

저장온도에 따른 바나나의 유리당과 유기산

이경옥 · 최진영 · 박성오 · 이택수*

서울여자대학교, 식품·미생물공학과

초록: 시중에서 구입한 출하 3일된 바나나를 5, 15, 25°C로 10일간 저장하면서 당과 유기산을 측정된 결과는 다음과 같다. 바나나 중의 유리당으로 glucose, fructose, sucrose가 확인되었다. 저장초(0일)의 각 유리당은 0.30~0.36%의 미량으로 sucrose가 다소 높았다. 저장기간의 경과에 따라 유리당 총량이 증가되었으나 저장온도에 따라 각 유리당 함량은 많은 차이를 보였다. 5°C 저장구에서 각 유리당의 함량은 거의 변화가 없었고 유리당 중 sucrose가 다소 높았다. 15°C와 25°C 저장구에서 sucrose는 감소하고 glucose와 fructose는 현저히 증가하였으며 glucose는 fructose 보다 함량이 다소 높았다. 25°C 저장구에서 총당, 환원당, glucose, fructose 및 유리당 총량이 시험구 중 가장 높았다. 유기산으로 citric acid, malic acid, lactic acid, acetic acid가 확인되었다. 저장 3일에 citric acid의 함량이 가장 높았으나 이후 현저히 감소되었고 acetic acid는 저장 초기보다 다소 증가되었다. 유기산 총량은 저장초 305~373.3 mg%였으나 9일에는 45.9~67.9 mg%로 현저히 감소하였고, 25°C 저장구에서 감소가 컸다(1995년 5월 11일 접수, 1995년 7월 18일 수리).

서 론

아시아가 원산지인 바나나는 Musa속 musaceae과에 속하는 다년생 목상초본으로 열대 및 아열대 지방에서 주로 재배되는 과일이다.^{1,2)} 바나나의 재배 품종은 100여종 이상이며, 이중 중요한 품종으로는 생과로 먹는 바나나인 *Musa acuminata Colla*와 삶은 후에 먹는 plantain인 *M. parbdisiaca*이다. 바나나는 과육이 부드러우며 포도당이 풍부하여 달고 구연산 등에 의한 산미도 조화되어 맛이 좋은 과실로 보고되어 있다.¹⁾ 바나나의 이용도는 주로 생식이나 양과자, 냉과 등의 제조 및 과일 등과 혼합음료의 제조에도 이용된다.^{1,3)} 또한 약리면으로는 설사, 이질, 궤양성 충수염, 요독증, 신염, 통풍, 고혈압, 심장병 등의 치료에 효과가 있는 것으로 알려져 있다.²⁾

밀감, 포도, 감 등의 과일은 충분히 성숙한 완숙상태로 수확하나 바나나, 서양배, 토마토, 사과 등의 과일은 다소 미숙한 것을 수확하여 추숙시킨다.

국내시장에서 거의 사계절을 통하여 판매되는 바나나는 황록색의 신선한 상태도 있으나 흑색의 반점상태로 과피가 변한 바나나도 있어 구입 바나나의 식용시 맛은 물론 향미나 색상도 다르다. 이는 품종, 계절, 출하온도 및 소비자 구입시까지의 기간 등에 많은 차이가 있기 때문이라고 본다.

바나나의 여러 성분 중 전분분해로 생성되는 당분은 과육 중의 유기산과 더불어 바나나의 주된 맛 성분으로 숙성과정이나 출하후 바나나의 품질면에서 이들 성분은 다성분보다도 더욱 중요시된다. 바나나의 효소,^{4,5)} 갈변화,^{6,7)} 물리·화학적 성분,⁸⁻¹⁰⁾ starch,¹¹⁻¹⁵⁾ 색도¹⁶⁻¹⁸⁾ 등에

대하여 많은 연구 보고가 있다. 바나나의 유리당이나 유기산에 대하여 Wills⁹⁾ 등이 바나나의 숙성과정 중의 유리당으로 glucose, fructose, sucrose를 검출하였으며 이중 sucrose의 함량이 높은 것으로 보고하였고, 유기산으로는 malic acid, citric acid, oxalic acid가 존재하며 이중 malic acid의 함량이 높은 것으로 보고하였다.⁹⁾

그러나 수확 후 바나나의 저장온도에 따른 유리당과 유기산에 관한 보고는 거의 없다.

