

홍고추 생육시기별 기상여건과 내적품질과의 상관관계

조병철 · 박권우^{1*} · 강호민² · 이우문³ · 최정숙⁴

농촌진흥청 원예축산과, ¹고려대학교 생명산업과학부,
²강원대학교 식물응용과학부, ³원예연구소, ⁴농촌생활연구소

Correlationship between Climatic Elements and Internal Characteristics of Red Pepper Fruit in Different Growing Periods

Byung-Chul Cho, Kuen Woo Park^{1*}, Ho Min Kang², Woo-Moon Lee³, and Jeong-Sook Choe⁴

Horticulture & Livestock Division, RDA, Suwon 441-707, Korea

¹Division of Bioscience and Technology, Korea Univ., Seoul 136-701, Korea

²Division of Applied Plant Sci., Kangwon Nat'l Univ., Chunchon 200-701, Korea

³National Horticultural Research institute, RDA, Suwon 440-310, Korea

⁴National Rural Living Science Institute, RDA, Suwon 441-853, Korea

Abstract. Red peppers(*Capsicum annuum* L.), 'Geumtap' and 'Bugang', were cultivated at main producing areas in Korea, and harvested 4 times in 1998 and 1999. The relationships between internal qualities such as reducing sugar, capsaicinoids, and vitamin C contents, and regional climatic elements such as total accumulated air temperature, total amount of precipitation and sunshine duration during the fruit growing periods were compared. The amount of reducing sugar increased as the harvest time was late. Capsaicinoids content varied by harvest dates and cultivated years. Vitamin C content was influenced by cultivated year more than cultivars. Reducing sugar content showed a negative relationship with total amount of precipitation but showed a positive relationship with sunshine duration. There were negative relationship between the contents of capsaicinoids and vitamin C and total amount of precipitation.

Key words : reducing sugar, capsaicinoids, vitamin C.

*Corresponding author

서 언

고추(*Capsicum annuum* L.)는 한국에서 뿐만 아니라 세계적으로 중요한 채소이며 가루는 조미료 뿐만 아니라 추출물은 파스 등에 첨가되어 통증 완화 치료제로도 활용되고 있다(Carmichael, 1991).

고추의 내적 품질로 중요한 것은 당과 매운맛 그리고 비타민 C 등이다. 고추의 당함량은 품종별로 다른데 Yun(2002)에 의하면 9.68~15.97%, Hwang과 Chung(1998)은 상품의 경우 18.42~21.25%라고 하였다. 또한 당함량은 미숙과보다 고추가 완전히 붉게 익었을 때가 가장 높다(Wall과 Biles, 1993)고 하였다. 고추의 매운맛은 capsaicinoids에 의해 나타나는데 고추과 실의 태좌(placenta)에서 생성된다. 대체로 한국 고추는

42.3 mg/100 g 이상을 함유한다(Hong, 1996)고 한다. 고추의 비타민 C는 생고추에 46~243 mg/100 g이나 함유되어 있는 것으로 보고되었다(Mozafar, 1994). 이상 주요한 고추의 내적품질요인은 품종 재배기간이나 생육시기, 재배지역, 그리고, 수확 후 취급 등에 따라 다르다(Park, 1981)고 한다. 지금까지 원예식물의 수확 전 기상조건과 내적품질과의 관계는 무(Park, 1981)와 사과(Shin, 1996) 등에서 보고된 바 있다. Jang 등(2000)은 표고에 따른 고추의 당, capsaicine, 색깔 등을 연구한 바 있으나 고추 수확 전 기상조건과 내적품질과의 관계 연구는 미비하다. 따라서 본 연구는 2가지 고추품종에 있어 수확시기에 따른 당, 비타민 C, capsaicinoids의 변화를 년도별로 비교하면서 이를 내적요인과 기상요인의 상관관계를 구명코자 실시하였다.

Table 1. Meteorological factors of the pepper growing periods².

