

## Effects of ripeness degree on the physicochemical properties and antioxidative activity of banana

Jae-Won Kim, Kwang-Sup Youn\*

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

### 바나나 숙도에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성

김재원 · 윤광섭\*

대구가톨릭대학교 식품공학전공

#### Abstract

This study was performed in order to compare the changes in fruit quality and antioxidant activity depending on the ripeness degree of the banana flesh and peel (unripe, ripe, and over ripe) when stored at room temperature for 6 days. The moisture contents showed differences such as the significantly lower maturity in the over ripe fruit peel and the moisture content increase in the fruit flesh during ripening. During the maturity stage, the L and b values decreased, while the a value increased. During ripening, the titratable acidity (TA) decreased, while the soluble solids contents (SS), sugar acid ratio (SS/TA), total sugar, and reducing sugar contents increased, respectively. Also during ripening, the glucose and the fructose contents increased considerably, thus resulting in the decrease of the sucrose content. In addition, this study revealed that the phenolic substance, which was part of the fruit skin, showed more favorable reaction to radical ability than the fruit flesh. Furthermore, the DPPH, ABTS radical scavenging ability, and reducing power showed better reaction for the fruit skin than for the fruit flesh, and there was a significant increase in the antioxidative activity as a result of the higher levels of phenolic substance. Therefore, maturity played an important role in changing the chemical composition and physiological activity of a banana. The unripe peels could be used as antioxidant ingredients and they could also enhance the biological activity in the utilization of by-products.

Key words : banana, chemical composition, quality characteristics, antioxidant activity, maturity stage

#### 서 론

동남아시아가 원산지인 바나나는 *Musa*속 *musa-ceae*과에 속하는 다년생 목상초본으로 열대 및 아열대 지방에서 널리 재배되고 있는 과일이다. 농산물 수입 자유화로 인하여 대부분 필리핀, 대만, 남미 등에서 수입되고 있으며 미숙과를 수확하여 운반이나 저장기간 동안 숙성하여 식용하고 있다. 바나나의 재배 품종은 100여 종 이상이며 이중 우리가 주로 식용으로 하는 바나나 품종으로는 단맛이 강하고 소프트한 과육의 생식용 바나나인 *Musa acuminata Colla*와 단맛이 적고 과육이 단단하여 익혀 먹는 plantain인 *Musa parbdisiaca*이다(1).

바나나는 과일 중에서 칼로리가 높고 당질이 많은 알칼리성 식품으로 과육이 부드럽고 구연산에 의한 산미도 조화를 이뤄 맛이 좋은 과일이다. 바나나에 함유된 당질은 소화 흡수가 잘되므로 위장 장애나 설사 또는 위하수 증세가 있는 사람에게도 좋은 식품이며, 식이섬유가 풍부하여 칼로리에 비해 지방 함량이 적은 과실로 알려지고 있다(2). 약리적으로는 혈당저하, 체중감량, 인체 면역력 증강, 뇌졸중 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, 면역 증강 및 항산화 성분인 vitamin A와  $\beta$ -carotene, 백혈구 형성에 필수적인 비타민 B<sub>6</sub> 등을 함유하여 노화방지 및 면역 증강에 효능이 있는 것으로 보고되고 있다(3).

바나나에 대한 연구로는 전분함량(4), 갈변화(5), 콜레스테롤 저하작용(6), 과실 함유 탄닌의 소화효소 작용에 미치는 영향(7) 등이며, 가공방법에 대한 연구로는 건조바나나

\*Corresponding author. E-mail : ksyoun@cu.ac.kr  
Phone : 82-53-850-3209, Fax : 82-53-850-3209

제조에 삼투건조공정의 최적화(8), 바나나 분말을 첨가한 스펀지케이크 품질특성(9), 바나나 포장방법(10) 등으로 품질특성과 2차 가공품에 그 주제가 한정되어 있다. 또한 속도에 따른 바나나의 선행된 연구로는 후숙 및 저장 온도가 품질에 미치는 영향(11), 효소의 작용(12), 색도의 변화(13), 물리 화학적 성분의 변화(14)와 저장온도에 따른 유리당과 유기산변화(15)등으로 일부 진행되어 왔으나 후숙되는 정도에 따른 바나나 과피와 과육의 성분 변화 및 기능특성을 비교한 연구는 미흡한 실정이다.