따라서 본 연구는 식용에 적당한 바나나의 숙성상태나 맛 등의 품질을 검토할 목적으로 신선한 바나나를 시중에서 구입하여 온도에 따른 저장기간 중의 당과 유기산에 대하여 실험한 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

바나나는 1992년 3월 청량리 청과물 시장에서 녹색의 바나나를 구입하였다. 저장실은 5°C 경우는 5평 크기의 냉동실에서 15, 25°C는 온도 조절이 가능한 incubator (가로 1.5 m, 세로 1.5 m, 높이 2 m)를 사용하였다. 바나나 한 송이당 20~25개 정도가 달린 바나나 3송이씩을 각 incubator에 넣고 구입한 날자를 0일로 하여 10일간씩 저장하였다. 저장기간 중 과피와 과육은 분리하지 않은 상태로 저장하였다.

분석방법

과피를 제거한 100 g 정도의 바나나 과육을 유발(상부지름 9 cm, 높이 4.5 cm)에 넣고 유봉으로 균일하게 마쇄하여 각 성분분석의 시료로 사용하였다.

찾는말 : banana, organic acids, free sugars, storage temperatures
*연락처

수분

과피를 제거한 과육 중의 수분은 상압건조법¹⁹⁾에 따라 105°C에서 건조시켜 정량하였다.

당화 amylase 효소력

마쇄한 시료 1 g을 200 ml의 물을 가해 5시간 진탕, 추출하여 여과하였다. 그 여액을 조효소액으로 사용하여 芳賀²⁰⁾ 등의 방법에 따라 당화 amylase의 활성을 측정하였다. 즉, 6% 가용성 전분 용액을 기질로 하여 pH 5.0으로 조절하고, 30°C에서 30분간 반응시켜 생성된 환원당의 함량을 Somogyi변법¹⁹⁾으로 정량하였다. 효소활성 단위는 바나나의 조효소액 1 ml가 생성하는 환원당의 mg수(unit/ml)로 표시하였다.

전분가

마쇄한 시료 5 g을 500 ml erlenmeyer flask에 넣고, 25% HCl 20 ml와 증류수 200 ml를 가한 후, 100°C 수욕조 중의 환류장치에서 3시간 가수분해시켰다. 이 가수분해액을 10% NaOH로 중화(pH 6.8~7.0)하여 2 N ZnSO₄ 10 ml와 0.5 N K₃Fe(CN)₆ 10 ml를 가해 단백질을 제거한 후 500 ml로 정용, 여과하였다. 그 여액을 10 ml 취해 Somogyi변법¹⁹⁾으로 환원당을 정량하고, 여기에 0.9를 곱하여 전분가로 하였다.

환원당 및 총당

환원당은 마쇄한 시료 10 g을 200 ml로 정용한 후 그 여액 10 ml를 취하여 Somogyi 변법¹⁹⁾으로 정량하였고, 총당은 시료 5 g을 25% 염산으로 가수분해 한 후 상법으로 처리한 다음 환원당과 같이 Somogyi변법¹⁹⁾으로 정량하여 glucose로서 표시하였다.

유리당

마쇄한 시료 10 g을 취하여 100 ml로 정용하였다. 적당한 농도로 희석 시킨 후, cellulose acetate membrane filter(Greenfilter A25B, pore size 0.2 μm, 녹십자 의료공업)로 여과하여 그 여액 10 μL를 HPLC(BIO-LC Ion Chromatograph, Dionex, USA)에 주입하여 분석하였다. 분석시 column은 CarboPac PA1 4×250 mm, Dionex, USA, P/N 35391를 사용하였고, detector는 Pulsed Amperometric Detector(Dionex, USA)를, recorder는 Chromjet Integrator(Spectra-Physics, USA), solvent는 gradient program으로 10분까지는 50 mM NaOH로 10분 이후는 100 mM NaOH를 사용하였으며, 이때 flow rate는 1.0 ml/min.의 조건으로 분석하였다.

유기산

마쇄한 시료 5 g을 정확히 취하여 0.45 μm membrane filter(Micro Filtration System)로 여과하고 그 여액 10 μL를 HPLC (Waters associates HPLC)에 주입하여 분석하였다. 분석시 column은 Aminex HPX-87H Ion Exclusion Column 300×7.8 mm Serial No. 254749, BIO-

RAD를 사용하였고, column oven 온도는 65°C, detector는 Waters 484 Tunable Absorbance Detector, flow rate는 0.8 ml/min.의 조건으로 분석하였다.