No. of harvest ²	Days before harvesting	Climatic factors		Accumulative air temperature (°C)		Total amount of precipitation (°C)		Sunshine duration (day)	
		1998	1999	1998	1999	1998	1999		
1st	30 days	684 ± 17 ³	654 ± 20	316 ± 55	160 ± 32	139 ± 5	208 ± 26		
	20 days	470 ± 12	490 ± 15	141 ± 15	133 ± 77	76 ± 31	100 ± 15		
2nd	30 days	718 ± 17	712 ± 23	267 ± 44	158 ± 87	108 ± 21	158 ± 30		
	20 days	502 ± 10	499 ± 12	537 ± 113	179 ± 99	51 ± 3	125 ± 15		
3rd	30 days	726 ± 17	741 ± 20	466 ± 198	290 ± 142	97 ± 28	152 ± 22		
	20 days	470 ± 10	464 ± 12	242 ± 63	79 ± 40	89 ± 14	106 ± 17		
4th	30 days	740 ± 16	755 ± 19	567 ± 98	307 ± 141	93 ± 22	166 ± 2		
	20 days	445 ± 10	445 ± 14	36 ± 24	126 ± 27	126 ± 13	91 ± 5		

²1st harvest; peppers' growing period(from 24 June to 2 August)

2nd harvest; peppers' growing period(from 29 June to 16 August)

3rd harvest; peppers' growing period(from 12 July to 30 August)

4th harvest; peppers' growing period(from 26 July to 13 September)

Measured by KMA weather stations.

³50 - 20 days: 30 days after flowering (growing period)

20 - 1 days: from 31 to 50 days after flowering (ripening period)

⁴Means and standard error of 4 growing periods with 4 replications.

These data were mean of 3 chief producing districts(Icheon, Eumseong, Uiseong) in Korea.

재료 및 방법

공시품종은 '금탑', '부강'(홍농종묘 시판품종)을 선정하여 1998년과 1999년 2년에 걸쳐 수행하였다. 지역별 수확전 기후조건과 내적품질과의 관계구명을 위해 경기 이천, 충북 음성, 경북 의성의 농가포장을 선정하여 동시에 정식하여 관행적 관리방법으로 재배하였다. 기상자료는 온도, 강우, 일조시수 등 3가지로 3개 지역의 기상관측 자료를 이용하였다. 다만 충북 음성은 청주의 기상자료를 활용하였다.

기상자료는 개화후 30일까지 성장기(수확전 50 - 31일)와 성숙기(수확전 21 - 1일)로 구분하여 누계를 비교분석하여 자료로 활용하였다(Table 1). 1998년 건조는 55°C에서 3일간 1차 건조후에 비닐하우스내에서 5일간 완전 건조하였고, 1999년에는 건조중 품질변화 감소를 예방하기위해 동결 건조하여 시료로 사용하였다. 고추 가루는 충격식 제분기를 사용하였으며, 분말도는 40 mesh체를 사용하여 제조하였다.

고추의 환원당 함량은 Somogyi-Nelson 방법(Robyt와 Whelan, 1968), 비타민 C의 함량은 2,6-dichlorophenolindophenol방법에 의해 형광광도계로 측정하였다(AOAC, 1995). 매운성분(capsaicinoids)은

Attuquayefio와 Buckle(1987)의 방법으로 측정하였다.

고추의 내적품질과 기상조건간의 상관관계를 조사하기 위하여 Pearson 상관분석을 시행하였다. 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)로 관련성을 살펴본 후에, 상관이 높은 것을 대상으로 회귀분석하여 결정계수(coefficient of determination)을 구하였다. 내적 품질 결과의 통계분석은 SAS program을 이용하여 Duncan의 다중검정으로 하였다.

결과 및 고찰

홍고추의 환원당 함량은 수확기가 늦어질수록 1998년에는 품종별로 증가하나 1999년에는 차이가 없었다. 1998년 평균은 '금탑' 18.42%, '부강' 19.72%와 1999년 평균으로 볼 때 '금탑' 21.39% 부강 21.94%로 나타내 품종별 특성보다 재배년도, 즉 기상조건 영향이 더 큰 것을 알 수 있었다(Table 2). Park (1981)도 무에서 재배시기에 따라 당함량이 크게 차이가 난다고 하였다. 분석에 나타난 결과, 전체적으로 환원당 함량은 20% 내외가 되어 국내 1등급 건고추의 수준을 나타냈다(Hwang과 Chung, 1998).

고추의 capsaicinoids 성분은 1998년 '금탑'이 생체

Table 2. Internal qualities, such as reducing sugars, capsaicinoids, and vitamin C contents of two red pepper cultivars ('Geumtap', and 'Bugang') harvested four times at every two weeks from August 2 to September 13 in 1998 and 1999.