바나나는 과숙되는 정도가 빠르고 수확 후 충격 및 압박을 받을 시 표피 갈변과 육질의 변색 연화로 인해 열화를 앞당김에 따라 상품가치가 현저하게 떨어지는 단점을 지닌다. 한편 바나나를 섭취 및 가공하면서 발생하는 바나나껍질의 경우는 거의 폐기되거나 음식물 쓰레기로 전락하여 환경오염을 유발하는 주요인이 되고 있어 부산물로서의 활용방안에 관한 연구가 요구되고 있다.

따라서 본 연구에서는 바나나의 과피 및 과육의 미숙, 완숙, 후숙에 따른 품질 및 항산화 특성을 검토하고 기능성 소재로서의 이용을 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 바나나는 2011년 5월에 대형마트(필리핀산)에서 미숙 바나나를 구입하여 사용하였으며, 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

### 속도 조절

바나나의 속도조절은 구입한 후 상온(20~25℃)에서 0, 3, 6일이 경과된 것을 각각 미숙, 완숙, 후숙의 3구간으로 구분하였으며, 저장기간 중 과피와 과육은 분리하지 않은 상태로 저장 하였다.

### 수분함량 및 색도

수분함량은 할로겐 수분 측정기(HG53, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 색도는 표준백색판으로 보정된 Chromameter(CR-200, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며 건조 후 분말화시킨 과육의 색차를 Hunter scale에 의한 L 값(lightness), a 값(redness-greenness), b 값(yellowness-blueness) 및 H°(Hue angle) 값을 측정하였다.

### 적정산도 및 가용성고형분 함량

적정산도는 시료 5 g을 취해 50 mL의 증류수를 가한 후 homogenizer(Nissei AM-12, Nohon seiki Co., Tokyo,

Japan)로 10,000 rpm에서 10분간 마쇄하여 20℃에서 3시간 방치한 다음 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 0.01 N NaOH로 적정하여 소비된 양을 citric acid로 환산하였다. 가용성 고형분의 측정은 Kim 등(16)의 방법에 준하여 시료 3 g을 취해 30 mL의 증류수를 가한 후 homogenizer(Nissei AM-12, Nohon seiki Co., Tokyo, Japan)로 10,000 rpm에서 10분간 마쇄하여 20℃에서 2시간 방치 후 여과하여 pH meter(MP230, Mettler-Toledo, Greifensee, Switzerland) 및 굴절 당도계(N1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

### 총 당

총당은 phenol-sulfuric acid 법(17)으로 측정하였다. 시료 1 g을 100 mL volumetric flask에 넣고 증류수로 정용하였으며, 용액 1 mL를 test tube에 넣고 DNS reagent 1 mL를 혼합한 후 95℃에서 15분 동안 증탕 시켰다. 상온에서 충분히 냉각한 후 증류수 3 mL를 넣어 희석한 후 546 nm에서 흡광도를 측정하였으며 glucose를 표준물질로 사용하여 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

### 환원당

환원당은 DNS법(18)에 따라 추출 여액 1 mL에 DNS (dinitrosalicylic acid)시약 3 mL를 첨가하고 5분간 끓인 다음, 냉각한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, glucose의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

### 유리당

유리당 함량은 Wilson 등(19)의 방법에 따라 분석용 시료 조제는 각 시료 5 g에 증류수 25 mL를 가하여 파쇄 추출한 후 acetonitrile로 50 mL 정용한 다음 0.45 µm membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였고, 표준 시약은 fructose, glucose, maltose, sucrose, lactose(Sigma chemical Co, USA)를 일정량씩 혼합하여 증류수 50 mL로 녹인 후 acetonitrile로 100 mL까지 정용하여 사용하였다. 시료의 분석은 HPLC(Waters 600E, Millipore Corporation, Milford, MA, USA)를 이용하였고, 분석 조건은 carbohydrate analysis column(300 mm×4 mm)을 사용하였으며, mobile phase는 acetonitrile : 증류수 혼합액(80:20, v/v), flow rate는 1.0 mL/min, detector는 Refractive Index(Waters 410 Refractive Index)를 사용하였다.

