	19.55±0.38^{Aa}
	Citric acid (0.5%)	19.52±0.38^{Aa}	19.75±0.27^{Aa}	19.32±0.37^{Aa}	19.51±0.35^{Aa}	19.37±0.21^{Aa}
	Tween 20 (0.1%)	19.38±0.29^{Aa}	19.52±0.20^{Aa}	19.59±0.31^{Aa}	19.53±0.24^{Aa}	19.76±0.28^{Aa}
	Citric acid + T 20	19.26±0.31^{Aa}	19.49±0.24^{Aa}	19.47±0.21^{Aa}	19.48±0.27^{Aa}	19.58±0.28^{Aa}

[1)]Any means in the same column (A) or row (a) are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

간의 유의적인 차이가 없었고, 저장 중에도 차이를 보이지 않았다. 이는 Kang 등(29)이 치콘에 비가열 처리인 이산화염소수 처리 후 색도를 측정한 결과, 대조구와 처리구 및 저장기간 동안 Hunter L^*, a^*, b^* 값 모두 차이를 보이지 않았다는 연구결과와 Kim 등(30)이 딸기에 0.5% fumaric acid 단일 처리 및 이산화염소수와 병합처리한 결과, 처리구

간에 Hunter L^*, a^*, b^* 값 모두 유의적 차이가 없었다는 연구결과와 비록 비가열 처리 방법은 다르지만 유사하였다. 따라서 본 연구에서 사용된 비가열 처리인 citric acid와 Tween 20는 매실의 외관적 품질에 부정적 영향을 끼치지 않는다고 판단된다.

건조 매실의 수분함량 및 복원율 측정

매실의 저장성을 높이고 매실장아찌 등 다양한 가공식품을 제조하기 위한 건조 공정 개발을 위해서, 최적 농도의 탈수제를 이용한 분자압축탈수 방법과 열풍건조에 의한 건조 매실의 이화학적 특성을 비교하였다. 탈수제인 RAE와 열풍건조 처리한 매실의 수분함량을 측정하였는데, RAE와 MD의 최적 처리 농도 조건은 기존 Wang 등(16)과 Kim 등(15)의 결과 및 예비실험 결과를 바탕으로 40%로 선정하였다. 건조하기 전 매실의 수분함량은 90.1 g/100 g이었고, RAE, MD, 열풍건조 처리한 매실의 최종 수분함량은 각각 14.5, 16.8, 9.8 g/100 g이었다.

건조방법에 따른 매실의 복원율을 측정한 결과, 모든 처리구가 초기에 빠르게 복원되었으나, 열풍건조의 경우 증가하는 폭이 감소하여 1시간 후의 최종 복원율이 1.99 g/g으로 낮은 복원율을 나타냈고, RAE 처리한 매실이 3.10 g/g으로 가장 높은 복원율을 보였으며, MD 처리한 매실은 2.79 g/g으로 열풍건조 처리한 매실보다 높았으나 RAE 처리한 매실보다는 낮았다(data not shown). 이러한 결과는 열풍건조 시 고온처리로 인하여 수분이 제거될 때 식물세포 조직의 손상으로 구조가 파괴되어 수축이 발생하여 탈수제 처리한 매실에 비해 열풍건조 매실의 복원율이 낮게 나타난 것으로 판단된다. Kim 등(31)의 자두의 탈수제 처리 연구에서도 RAE 처리한 자두의 복원율이 가장 높은 결과를 나타내어 본 연구결과와 일치하였다. 이와 같은 분자압축탈수에 의해 건조된 과실의 높은 복원율은 탈수제가 건조 과정 중 발생하는 식물세포의 수축과 조직 변화를 최소화하기 때문에 복원 시 수분 흡수가 증가한 것이라고 생각된다(32).