Cultivars	Internal qualities ¹	Reducing sugar (% · DW ⁻¹)		Capsaicinoids (mg · 100 g FW ⁻¹)		Vitamin C (mg · 100 g FW ⁻¹)	
		1998	1999	1998	1999	1998	1999
Geumtap	1st	16.99 bc	21.58 a	54.53 a	55.46 a	195.5 a	178.8 c
	2nd	17.90 b	21.70 a	46.14 a	50.97 a	171.0 bc	201.2 ab
	3rd	18.71 b	22.27 a	49.85 a	54.84 a	151.8 c	191.3 b
	4th	20.09 a	20.00 b	56.50 a	59.34 a	182.2 b	212.4 a
	Average	18.42	21.39	51.76	55.15	175.1	195.9
Bugang	1st	18.34 bc	21.99 b	83.89 a	150.29 a	180.7 a	199.9 ab
	2nd	19.98 b	22.47 a	63.09 b	60.04 c	161.5 b	196.7 ab
	3rd	18.74 bc	22.66 a	45.77 c	44.40 d	163.8 b	188.1 c
	4th	21.84 a	20.65 c	95.99 a	82.34 b	168.2 b	207.2 a
	Average	19.72	21.94	72.19	84.27	168.6	198.0

¹1st harvest; peppers' growing period (from 24 June to 2 August)

2nd harvest; peppers' growing period (from 29 June to 16 August)

3rd harvest; peppers' growing period (from 12 July to 30 August)

4th harvest; peppers' growing period (from 26 July to 13 September)

^{*}Means separation within columns of each cultivar by DMRT at the 5% level.

중 100 g 당 51.76 mg '부강'이 72.19 mg, 1999년 '금탑' 55.15 mg, '부강'이 84.27 mg으로 나타나 두 품종 모두 42.3 mg 이상 함유하고 있어 매우 고추에 해당되며(Hong, 1996) 대체로 '부강'이 '금탑' 보다 많은 것으로 분석되었다. 그러나 capsaicinoids 분석치는 수확시기에 따라 편차가 심하게 나타났는데 변화폭이 가장 적었던 1999년 '금탑'의 경우 100 g 생체중 당 50.97 mg에서 59.34 mg인 반면, 변화폭이 가장 큰 1999년 '부강'의 경우는 44.40 mg에서 150.29 mg 범위에 달하고 있다(Table 2). 품종별로 '부강'이 재배조건에 따라 매운맛의 변화가 심한 반면 '금탑'은 비교적 안정적인 품종으로 여겨진다. Bosland(1996)는 품종에 따라 매운 성분의 차이가 낮게는 46%, 높게는 78%에 달한다는 보고한 바 있다.

고추의 비타민 C 함량은 1998년 '금탑'이 생체 100 g 당 175.1 mg, '부강'이 168.6 mg이었으며, 1999년 '금탑'이 195.9 mg, '부강'이 198.0 mg으로 조사되었다. 비타민 C 함량도 환원당 함량과 유사하게 품종의 특성보다 재배년도의 영향이 더 높게 나타났는데, 이것은 비타민 C가 수용성 비타민으로 수분감소 일조시간 등 여러 환경 요인에 의해 쉽게 파괴되는 성질에서 기인하는 것으로 판단된다. Table 2에서 보면 1998년보다 1999년에 함량이 높았는데, 이는 1999년

에 일조시수가 높았기 때문으로 생각된다. Park(1981)도 무에 비타민 C의 함량은 수확시기에 따라 60%가 감소한다고 하였으며, 재배시기에 따라서도 20% 이상 함량 차이가 났으며 일조량 증가에 따라 그 함량이 증가한다고 보고하였다.

환원당 함량과 기상여건과의 상관은 강우누계와 일조시간과 깊은 상관이 있었다. 강우누계와는 전 생육기간 동안 고도의 음의 상관이 있었으며, 일조시간과는 생육기간에 걸쳐 양의 상관이 깊은 것으로 분석되었으나 적산온도와는 상관이 없었다(Table 3).

Park(1981)은 봄 무의 경우에 수확 전 2주일간의 일조시수와 일조량이 환원당 함량과 각각 $r=0.85$, 0.86 의 고도의 상관관계가 있었으며, 여름재배 무에서는 수확 전 2주일간의 평균 온도와 $r=-0.73$ 의 음의 상관이 있었다고 보고한 바 있다. 환원당 함량과 고추 생육기간의 강우누계의 관계를 보면 강우량이 늘어날수록 환원당 함량이 줄어드는 음의 상관이 나타났다.