### 폴리페놀 함량 측정

속도에 따른 바나나의 항산화 성분 함량 및 활성을 분석하기 위하여 시료를 70% 에탄올 용매에 1:10의 비율로 넣고 3일간 추출한 후 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 얻은 여액을 분석용 시료로 사용하였다. 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(20)의 방법에 따라 추출물 100 µL에 2% sodium

carbonate 2 mL과 50% Folin-Ciocalteu reagent 100  $\mu$ L을 가한 후 720 nm에서 흡광도를 측정하였으며 gallic acid (Sigma-Aldrich Co., USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

#### 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드 함량은 Saleh와 Hameed(21)의 방법에 따라 추출물 100 mL에 5% sodium nitrite 0.15 mL을 가한 후 25°C에서 6분간 방치한 다음 10% aluminium chloride 0.3 mL를 가하여 25°C에서 5분간 방치하였다. 다음 1 N NaOH 1mL를 가하고 vortex 상에서 가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 rutin hydrate(Sigma-Aldrich Co., USA)의 검량선에 의하여 함량을 산출하였다.

#### 전자공여능

Blois (22)의 방법에 따라 시액 0.2 mL에 0.4 mM 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH) 용액 0.8 mL를 가하여 10분간 방치 한 다음 525 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, electron donating ability(%) =  $100 - [(O.D \text{ of sample} / O.D \text{ of control}) \times 100]$ 에 의하여 활성도를 산출하였다.

#### ABTS radical 소거활성 측정

Re 등(23)의 방법에 따라 7.4 mM 2,2'-azino-bis(3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS)와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온의 암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험 직전에 ABTS 용액을 732 nm에서 흡광도가 0.700±0.030이 되도록 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 희석된 용액 950  $\mu$ L에 추출물 50  $\mu$ L를 가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였으며 계산식, ABTS radical scavenging ability(%) =  $100 - [(O.D \text{ of sample} / O.D \text{ of control}) \times 100]$ 에 의하여 활성 값을 산출하였다.

#### 환원력 측정

Saeedeh와 Asna(24)의 방법에 따라 시료 1 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 가한 후 50°C에서 30분간 반응시켰다. 다음에 10% trichloroacetic acid(TCA) 용액 2.5 mL를 가한 후 1,650xg에서 10분간 원심분리 하였으며, 상징액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL와 0.1% FeCl<sub>3</sub> 용액 0.5 mL를 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### 통계처리

모든 실험은 3회 반복으로 행하여 평균치와 표준편차로 나타내었고, 유의성 검증은 SPSS(12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 Duncan's multiple range test를 행하였다.

## 결과 및 고찰

#### 수분함량 및 색도

바나나 과육과 과피의 숙도에 따른 수분함량 및 색도를 비교한 결과는 Table 1과 같다. 과피의 수분함량은 미숙, 완숙, 후숙이 각각 87.77%, 83.86%, 72.42%로 저장기간이 경과함에 따라 감소하였다. 반면 과육의 경우에는 각각 71.39%, 74.70%, 77.39%로 저장기간이 경과할수록 수분함량은 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 호흡작용과 효소 작용에 의하여 고분자 물질이 저분자로 분해됨에 따라 고형물의 감소에 의하여 경시적으로 수분함량이 증가한 것으로 사료된다(15). 색도에서는 과육, 과피 모두 완숙일 때 높은 명도를 보였으며 후숙 됨에 따라 급격히 감소되는 경향을 나타내었다. 미숙일 때의 과육, 과피의 a 값은 각각 -2.02 및 -13.22로 녹색도가 높았으나 숙도가 진행됨에 따라 적색도가 증가하였으며, 황색도(b)의 경우 미숙 및 완숙과 일 때 유사한 값을 나타내다가 후숙과로 경과되면서 색도는

Table 1. Changes in moisture content and color difference of banana flesh and peel during maturation