결과 및 고찰

수분

경시적으로 저장 중의 바나나를 취하여 과피를 제거한 후 과육의 수분을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 수분은 저장직후 75.47%였던 것이 저장기간의 경과에 따라 증가하여 10일 후에는 78.51~82.2%였다. 시험구 별로는 25°C 저장구가 가장 크게 증가되었고, 5°C 저장구는 가장 낮았다. 호흡작용과 효소작용으로 전분을 포함한 고분자 물질이 저분자 물질로 분해되어 고형물이 감소되어 경시적으로 수분함량이 다소 많아진 것으로 추측된다.

과실저장 중 수분 증가는 미생물 생육에 유리한 조건으로 되어 바나나의 부패를 촉진하여 저장성이 감소된다. 본 실험의 결과를 보면 25°C 저장은 5°C나 15°C 저장보다 저장조건은 불리한 것으로 나타났다.

당화 amylase 활성

바나나의 저장온도에 따른 당화 amylase의 활성을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 당화 amylase 활성은 경시적으로 어느 시험구나 증가하는 경향을 보였다. 시험구 별로 보면 5°C 저장구가 낮은 편이고, 25°C 저장구가

Table 1. Changes in water content of banana at various storage temperatures (unit: %)

Storage period (day)	Temperature (°C)		
	5	15	25
0	75.47	75.47	75.47
2	75.70	77.19	75.81
4	76.31	77.65	76.75
6	77.60	79.14	78.81
8	77.80	79.70	80.70
10	78.51	80.91	82.20

Table 2. Changes in activity of saccharifying amylase in banana at various storage temperatures (unit/ml)*

Storage period (day)	Temperature (°C)		
	5	15	25
0	69.44	69.44	69.44
2	77.72	85.49	116.58
4	81.61	89.38	120.47
6	85.49	116.58	124.35
8	104.23	127.22	126.46
10	107.30	137.95	137.95

*Enzyme unit (mg glucose/enzyme 1 ml) was defined as an unit amount of glucose converted in the reaction with the crude extract of banana.

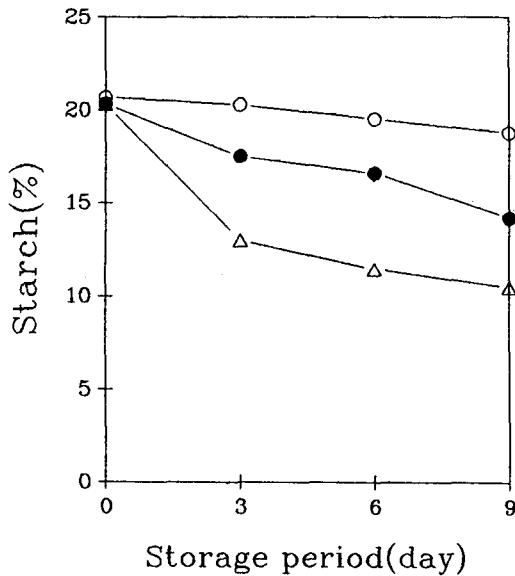


Fig. 1. Changes in starch of banana at various storage temperature. ○-○, 5°C; ●-●, 15°C; △-△, 25°C.

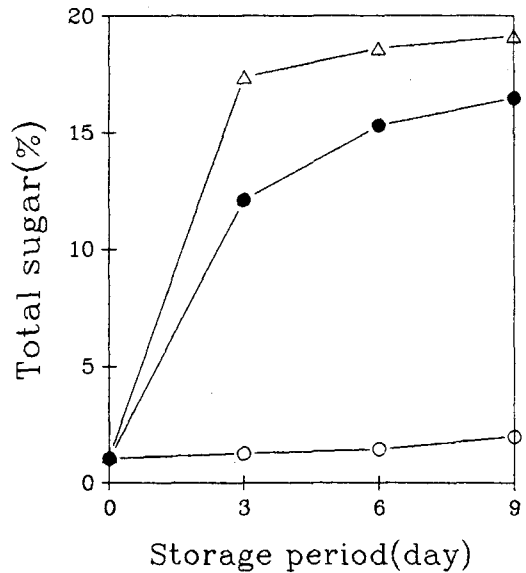


Fig. 3. Changes in total sugar of banana at various storage temperature. ○-○, 5°C; ●-●, 15°C; △-△, 25°C.