건조 매실의 색도 측정

건조 매실의 색도 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. Hunter L^* 값의 경우, 대조구에 비해 처리구 모두 감소하였으며 열풍건조 처리한 매실이 37.89로 가장 낮은 L^* 값을 나타내었고, Hunter a^* 값은 각 처리구 간 유의적인 차이를 보였는데, 대조구의 -3.45와 비교하여 열풍건조 처리한 매실이 가장 높았고, RAE 처리한 매실은 -2.82로 대조구와 가장 유사한 값을 보였다. 또한 갈변도를 나타내는 Hunter b^* 값의 경우에도 열풍건조 처리한 매실이 20.13으로 탈수제를 처리한 매실보다 높았다. Schwartz 등(33)은 클로로필이 열처리 온도에 민감하다고 보고하였고, Barreiro 등(34)은 열풍건조에 의해 색소파괴 및 Maillard reaction으로 갈변이 발생한다고 보고하였다. 따라서 열풍건조 처리한 매실의 경우, 고온에 노출되어 클로로필의 파괴 및 갈변현상으로 인하여 대조구에 비해 L^* 값이 감소하고 a^* 와 b^* 값이 증가한 것으로 판단되며, 이러한 결과는 Kim 등(31)의 자두 건조 연구결과와 유사하였다. 또한, 대조구와 비교하여 열풍건조 매실이 total color difference(△E)가 19.95로 가장 높게 나타났는데, 이는 Wang 등(16)의 호박 건조 연구결과와 일치하였다. 이러한 결과로부터 열풍건조에 비해 탈수제를 처리한 매실의 색소 손실이 적은 것을 나타낸다.

건조 매실의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

항산화 능력을 나타내는 페놀 화합물은 매실의 주요 기능성 성분인데, 건조 방법에 따른 매실의 총 페놀 함량을 측정한 결과, 대조구의 경우 244 mg GAE/100 g이었으며, 열풍건조, MD, RAE 처리한 매실은 각각 198.55, 199.48, 225.15 mg GAE/100 g으로 RAE 처리한 매실이 처리구 중 가장 높은 총 페놀 함량을 보였으며, 열풍건조 매실이 가장 낮았다(Table 5). 열풍건조 매실의 경우, 페놀 화합물이 고온에 취약하여 열풍건조 시 감소된 것으로 판단되는데, Vega-Galvez 등(35)의 연구에서도 열풍건조 고추의 총 페놀 함량이 감소하였다고 보고하였고, Miranda 등(36)의 연구에서도 퀴노아 씨앗을 열풍건조 처리한 결과 건조 온도와 총 페놀 함량은 반비례 관계를 나타내었다.

건조된 매실의 총 플라보노이드 함량은 대조구가 58.33 mg QE/100 g, 열풍건조, MD, RAE 처리한 매실의 경우, 각각 27.50, 29.03, 49.25 mg/100 g으로 RAE 처리한 매실의 경우 대조구보다는 낮았지만 건조 매실 중에서는 가장 높은

Table 4. Color values of the dehydrated *Prunus mume* fruit

Treatment	Color parameter			
	L^*	a^*	b^*	△E
Control[1)]	53.69±0.07$^{A2)}$	-3.45±0.08^{C}	8.32±0.13^{D}	-
Hot-air dried	37.89±0.08^{D}	3.48±0.02^{A}	20.13±0.20^{A}	19.95±0.01^{A}
40% MD-treated	46.60±0.12^{B}	-6.75±0.06^{D}	17.09±0.16^{C}	11.68±0.01^{C}
40% RAE-treated	41.10±0.04^{C}	-2.82±0.16^{B}	18.66±0.09^{B}	17.48±0.04^{B}

[1)]Raw *Prunus mume* fruit
[2)]Different superscripts within the same column (A-D) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different.

플라보노이드 함량을 보인 반면에, 열풍건조 처리한 매실은 가장 낮은 플라보노이드 함량을 보였다. 이러한 차이는 총 페놀 함량과 마찬가지로 열풍건조 시 고온에 노출되어 손실이 발생한 것으로 생각되며, Mohd Zainol 등(37) 또한 병풀에 열풍건조 후 다량의 플라보노이드가 파괴되었다고 보고한 바 있다. 따라서 열풍건조 처리보다 탈수제를 이용한 건조 방법이 매실의 총 페놀 및 플라보노이드 함량 변화에 영향을 끼치지 않는다고 판단된다.