Samples	Moisture content (%)	Hunter's value				
		L	a	b	H°	
Flesh	Unripe	71.39±1.49 <sup>1),2)</sup>	64.77±0.80 <sup>b</sup>	-2.02±0.21 <sup>c</sup>	20.08±0.52 <sup>b</sup>	94.77±0.31 <sup>a</sup>
	Ripe	74.70±1.71 <sup>b</sup>	68.07±0.61 <sup>a</sup>	-1.96±0.05 <sup>b</sup>	22.71±0.07 <sup>a</sup>	94.03±0.12 <sup>b</sup>
	Over ripe	77.39±1.38 <sup>a</sup>	51.65±0.13 <sup>c</sup>	2.41±2.41 <sup>a</sup>	8.01±0.01 <sup>c</sup>	74.73±0.06 <sup>c</sup>
Peel	Unripe	87.77±0.81 <sup>a</sup>	57.46±0.99 <sup>b</sup>	-13.22±0.15 <sup>c</sup>	29.23±0.41 <sup>b</sup>	107.73±0.50 <sup>a</sup>
	Ripe	83.86±0.47 <sup>b</sup>	59.13±1.00 <sup>a</sup>	1.08±0.33 <sup>b</sup>	30.22±0.61 <sup>a</sup>	88.63±0.45 <sup>b</sup>
	Over ripe	72.42±1.92 <sup>c</sup>	36.32±0.07 <sup>c</sup>	2.29±0.03 <sup>a</sup>	1.90±0.01 <sup>c</sup>	40.83±0.45 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

급격하게 저하되는 것으로 나타났다. 과육, 과피의 hue angle 값은 미숙, 완숙 단계에서는 일정한 값을 유지하다가 후숙 때 낮아지는 것으로 나타나 명도와 황색도는 감소하고, 적색도가 증가함에 따른 경향과 일치하는 것으로 나타났다. 이와 같은 색상의 변화는 바나나의 노화에 따른 갈변화 현상(25)이 색상에 영향을 미침에 따른 결과로 판단된다.

### 적정산도 및 가용성 고형분 함량

바나나 과육과 과피의 속도에 따른 적정산도 및 가용성 고형분 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 과육의 적정산도는 미숙일 때 1.63%로 저장기간이 경과함에 따라 감소하여 후숙 일 때에는 1.11%를 나타내었다. 과피의 경우 미숙과는 1.54%, 후숙과는 1.02%로 저장기간이 경과함에 따라 감소하여 과피와 유사한 경향을 나타내었다. 한편 가용성 고형분 함량은 후숙되는 정도에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었는데 과육의 경우 미숙과는 12.37 °Brix, 과숙과는 20.70 °Brix로 1.7배 증가하였고, 과피의 경우도 미숙(4.83 °Brix)에서 과숙(13.47 °Brix)됨에 따라 2.8배 가량 증가하였다. 식미와 밀접한 관계가 있는 당산비 또한 후숙되는 정도에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 일반적으로 과실의 품질 변화는 성숙도와 온도에 영향을 크게 받으며 성숙이 진행됨에 따라 경도와 산도는 감소하고 과피 색도, 당도, 당산비는 증가되는 것으로 보고되고 있다(26).

**Table 2. Changes in titratable acidity, soluble solid content, and SS/TA of banana flesh and peel during maturation**

Samples	TA <sup>1)</sup> (%)	SS <sup>2)</sup> (°Brix)	SS/TA	
Flesh	Unripe	1.63±0.02 <sup>3),a4)</sup>	12.37±0.35 <sup>c</sup>	7.59±0.30 <sup>c</sup>
	Ripe	1.42±0.01 <sup>b</sup>	17.90±0.17 <sup>b</sup>	12.65±0.22 <sup>b</sup>
	Over ripe	1.11±0.03 <sup>c</sup>	20.70±0.61 <sup>a</sup>	18.57±0.83 <sup>a</sup>
Peel	Unripe	1.54±0.02 <sup>a</sup>	4.83±0.29 <sup>c</sup>	3.14±0.22 <sup>c</sup>
	Ripe	1.38±0.02 <sup>b</sup>	6.93±0.12 <sup>b</sup>	5.03±0.02 <sup>b</sup>
	Over ripe	1.02±0.02 <sup>c</sup>	13.47±0.50 <sup>a</sup>	13.22±0.64 <sup>a</sup>

<sup>1-2)</sup> Abbreviation: TA, titratable acidity; SS, soluble solids content.