또한 회귀분석 결과 두 품종 모두 직선의 회귀식이 성립되었으나 결정계수의 적합성은 부족하였다('금탑': $R^2=0.2099$, '부강': $R^2=0.1266$). 일조시간과의 관계는 강우누계와는 반대로 일조시간이 늘어날수록 환원당 함량이 높아지는 양의 상관을 나타냈으며 결정계수 (R^2)는 '금탑'은 0.3868이었으나, '부강'은 0.2483이었다.

Table 3. Correlation coefficients between reducing sugars contents and climatic elements of red peppers and climatic elements for 50 days before harvesting.

Climatic factors	Geumtap			Bugang		
	1998	1999	Average	1998	1999	Average
Total accumulative air temperature	0.272	-0.093	0.073	0.216	0.124	0.150
50 - 20 days	0.667**	-0.288	0.038	0.517	-0.158	0.087
20 - 1 days	-0.357*	0.364*	0.051	-0.269	0.471**	0.096
Total amount of precipitation	0.244	-0.142	-0.458**	0.245*	-0.159	-0.355*
50 - 20 days	0.626**	0.101	-0.141	0.416*	-0.125	-0.169
20 - 1 days	-0.285	-0.407	-0.437**	-0.120	-0.036	-0.278*
Sunshine duration	0.279	0.208	0.621**	0.245	0.047	0.498**
50 - 20 days	-0.336*	0.054	0.449**	-0.245	-0.108	0.323**
20 - 1 days	0.590**	0.369	0.574**	0.478**	0.286	0.515**

*significant at 5% level, **significant at 1% level

이상의 결과를 종합하면 홍고추의 환원당 함량은 일조량에 가장 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 강우누계와 음의 상관관계를 보인 것은 광합성을 충분히 하지 못해 당 축적이 잘 이루어지지 못한 것을 의미한다. 또한 비가 많은 해의 고추는 통상적으로 단맛이 약한 것은 잘 알려진 사실인데, 식물체의 환원당 함량이 환경요인, 특히 이산화탄소 함량, 온도, 그리고 광량과 광질에 큰 영향을 받는다(Seong과 Lee, 2002)고 한다. 본 실험은 노지에서 태양광을 의존한 것이므로 이산화탄소 함량, 광질의 변이는 없었고 온도 역시 고추 생육 적온 30°C 내외였기 때문에 재배 환경 중 일조량으로 나타낼 수 있는 광량이 가장 큰 영향을 주었을 것이라 사료된다.

매운 성분(capsaicinoids) 함량과의 상관관계는 강우누계

에서 존재하였다. 강우누계와는 생육기간의 강우량과 음의 상관관계가 나타났으며, 특히 수확 전 50-20일간의 강우량과 높은 음의 상관관계가 있었다(Table 4). 이는 이 기간동안 강우가 진행됨에 따라 광합성이 미진하여 고추 과실내 capsaicinoids의 전구물질 함량이 축적이 잘 이루어지지 않고, 과실이 비대할 때 매운맛 집적이 상대적으로 적었기 때문이라 생각된다. 그러나 적산온도는 1998년, 일조시간과는 1999년에만 상관관계를 나타냈는데, 이는 년도에 따른 기상환경의 차이로 앞으로 다양한 품종으로 시험할 필요가 있겠다. 왜냐하면 '부강'의 경우에는 적산온도, 일조시간 등에 따라 매운맛의 성분이 상관관계를 나타내는데 반해, '금탑'에서는 상관관계가 나타났기 때문이다. 무의 경우 매운맛(Thiocyanate)은 재배시기, 수확시기에 따라 영향을 크게 받으며 수확전

Table 4. Correlation coefficients between capsaicinoids contents and climatic elements for 50 days before harvesting.

Climatic factors	Geumtap			Bugang		
	1998	1999	Average	1998	1999	Average
Total accumulative air temperature	-0.474**	0.040	-0.118	-0.475**	-0.676**	-0.524**
50 - 20 days	-0.275	0.078	-0.021	-0.269	-0.699**	-0.568**
20 - 1 days	-0.390*	-0.077	-0.148	-0.399*	0.189	0.065
Total amount of precipitation	-0.339*	-0.125	-0.412**	-0.078	-0.350*	-0.420**
50 - 20 days	-0.083	-0.233	-0.330**	0.124	-0.333*	-0.341**
20 - 1 days	-0.220	0.205	-0.183	-0.164	0.019	-0.182
Sunshine duration	0.182	0.357	0.301	0.011	0.233	0.398**
50 - 20 days	0.116	0.236	0.323	0.179	0.513**	0.522*
20 - 1 days	0.044	0.050	0.055	0.156	0.318	0.017

*significant at 5% level, ** significant at 1% level

Table 5. Correlation coefficients between vitamin C contents and climatic elements for 50 days before harvesting.