Table 5. Total phenolic and flavonoid contents of dehydrated *Prunus mume* fruit

Treatment	Total phenolic content (mg GAE/100 g)	Total flavonoid content (mg QE/100 g)
Control[1)]	244.0±2.32[A2)]	58.5±0.33[A]
Hot-air dried	198.6±1.02[C]	27.5±0.74[D]
40% MD-treated	199.5±2.48[C]	29.0±0.63[C]
40% RAE-treated	225.2±2.05[B]	49.3±0.72[B]

[1)]Raw *Prunus mume* fruit
[2)]Different superscripts within the same column (A-D) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different.

건조매실의 SEM 분석

건조 방법에 따른 건조 매실의 미세구조를 전자주사현미경으로 관찰한 결과(Fig. 1), 대조구와 비교했을 때 RAE와 MD 처리한 매실은 큰 차이를 보이지 않았으나, 열풍건조 매실의 경우 공극률에서 큰 차이를 보였으며 경화나 수축현상으로 인하여 조밀한 구조를 나타내었다. 이러한 결과는 Therdthai와 Zhou(38)가 열풍건조를 통해 고온에 노출된 민트 잎의 미세구조를 관찰한 결과, 세포구조가 조밀한 구조를 보이며 open structure가 적었다고 보고한 결과와 유사하였다. 또한 열풍건조 중 매실이 고온에 노출되어 조직이 파괴되고, 세포벽이 붕괴되었기 때문이라고 생각된다(39). 따라서 열풍건조보다 RAE 탈수제를 이용한 건조 방법이 건조 매실의 품질 유지에 더욱 효과적이라고 판단된다.

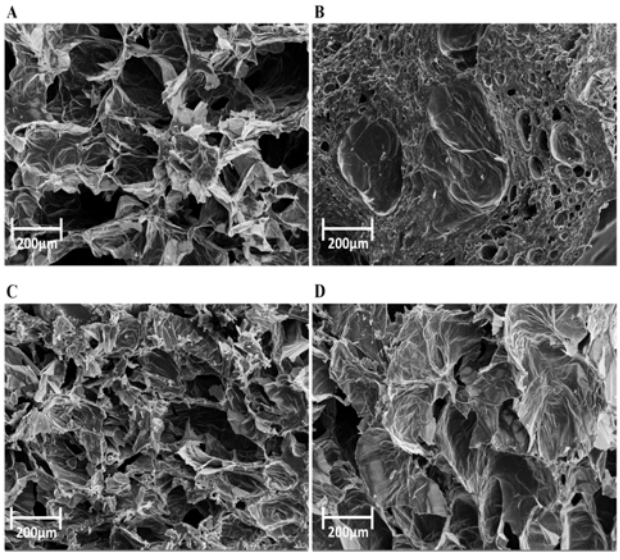

Fig. 1. Scanning electron micrographs of dried *Prunus mume* fruit.
Raw (A), Hot-air dried (B), MD-treated (C), RAE-treated (D).

요 약

수확 후 매실의 미생물학적 안전성 확보를 위해 0.5% citric acid와 0.1% Tween 20 단일 및 병합 처리 후 4±1℃에서 7일간 저장하면서 미생물 수 및 품질 변화를 조사하였다. Citric acid와 Tween 20 병합 처리 후 총 호기성 세균과 효모 및 곰팡이 수는 대조구와 비교하여 각각 2.06, 2.22 log CFU/g으로 가장 높은 감소 효과를 보였으며, 이러한 효과는 저장 7일 동안 유지되었다. 매실의 유기산 함량을 분석한 결과, malic acid, citric acid, oxalic acid의 순서로 높은 함량을 나타냈고, 모든 처리구에서 유의적인 차이가 없었으며, 저장 중 색도 역시 큰 차이를 보이지 않았다. 또한 매실의 저장성 증진 및 다양한 매실 가공품 제조를 위한 기초연구로써 탈수제를 이용한 건조 후 건조 매실의 품질 변화를 열풍건조와 비교, 분석하였다. 탈수제 처리 건조가 열풍건조에 비해 높은 복원율을 나타냈고, 총 페놀 및 플라보노이드 함량 역시 열풍건조 보다 많았으며, 대조구와 유사한 함량을 유지하였다. 또한 건조 매실의 색도에 있어서도 탈수제 처리가 부정적 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과, 수확 후 매실에 citric acid와 Tween 20 병합 처리가 미생물학적 안전성을 확보함과 동시에 품질 변화를 일으키지 않는 효과적인 가공 전처리 기술이라고 생각되며, 탈수제 처리가 건조 매실의 품질을 높게 유지하며 저장성을 높일 수 있는 효율적인 건조 방법이라고 판단된다.