<sup>3)</sup> Values are means±standard deviation of triplicate determinations.

<sup>4)</sup> Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

### 총당, 환원당 및 유리당 함량

식품 중에 존재하는 당류는 화학적으로 환원성을 갖는 환원당과 환원성을 갖지 않는 비환원당으로 나눌 수 있다. 이를 합하여 총당 이라고 하며 과실에서 당분은 향기 생성과 감미에도 영향을 주는 주요 성분이라 할 수 있다. 바나나의 여러 성분 중 전분분해로 생성되는 당분은 과육 중의 유기산과 더불어 바나나의 주된 맛 성분으로 숙성과정이나 출하 후 바나나의 품질 면에서 이들 성분은 다른 성분보다

도 더욱 중요시 된다. 따라서 기호성에 영향을 주는 단맛과 연관이 있는 총당, 환원당 및 유리당 함량을 바나나 과육과 과피의 숙도별에 따라 분석한 결과는 Table 3과 같다. 과육의 총당 함량은 미숙, 후숙 및 과숙과에서 각각 27.28%, 39.67% 및 43.66%이었으며, 과피의 경우는 각각 11.63%, 12.27% 및 16.70%로 과육, 과피 모두 숙도가 진행됨에 따라 총당 및 환원당 함량은 증가하였다. 이와 같은 결과는 전분이 당화효소나 phosphorylase의 작용으로 당분으로 전환됨에 따른 결과로 과육뿐만 아니라 과피에서도 숙도에 따라 감미도가 증대되는 것으로 관찰되었다. 유리당 함량은 과피 과육 모두 숙도가 진행됨에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며 전반적으로 fructose 및 glucose가 주 구성당으로 그 함량이 증대되는 경향을 나타내었다. 한편 maltose 함량은 과피의 경우 점차적으로 감소하였으며, 과육에서는 검출되지 않았다. Lee 등(15)의 연구에 따르면 바나나 당분 조성은 저장온도에 따라 차이를 나타내는데 저온저장에서는 sucrose 66%, glucose 20%, fructose 14%로 sucrose가 주 구성당이나 상온 저장 시에는 sucrose의 양이 낮아짐에 따라 glucose와 fructose가 주 구성당으로 변화된다는 보고와 비교해 볼 때 상온에서 숙도조절을 한 본 실험에서도 sucrose 함량의 감소는 이에 부합되는 것으로 나타났다. 또한 숙도가 변화함에 따라 총당 및 환원당의 함량의 변화는 과육에서 두드러지게 증가하는 경향을 나타내었으며, glucose와 fructose의 함량 또한 증대되는 것으로 나타났는데 이는 당화 amylase의 활성 증대 및 invertase 효소 작용 등이 영향을 미침에 따른 결과로 사료된다.

### 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

바나나 과육과 과피의 속도에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 전반적으로 과육에 비해 과피에서 높은 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 나타내었으며 숙도가 진행됨에 따라 함량은 유의적으로 감소되는 경향을 나타내었다. 과피의 폴리페놀 함량은 미숙, 후숙 및 과숙과에서 g당 각각 56.12 mg, 36.02 mg 및 19.06 mg이 검출되었으며, 과육에서는 각각 7.24 mg, 5.67 mg 및 5.66 mg으로 숙도가 진행됨에 따라 유의적으로 감소되는 결과를 나타내었다. 바나나 미숙과의 경우 과실부위에는 prodelpheidin이, 과피에는 prodelpheidin과 procyanidin을 구성 단위로 하고 있는 proanthocyanidin류의 축합성 탄닌이 함유되어 있으며, 과육보다는 과피에 다량 존재하고 숙도가 진행됨에 따라 감소되는 것으로 보고된바 있다(7). 따라서 본 연구에서 숙도가 진행됨에 따라 폴리페놀 함량이 감소되는 현상은 탄닌 함량의 감소에 따른 결과로 사료된다. 한편 Wang과 Lin(27)의 연구에서는 숙도에 따른 red raspberry의 폴리페놀 함량은 미숙에서 완숙과로 경과함에 따라 대체적으로 증가한다고 보고하여 본 연구와 상반되는 결과를 나타내었다. 이와 같이 과실에 있어 성숙