Climatic factors	Geumtap			Bugang		
	1998	1999	Average	1998	1999	Average
Total accumulative air temperature	-0.557**	0.187	-0.234	-0.456**	-0.013	-0.195
50 - 20 days	-0.497**	0.205	-0.191	-0.408*	-0.008	-0.210
20 - 1 days	-0.260	-0.252	-0.204	-0.211	-0.036	-0.118
Total amount of precipitation	-0.516**	-0.061	-0.589**	-0.307	-0.087	-0.629**
50 - 20 days	-0.108	0.058	-0.271*	0.048	0.034	-0.375**
20 - 1 days	-0.349*	-0.178	-0.406**	-0.296	-0.200	-0.414**
Sunshine duration	0.225	0.111	0.233	0.247	0.322	0.496**
50 - 20 days	0.315	0.104	0.273*	0.308	0.173	0.551**
20 - 1 days	0.005	0.085	0.117	0.036	0.124	0.212

*significant at 5% level, ** significant at 1% level

2주일간의 일조량이 각각 $r=0.85$, 0.84 의 고도의 상관성이 있다고 보고된 바 있다(Park, 1981). 또한 이런 결과는 ‘금탑’이 재배 기간 중의 스트레스에 강한 것을 의미하여 품종간의 차이가 있는 것을 시사한다. Harvell과 Bosland(1997)은 매운맛은 기상스트레스에 의해, 그리고 Shin(1991)은 품종에 의해 크게 영향을 받는다고 보고하였다. 이상의 결과로 미루어 수확 전에 비가 많이 오는 해는 고추가 맵지 않고, 햇빛이 많으면 맵다는 경험적인 이론을 수식화 할 수 있다는 점에서 보다 많은 요인을 분석하여 multiple regression에 의한 매운맛의 환경요인 분석을 앞으로 연구할 필요가 있다고 본다.

비타민 C 함량과의 상관성은 강우누계에서 존재하였다. 강우누계와는 생육기간의 강우량과 음의 상관성이 있었으며, 특히 생육후기 20일간의 강우량과 높은 음의 상관성을 나타내었다. 적산온도는 1998년도에는 두 품종 모두 비교적 높은 음의 상관성이 있었으나, 1999년에는 품종별 양상이 상반되게 나타났었다(Table 5).

일반적으로 비타민 C 함량과 온도와의 관계는 일반적으로 온도가 높아질수록 증가하나, 30°C 이상과 10°C 이하에서는 오히려 감소한다고 한다(Gutiev, 1974). 그러나 본 실험의 경우 온도 Data가 총 적산온도이므로 이상과 같은 온도와 비타민 C와의 상관 양상과 비교하기에는 무리가 있었다. 일조시간은 ‘금탑’에서는 1999년에만 상관성을 그리고 ‘부강’은 평균값에서 정의 상관성을 보였다. Park(1981)은 봄, 여름, 가을재배 무에서 수확 전 2주간의 일조시수와 일조량이 비타민 C 함량과 고도의 상관관계를 제시한다고 하였다. 이상의

결과로 미루어 본 시험에서는 고추의 비타민 C 함량에 영향을 끼치는 기상요소로서는 수확 직전의 강우량이 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 비타민 C 함량과 고추 생육기간의 강우누계와의 관계를 보면, 생육기간 동안의 강우량이 늘어날수록 비타민 C의 함량이 낮아지는 음의 상관성을 나타낸다. 회귀분석 결과 두 품종 모두 모형이 성립되었으며 어느 정도 회귀식에 부합하는 결과였다(금탑; $R^2=0.3206$, 부강; $R^2=0.3965$). 일조시간과는 대체로 양의 상관성을 보였는데 두 품종 중 ‘부강’만이 고도의 상관관계가 나타났다. 이는 앞서 매운맛처럼 강우에 따라 일조량이 부족하면 그만큼 비타민 C의 함성이 줄어든다는 것을 의미하며 반대로 수확전의 광량은 비타민 C의 함성을 촉진시키기 때문이다. 즉, 수확하기 전의 광도와 식물체내에 합성되는 비타민 C 함량과는 정의 상관성이 있다는 것을 의미한다.(Alekseev, 1974). Mozafar(1994)는 비타민 C 함량과 생육기간 중 환경요인과의 관계를 설명하면서 일반적으로 강광, 고온 조건인 여름철에 자란 식물 속의 비타민의 함량이 약광, 저온의 겨울철에 자란 식물 보다 더 높은 함량을 보인다고 하였는데, 이 결과 역시 광조건과 비타민과의 상관성을 시사하고 있다..