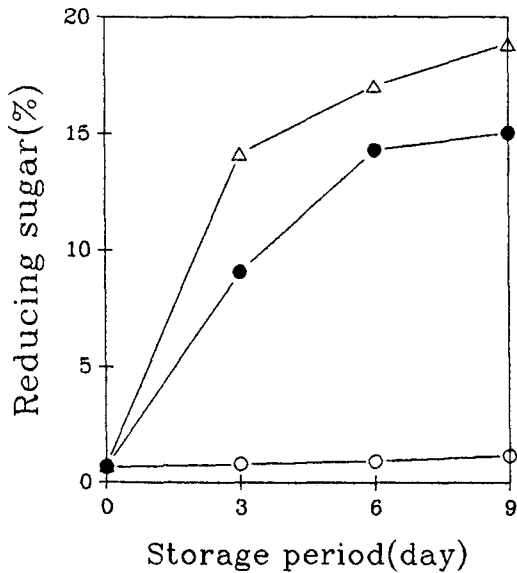


Fig. 2. Changes in reducing sugar of banana at various storage temperature. ○-○, 5°C; ●-●, 15°C; △-△, 25°C.

저장중기까지 활성이 다소 높은 편이었다. 5°C에서는 온도가 낮아 15°C나 25°C보다 효소활성이 미약함을 알 수 있다.

바나나의 과육이나 과피에 존재하는 당화 amylase는 수상과나 수확후 저장중인 바나나의 전분을 가수분해하여 당분으로 전환시키므로, 바나나의 숙성은 물론 식용시 감미에 영향을 준다. 당화 amylase의 활성이 강할수록 저장 중 바나나의 숙성이 촉진되므로, 본 실험의 결과로 볼때 25°C가 초기에 당화 amylase 활성이 가장 강하여 바나나의 숙성에 유리한 것으로 평가된다.

전분, 환원당 및 총당

바나나의 저장 온도에 따른 전분, 환원당 및 총당의 변화는 Fig. 1~3과 같다. 바나나 중의 전분은 저장 직후에 20.29% 였으나, 저장시일이 경과됨에 따라 점차 감소하여 9일에 11.05~19.76%로 나타났다. 이는 전분이 당화효소나 phosphorylase²¹⁾의 작용으로 당분으로 전환되었기 때문이다. 5°C 구는 저장과정 중 큰 변화없이 18% 이상을 나타냈다. 25°C에서는 저장 직후 20.29%에서 9일에 11.05%로, 시험구 중 전분의 감소가 가장 현저하였다. 25°C 저장구에서는 전분 분해효소의 활성이 다른 시험구에서보다 다소 강하여 전분의 변화가 많은 것으로 보인다.

환원당은 5°C 저장은 0.65~1.17%이나, 15°C나 25°C에서는 환원당 함량의 증가가 현저하여 9일에 15°C에서 15.06%, 25°C에서 18.86%로 각각 최대 함량을 나타냈다. 총당은 5°C 저장에서 숙성과정 중 2% 미만으로 함량이 극히 낮았으나, 저장 9일에 15°C에서 16.49%, 25°C에서 19.13%로 함량이 최대치를 보였다.

본 실험의 결과는 저장 온도에 따른 전분의 감소에 비례하여 각 시험구의 당분 함량이 증가된 사실과 부합되며 저장 온도가 높을수록 전분의 감소가 크고 총당이나 환원당의 함량이 높아 감미도가 강한 바나나로 숙성되는 것으로 추측된다.

유리당

바나나의 저장온도에 따른 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 3과 같다. 바나나의 유리당으로 sucrose, glucose, fructose가 확인되었다. 전분 함량이 높은 저장초기는 각 유리당 함량이 미량으로 나타났고 유리당 중에는 sucrose가 약간 많았다. 숙성과 더불어 전분의 감소로 저장온도에 따라 차이가 있으나 유리당은 증가되었다. 5°C 구는 유리당이 저장직후 0.30~0.36%

Table 3. Changes in free sugars of banana at various storage temperatures (unit: %, w/w)

Temperature (°C)	Storage period (day)	Sucrose	Glucose	Fructose	Total free sugar
5	0	0.36	0.32	0.30	1.02
	3	0.46	0.32	0.31	1.09
	6	0.52	0.42	0.32	1.26
	9	0.82	0.51	0.51	1.84
15	3	3.04	4.53	4.01	11.58
	6	2.28	6.94	6.04	15.26
	9	1.43	7.92	7.04	16.39
25	3	3.23	7.31	6.57	17.11
	6	1.01	8.52	8.50	18.03
	9	0.27	10.60	7.56	18.43