**Table 3. Changes in total sugar, reducing sugar, and free sugar contents of banana flesh and peel during maturation**

(g/100 g, dry basis)

Samples	TSC <sup>1)</sup>	RSC <sup>2)</sup>	Free sugar content				Total	
			Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose		
Flesh	Unripe	27.28±0.89 <sup>3),c4)</sup>	22.54±1.57 <sup>a</sup>	7.10	6.67	5.34	-	19.11
	Ripe	39.67±0.49 <sup>b</sup>	24.12±2.35 <sup>a</sup>	9.17	9.48	5.06	-	23.71
	Over ripe	43.66±1.11 <sup>a</sup>	25.24±0.24 <sup>a</sup>	11.50	11.51	5.34	-	28.35
Peel	Unripe	11.63±1.78 <sup>b</sup>	3.57±0.18 <sup>b</sup>	3.56	3.22	1.85	0.63	9.26
	Ripe	12.27±0.43 <sup>b</sup>	3.68±0.05 <sup>b</sup>	4.00	3.42	1.66	0.33	9.51
	Over ripe	16.70±1.66 <sup>a</sup>	3.95±0.13 <sup>a</sup>	6.51	5.90	1.52	0.22	14.15

<sup>1-2)</sup>Abbreviation: TSC, total sugar content; RSC, reducing sugar content.<sup>3)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.<sup>4)</sup>Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

도에 따른 폴리페놀의 함량이 상이한 결과를 나타내는 것은 탄닌이 가수분해성(hydrolyzable tannin), 응축성(condensed tannin), 복합성(complex tannin) 등의 고분자 폴리페놀화합물로 특성에 차이를 보이는 것 이외에도(28), 과실에 주로 분포하는 안토시아닌의 생합성 작용(29) 등이 속도가 변화함에 따라 영향을 미치는 것으로 추정된다. 플라보노이드 함량의 경우 미숙일 때의 과피는 5.73 mg/g로 저장기간이 경과함에 따라 감소하여 후숙일 때에는 2.99 mg이 검출된 반면 과육의 경우 완숙과에서 감소하다가 후숙 시 함량이 증가되는 경향을 나타내었다. Cha 등(30)의 연구에서는 속도에 따른 복분자 딸기의 플라보노이드 함량을 측정할 결과 후숙이 진행됨에 따라 플라보노이드의 함량이 증가하는 경향을 나타낸다고 하여 본 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 식미를 증진시키는 당의 함량(Table 3)은 후숙과에서 높게 나타나지만 과육 조직의 연화, 갈변 및 flesh spot decay(FSD)의 발생에 따른 식감저하 등이 원인이 됨으로 상품성이 없거나 또는 미숙상태의 과실을 활용한 식품 가공 소재로 활용도가 높을 것으로 사료된다. 또한 천연물의 phytochemicals 중에 폴리페놀성 화합물을 많이 함유하고 있는 바나나 과피의 경우 부산물의 활용한 폐자원 활용

측면에서도 의의를 찾을 수 있을 것으로 판단된다.

### 항산화능

속도에 따른 바나나 과육과 과피의 DPPH, ABTS 라디칼 소거능 및 환원력을 측정할 결과는 Table 5와 같다. 속도에 따른 항산화능은 전반적으로 과피가 과육에 비해 높았으며, 후숙되는 정도에 따라 활성 또한 감소하는 것으로 나타났다. 5 mg/mL 농도에서의 미숙 과피는 59.94%로 높은 활성을 보였고 완숙(57.66%), 후숙(57.48%) 과피는 유사한 활성을 나타내었으며, 과육의 속도별에 따른 활성 또한 유사한 경향을 나타내었다. 한편 1 mg/mL 농도에서의 ABTS 라디칼 소거능 및 5 mg/mL 농도에서의 환원력에서도 이와 유사한 경향을 나타내었는데 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높을 수록 라디칼 소거활성이 높아지는 양적 상관관계를 나타내었다. 한편 과육의 경우 완숙에 비해 후숙과에서 항산화 활성이 증대되는 경향을 나타내었다. 플라보노이드류는 polyphenolic substance로서 화학구조에 따라 flavonols, flavones, catechins, isoflavones 등으로 분류되며, free radical의 소거효과, 세포막 과산화 손상에 대한 보호효