References

1. Park LY, Chae MH, Lee SH (2007) Antibacterial activity of fresh *Prunus mume* and *Prunus mume* liqueur byproduct. J Fd Hyg Safety, 22, 77-81
2. Ko BS, Park SK, Choi SB, Jun DW, Jang JS, Park SM (2004) Hypoglycemic effects of crude extracts of *Prunus mume*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 33, 951-957
3. Lee OK, Lee HJ, Shin YS, Ahn YG, Jo HJ, Shin HC, Kang HA (2007) Quantitative analysis of the fruit flesh of *Prunus mume* Siebold & Zuccarni. Korean J Medicinal Crop Sci, 15, 143-147
4. Park SI, Hong KH (2003) Effects of Japanese apicot (*Prunus mume* Sieb. et Zucc) flesh on baking properties

of white breads. Korean J Food Culture, 18, 506-514
5. Beuchat LR, Adler BB, Lang MM (2004) Efficacy of chlorine and peroxyacetic acid sanitizer in killing *Listeria monocytogenes* on iceberg and romaine lettuce using simulated commercial processing conditions. J Food Prot, 67, 1238-1242
6. Kim YJ, Kim MH, Song KB (2009) Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium,* and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. Food Control, 20, 1002-1005
7. Guentzel JL, Liang Lam K, Callan MA, Emmons SA, Dunham VL (2008) Reduction of bacteria on spinach, lettuce, and surfaces in food service areas using neutral electrolyzed oxidizing water. Food Microbiol, 25, 36-41
8. Obande MA, Tucker GA, Shama G (2011) Effect of preharvest UV-C treatment of tomatoes (*Aolanum lycopersicon* Mill.) on ripening and pathogen resistance. Postharvest Biol Tec, 62, 188-192
9. Kondo N, Murata M, Isshiki K (2006) Efficiency of sodium hypochlorite, fumaric acid, and mild heat in killing native microflora and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium* DT104, and *Staphylococcus aureus* attached to fresh-cut lettuce. J Food Prot, 67, 721-31
10. Sagong HG, Lee SY, Chang PS, Heu SG, Ryu SR, Choi YJ, Kang DH (2011) Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. Int J Food Microbiol, 145, 287-292
11. Bastos MSR, Soares NFF, Andrade NJ, Arruda AC, Alves RE (2005) The effect of the association of sanitizers and surfactant in the microbiota of the cantaloupe (*Cucumis melo* L.) melon surface. Food Control, 16, 369-373
12. Sagong HG, Cheon HY, Kim SO, Lee SY, Park KH, Chung MS, Choi YJ, Kang DH (2013) Combined effects of ultrasound and surfactants to reduce *Bacillus cereus* spores on lettuce and carrots. Int J Food Microbiol, 160, 367-372
13. Simal S, Femenia A, Llull P, Rossello C (2000) Dehydration of aloe vera: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. J Food Eng, 43, 109-14
14. Chun HH, Kim MS, Chung KS, Won M, Song KB (2012) Dehydration of blueberries using maltodextrin and the physicochemical properties of dried blueberries. Hort Environ Biotechnol, 53, 565-570
15. Kim NH, Jo WS, Song KB (2013) Dehydration of omija (*Schisandra chinensis* B.) using red algae extract as a hypertonic agent. Korean J Food Preserv, 20, 248-288
16. Wang SM, Yu DJ, Song KB (2011) Physicochemical property of pumpkin slices dehydrated with red algae extract. J Korean Soc Appl Biol Chem, 54, 921-925
17. Chun HH, Kang JH, Song KB (2013) Effects of aqueous chlorine dioxide treatment and cold storage on microbial growth and quality of blueberries. J Korean Soc Appl Biol Chem, 56, 309-315
18. Usenik V, Fabcic J, Stampar F (2008) Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (*Prunus avium* L.). Food Chem, 107, 185-192
19. Rumbaoa RGO, Cornago DF, Geronimo IM (2009) Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. Food Chem, 113, 1133-1138
20. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J Agric Food Chem, 50, 3010-3014
21. Akbas MY, Olmez H (2007) Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* on iceberg lettuce by dip wash treatments with organic acids. Lett Appl Microbiol, 44, 619-624
22. Sagong HG, Lee SY, Chang PS, Heu SG, Ryu SR, Choi YJ, Kang DH (2011) Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. Int J Food Microbiol, 145, 287-292
23. Li Y, Wu C (2013) Enhanced inactivation of *Salmonella* Typhimurium from blueberries by combinations of sodium dodecyl sulfate with organic acids or hydrogen peroxide. Food Res Int, 54, 1553-1559
24. Bastos MSR, Soares NFF, Andrade NJ, Arruda AC, Alves RE (2005) The effect of the association of sanitizers and surfactant in the microbiota of the cantaloupe (*Cucumis melo* L.) melon surface. Food Control, 16, 369-373
25. Lee SA, Kim KH, Kim MS, Park NK, Yook HS (2008) Microbial and physicochemical characteristics of a maesil (*Prunus mume*) treated with low levels of gamma rays. J East Asian Soc Dietary Life, 18, 989-996
26. Jung GT, Ju IO, Choi SR, You DH, Noh JJ (2013) Food nutritional characteristics of fruit of *Cudrania tricuspidata* in its various maturation stages. Korean J