Table 4. Changes in organic acids of banana at various storage temperatures (unit: mg%)

Temperature (°C)	Storage period (day)	Citric acid	Malic acid	Lactic acid	Acetic acid	Total organic acid
5	3	222.6	60.8	30.6	2.2	316.2
	6	38.8	20.2	15.1	6.7	80.8
	9	22.0	25.0	14.9	6.0	67.9
15	3	217.5	56.3	29.2	2.0	305.0
	6	41.5	9.5	21.6	13.4	86.0
	9	10.7	16.8	17.3	13.2	58.0
25	3	270.6	56.3	43.8	2.6	373.3
	6	13.3	16.0	16.2	2.0	75.7
	9	2.9	7.1	22.6	13.3	45.9

였으나 최대 함량을 보인 9일에도 0.51~0.82% 정도로 미량 증가에 그쳤다. 유리당 중 sucrose 함량이 다소 높았고, glucose와 fructose 함량은 비슷하였다. 15°C 구는 3일에 sucrose 함량이 3% 정도로 최대치를 보인 후 감소하였다. Glucose와 fructose는 이시기에 함량의 증가가 현저하였고 9일에는 7% 이상을 나타내었다. 25°C 구에서도 sucrose는 15°C와 같은 경향을 보였으나 저장기간에 따른 감소가 더 심하였다. Glucose와 fructose는 3일에 6.57~7.31%로 급격히 증가하여 9일에 7.56~10.60%로 함량이 최대치를 보였다. 또한 glucose는 fructose보다 함량이 더 높았다.

저장기간의 경과에 따라 당화 amylase의 활성 증대, 바나나 중의 유기산 및 invertase 효소에 의해 sucrose는 분해되어 감소되고 glucose와 fructose는 증가하는 것으로 보였다. 본 실험 결과로 보면 저온저장에서는 유리당 함량이 낮고 sucrose가 주 구성당이나 고온저장에서는 유리당 함량이 현저히 증가되고 glucose와 fructose가 주 구성당으로 변화됨을 알 수 있었다. 바나나 당분 조성은 sucrose 66%, glucose 20%, fructose 14%로 보고되었는데³⁾

본 실험의 5°C 저장에서 유리당 함량의 순서가 비슷하였으나 15°C와 25°C에서는 sucrose 함량이 적어 차이를 보였다.

유기산

바나나의 저장온도에 따른 유기산의 변화를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 바나나의 유기산으로 citric acid, malic acid, lactic acid 및 acetic acid가 확인되었고, 2~3개의 미지물질도 존재하였다. 저장초에 citric acid 함량이 217.5~270 mg%로 가장 많았으며 다음이 malic acid의 56.3~60.8 mg%이었고, acetic acid는 2.0~2.9 mg%으로 가장 적었다. Citric acid, malic acid, lactic acid는 저장 초기보다 감소하였다. 이 중 citric acid의 감소현상이 가장 커 25°C 저장구의 경우 9일에 각 유기산 중 함량이 가장 낮았다. Acetic acid는 초기보다 다소 증가하였다. 25°C 저장구에서는 3일에 citric acid, lactic acid, acetic acid의 함량이 높았고, 5°C 저장구에서는 9일에 citric acid와 malic acid가 높았다.

확인된 이들 네가지 유기산의 총량은 저장 초기에는 305.04~373.3 mg%이었으나 점차 감소하여 9일 후에는 45.9~67.9 mg%로 나타났다. 이는 바나나 중에 양적으로 많은 citric acid의 감소와 더불어 추숙됨에 따라 호흡에 의해 생성된 알코올과 에스테르 결합 등 향기성분으로 이용되어 유기산 함량이 감소하였다고 추측된다.

저장초기에는 citric acid가 주요 산이나 숙성경과에 따라 citric acid는 감소하고, malic acid가 증가된다는 Wills⁸⁾ 등의 보고와 비교할 때 본 실험 결과에서도 citric acid의 감소는 이에 부합되었다.