**Table 4. Total polyphenol and flavonoid contents of banana flesh and peel during maturation**

(mg/g, dry basis)

Samples	Polyphenols	Flavonoids	
Flesh	Unripe	7.24±0.46 <sup>1),a2)</sup>	1.33±0.03 <sup>a</sup>
	Ripe	5.67±0.63 <sup>b</sup>	1.25±0.01 <sup>b</sup>
	Over ripe	5.66±0.41 <sup>b</sup>	1.37±0.02 <sup>a</sup>
	Unripe	56.12±2.57 <sup>a</sup>	5.73±0.13 <sup>a</sup>
Peel	Ripe	36.02±3.49 <sup>b</sup>	5.23±0.20 <sup>b</sup>
	Over ripe	19.06±1.56 <sup>c</sup>	2.99±0.02 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.<sup>2)</sup>Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).**Table 5. DPPH, ABTS radical scavenging ability, and reducing power of banana flesh and peel during maturation**

Samples	DPPH RSA <sup>1)</sup> (%, 5 mg/mL)	ABTS RSA (%, 1 mg/mL)	RP <sup>2)</sup> (O.D700, 5 mg/mL)	
Flesh	Unripe	11.42±0.78 <sup>3),a4)</sup>	28.23±1.65 <sup>a</sup>	0.296±0.003 <sup>b</sup>
	Ripe	6.15±0.80 <sup>b</sup>	12.51±2.39 <sup>b</sup>	0.229±0.019 <sup>c</sup>
	Over ripe	6.25±0.82 <sup>b</sup>	14.11±1.17 <sup>b</sup>	0.327±0.008 <sup>a</sup>
Peel	Unripe	59.94±1.66 <sup>a</sup>	99.23±0.18 <sup>a</sup>	2.719±0.027 <sup>a</sup>
	Ripe	57.66±0.88 <sup>b</sup>	90.46±0.33 <sup>b</sup>	2.655±0.030 <sup>b</sup>
	Over ripe	57.48±0.57 <sup>b</sup>	62.81±2.69 <sup>c</sup>	1.807±0.047 <sup>c</sup>

<sup>1-2)</sup>RSA: radical scavenging ability, RP: reducing power.<sup>3)</sup>Values are means±standard deviation of triplicate determinations.<sup>4)</sup>Different superscripts within a column (a-c) indicate significant differences (p<0.05).

과 등 이들의 구조적 차이에 따라 생화학적 활성에 영향을 미치는 것으로 보고(31)된 바 있다. 따라서 후숙 과육에서 항산화 활성이 증대되는 현상은 플라보노이드 함량이 높은 것과 상관관계가 있는 것으로 사료된다.

## 요 약

바나나 과피와 과육의 숙도에 따른 이화학적 및 기능적 특성을 조사한 결과 수분함량은 저장기간이 경과함에 따라 감소하는 반면 과육의 경우에는 증가하는 경향을 나타내었다. 색도에서는 과피와 과육 모두 완숙일 때 높은 L 값을 보였고, 후숙 됨에 따라 급격히 감소되는 경향을 나타내었으며 b 값의 경우 후숙과로 경과되면서 급격히 저하되었다. 숙도가 진행됨에 따라 산도는 감소하고 가용성고형분 및 당산비는 증가하였다. 숙도가 진행됨에 따라 과피, 과육의 총당 및 환원당 함량은 증가하였고, 유리당 함량은 전반적으로 fructose 및 glucose가 주요한 구성당으로 그 함량이 증대되는 것으로 관찰되었다. 전반적으로 과육에 비해 과피에서 높은 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 나타내었으며 숙도가 진행됨에 따라 함량은 유의적으로 감소되는 경향을 나타내었다. 항산화능의 경우 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높을수록 라디칼 소거활성이 높아지는 양적 상관관계를 나타내었다.

## 감사의 글

본 논문은 2013년도 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원에 의한 것으로 감사드립니다.