Food Preserv, 20, 330-335
27. Kim JM, Shin MS (2011) Characteristics of *Rubus coreanus* Miq. fruits at different ripening stages. Korean J Food Sci Tech, 43, 341-347
28. Lee JO, Lee SA, Kim MS, Hwang HR, Kim KH, Chun JP, Yook HS (2008) The effects of low-dose electron beam irradiation on quality characteristics of stored apricots. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 934-941
29. Kang JH, Park JY, Oh DH, Song KB (2012) Effects of combined treatment of aqueous chlorine dioxide and UV-C or electron beam irradiation on microbial growth and quality in chicon during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 1632-1638
30. Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB (2010) Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide or fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit "Flamengo" during storage. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 138-145
31. Kim MS, Kang JH, Chung KS, Won M, Song KB (2013) Effects of dehydrating agents on the physicochemical properties of dried plum (*Prunus salicina* L.) slices. J Appl Biol Chem, 56, 19-22
32. Jayaraman KS, Gupta DD, Rao N (1990) Effect of pretreatment with salt and sucrose on the quality and stability of dehydrated cauliflower. Int J Food Sci Tech, 25, 47-60
33. Schwartz SJ, Lorenzo TV (1991) Chlorophyll stability during continuous aseptic processing and storage. J Food Sci, 56, 1059-1062
34. Barreiro JA, Milano M, Sandoval AJ (1997) Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. J Food Eng, 33, 359-371
35. Vega-Galvez A, Di Scala K, Rodriguez K, Lemus-Mondaca R, Miranda M, Lopez J, Perez-Won M (2009) Effect of air-drying temperature on physicochemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annuum* L. car. Hungarian). Food Chem, 117, 647-653
36. Miranda M, Vega-Glavez A, Lopez J, Parada G, Sanders M, Aranda M, Uribe E, Di Scala K (2010) Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd). Ind Crop Prod, 32, 258-263
37. Mohd Zainol MK, Abdul-Hamid A, Abu Bakar F, Pak Dek S (2009) Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in *Centella asiatica*. Int Food Res J, 16, 531-537
38. Therdthai N, Zhou W (2009) Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen). J Food Eng, 91, 482-489
39. Vega-Galvez A, Lemus-Mondaca R, Bilbao-Sainz C, Fito P, Andres A (2008) Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo). J Food Eng, 85, 42-50

(접수 2014년 7월 7일 수정 2014년 8월 27일 채택 2014년 8월 28일)