참 고 문 헌

- 曹哉鏡 (1984) 최신 식품재료학. pp. 200 문운당.
- Ali M., K. K. Bhutani and C. K. Atal (1984) Chemical constituents of banana. *J. Sci. Ind. Res.* **43**, 316-323.
- 박원기 (1991) 한국식품사전. pp. 169-170 신광출판사.
- Garcia E. and F. M. Lajolo (1988) Starch transformation during banana ripening: the amylase and glucosidase behavior. *J. Food Sci.* **53**, 1181-1184.
- Chitarra A. B. and F. M. Lajolo (1981) Phosphorylase, phosphatase, α -amylase activity and starch breakdown during ripening of 'Marmelo' banana whole fruit and thin slices. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **106**, 579-584.
- Palmer J. K. (1963) Banana polyphenol oxidase. Preparation and properties. *Plant Physiol.* **38**, 508-513.
- Galeaxxi M. A. M., V. C. Sgarbieri and S. M. Constantinides (1981) Isolation, purification and physicochemical of polyphenol-oxidase (PPO) from a dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L.). *J. Food Sci.* **46**, 150-155.
- Wills R. B. H., J. S. K. Lim and H. Greenfield (1984) Changes in chemical composition of Cavendishii banana (*Musa acuminata*) during ripening. *J. Food Biochem.* **8**, 69-74.
- Shukla R. N., S. Singh, Das Nibhriti, M. Baijal and G. G. Sanwal (1973) Carbohydrate metabolism in *Musa paradi-*

- siaca. Phytochemistry* **12**, 979-985.
10. Shantha H. S. and G. S. Siddappa (1970) Physicochemical nature of banana pseudostem starch. *J. Food Sci.* **35**, 72-74.
 11. Beaudry R. M., F. Severson, C. C. Black and S. J. Kay (1989) Banana ripening: Implications of changes in glycolytic intermediate concentrations, glycolytic and gluconeogenic Carbon Flux and fructose 2,6-bisphosphate concentration. *Plant Physiol.* **91**, 1436-1444.
 12. Chiang B. H., W. C. Chu and C. L. Chu (1987) A pilot scale study for banana starch production. *Starch/Stärke* **39**, 5-8.
 13. Lee E. Y. C., C. Mercier and W. J. Whelan (1968) A method of the investigation of the fine structure of amylopectin. *Arch. Biochem. Biophys.* **125**, 1028-1031.
 14. Kayisu K. and L. F. Hood (1981) Molecular structure of banana starch. *J. Food Sci.* **46**, 1894-1897.
 15. Lii C. Y. and D. R. Lineback (1977) Characterization and comparison of the cereal starches. *Cereal Chem.* **54**, 138-149.
 16. Buescher R. W. and R. J. Furamanski (1978) Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. *J. Food Sci.* **43**, 264-266.
 17. Rippon L. E. and T. Trochoulis (1974) Ripening responses of bananas to temperature. *Food Preservation Quarterly* **13**, 140-144.
 18. Wainwright H. and P. A. Hughes (1989) Objective measurement of banana pulp colour. *Int. J. Food Sci. Technol.* **24**, 553-558.
 19. 鄭東孝, 張賢基 (1990) 식품분석. pp.113-179, 진로연구소.
 20. 芳賀宏, 伊藤美智子, 管原孝志, 佐佐木重夫 (1964) 일본조미과학 **11**, 10-13.
 21. 김재욱 (1983) 식품화학. pp.278-280 문운당

Changes in Free Sugars and Organic Acids of Banana Fruit at Various Storage Temperatures

Kyoung-Ok Lee, Jin-Young Choi, Sung-Oh Park, Taik-Soo Lee* (Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, Seoul 139-744, Korea)

Abstract: Banana purchased from local market was stored at 5, 15 and 25°C for 10 days after which free sugars and organic acids were determined. The amount of glucose, fructose and sucrose was 0.30~0.36% at the initial time of storage. The changes of free sugar was influenced by storage temperature. At 5°C, little change in the content of each free sugar was measured and sucrose had a slightly higher value. Glucose and fructose showed a predominant increase while sucrose content decreased at 15 and 25°C. The values of total sugar, reducing sugar, glucose, fructose and free sugar contents at 25°C were higher than at any other storage temperature. Citrate, malate, lactate and acetate in Banana were identified as organic acids. The total amount of organic acid decreased from 305~373.3 mg% at the initial time to 45.9~67.9 mg% after 9 days of storage. The reduction of organic acids contents was relatively high at 25°C.

*Corresponding author