## References

1. Ali M, Bhutani KK, Atal CK (1984) Chemical constituents of banana. *J Sci Ind Res*, 43, 316-323
2. Yu TJ (1991) *Illustrated Guide to Korean food*. Munundang, Seoul, Korea. p 159-160
3. Mitsou EK, Kougia E, Nomikos T, Yannakoulia M, Mountzouris KC, Kyriacou A (2011) Effect of banana consumption on faecal microbiota: A randomised, controlled trial. *Anaerobe*, 17, 384-397
4. Chiang BH, Chu WC, Chu CL (1987) A pilot scale study for banana starch production. *Starch/Stärke*, 39, 5-8
5. Palmer JK (1963) Banana polyphenol oxidase. Preparation and properties. *Plant Physiol*, 38, 508-513
6. Horigome T, Sakaguchi E, Kishimoto C (1992)

- Hypocholes-terolaemic effect of banana (*Musa sapientem* L. Var. Cavendishii) pulp in the rat fed on a cholesterol containing diet. *Br J Nutr*, 68, 231-244
7. Cho YS, Jeong JH, Ryu CH (1996) Effect of condensed tannins prepared from banana (*Musa Sapientum* L.) fruit on digestive enzyme in vitro. *Agric Chem Biotech* 39, 477-481
  8. Youn KS, Chang KS, Choi YH (1999) Optimization of osmotic dehydration for the manufacturing of dried banana. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 6, 55-60
  9. Park JS, Lee YJ, Chum SS (2010) Quality characteristics of sponge cake added with banana powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 1509-1515
  10. Koh HY, Park HW, Kang TS (1988) Effect of packaging methods on the storage of banana. *Korean J Food Sci Technol*, 20, 737-741
  11. Soo HK, Koh, Young H (1999) Effects of ripening and storage temperatures on the quality of banana. *Korean J Postharvest Sci Technol*, 6, 148-152
  12. Garcia E, Lajolo FM (1988) Starch transformation during banana ripening: the amylose and glucosidase behavior. *J Food Sci*, 53, 1184-1181
  13. Wainwright H, Hughes PA (1989) Objective measurement of banana pulp colour. *Int J Food Sci Technol*, 24, 553-558
  14. Shantha HS, Siddappa GS (1970) Physicochemical nature of banana pseudostem starch. *J Food Sci*, 35, 72-74
  15. Lee KO, Choi JY, Park SO, Lee TS (1995) Changes in free sugars and organic acids of banana fruit at various storage temperatures. *Agric Chem Biotechnol*, 38, 340-344
  16. Kim HK, Lee BY, Shin DB, Kwon JH (1998) Effect of roasting conditions on physicochemical characteristics and volatile flavor components of chicory roots. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 1279-1284
  17. Kim JY, Yi YH (2010) pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *Takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol*, 42, 727-732
  18. Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428
  19. Wilson AM, Work TM, Bushway AA, Bushway RJ (1981) HPLC determination of fructose, glucose and sucrose in potatoes. *J Food Sci*, 46, 300-306
  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. Saleh ES, Hameed A (2008) Total phenolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian *Ficus* species leaf samples. *Food Chem*, 114, 1271-1277
  22. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199-1200
  23. 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
  24. Saeedeh AD, Asna U (2007) Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chem*, 102, 1233-1240
  25. Franck C, Lammertyn J, Ho QT, Verboven P, Verlinden B, Nicolai BM (2007) Browning disorders in pear fruit. *Postharvest Biol Technol*, 43, 1-13
  26. Kays JS (1991) Postharvest physiology of perishable plant product. AVI Publishing, New York
  27. Wang SY, Lin HS (2000) Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivate and developmental stage. *J Agric Food Chem*, 48, 140-146
  28. Ribereau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu D (2000) Handbook of Enology, volume 2: The chemistry of wine stabilization and treatments. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, p 129-157
  29. Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee SY (2013) Changes in fruit quality and antioxidant activity depending on ripening levels, storage temperature, and storage periods in strawberry cultivars. *Korean J Hort Sci Technol*, 31, 194-202
  30. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS (2007) Comparison of physiological activities of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 36, 683-688
  31. Middleton E, Kandaswami C, Theoharides TC (2000) The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacol Rev*, 52, 673-751
- 

(접수 2013년 4월 5일 수정 2013년 6월 17일 채택 2013년 6월 20일)