적 요

한국 고추 주산지에서 ‘금탑’, ‘부강’ 품종을 1998년과 1999년에 재배하여 4회에 걸쳐 홍고추를 수확하였다. 과실 내적품질로 환원당, capsaicinoids, 비타민 C 함량을 측정하여 고추 성장기간의 온도, 강우량, 일

조시간의 기상여건과 상관을 살펴보았다.

고추의 환원당 함량은 늦게 수확할수록 높아지는 경향을 보이고 있다. Capsaicinoids의 함량은 수확시기별, 연도별 편차가 심하게 나타났으며, 비타민 C의 함량은 품종보다 기상여건에 더 많은 영향을 받았다.

기상여건과의 고추 성분별 상관은 환원당 함량에서는 수확 전 강우량과 음의 상관, 일조시간과는 높은 양의 상관이었다. Capsaicinoids와 비타민 C 함량은 수확 전 강우와 음의 상관, 나타냈는데, 비타민 C의 경우 두 품종 모두 비교적 높은 결정계수(R^2 값)를 보였다.

주제어 : 홍고추, 환원당, capsaicinoids, 비타민 C, 기상조건

인 용 문 헌

1. Alekseev, R.V. 1975. Changes in ascorbic acid content during the formation of capsicum seeds. Hort. Abst. 45:5008.
2. AOAC. 1995. AOAC official method. 940.03 chlorophyll in plants. Chap. 3. p. 26-28. AOAC Vol. 16. USA.
3. Attuquayefio, V.K. and K.V. Buckle. 1987. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in capsicum fruits and oleoresins. J. Amer. Agr. Food Chem. 35:777-779.
4. Bosland P.W. 1996. The chile industry in the western region of the USA. J. Kor. Capsicum. Res. Coop. Vol. 4:1-9.
5. Carmichael, J.K. 1991. Treatment of herpes zoster and postherpetic neuralgia. Amer. Family Physician. 44: 203-210.
6. Gutiev, O.G. 1974. The ascorbic acid content of tomato plants. Hort. Abst. 44:6781.
7. Harvell, K.P. and P.W. Bosland, 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chilles. HortSci. 32:1292.
8. Hong, S.H. 1996. The situations of quality control system for red pepper powder in Korea and America. J. Kor. Capsicum Res. Coop. Vol. 4:93-99 (In Korean).
9. Hwang, J.M. and K.M. Chung. 1998. Investigation of distribution and quality of dried red pepper(*Capsicum annuum* L.) in Andong market. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:702-706 (In Korean).
10. Jang, K.S., D.J. Chio, D.H. Pae, J.T. Yoon, and S.K. Lee. 2000. Effects of altitudes on growth and fruit quality in red pepper(*Capsicum annuum* L.) J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:485-489 (In Korean).
11. Mozafar, A. 1994. Plant vitamins: Agronomic, Physiological and Nutritional Aspects. CRC Press. Boca Raton. Florida. USA.
12. Park, K.W. 1981. Einflusse von Jahreszeit Naehrstoffangebot und Erntetermin auf die Qualitaet des Rettichs. Dr. Disse. T.U. Muenchen (In German).
13. Robyt, J.F. and W.J. Whelan. 1968. The alpha-analysis. In starch and its derivatives. Radley, J.(ed), Chapman and Hall Ltd., p. 431. England.
14. Seong, R.C. and H.J. Lee. 2002. Physiology of crop plants. p. 23-30. Korea Univ. Press, Seoul (In Korean).
15. Shin, K.H. 1991. Studies on the quality estimation in red pepper powder. MS Thesis, Seoul Natl. Univ., Seoul (In Korean).
16. Shin, Y.U. 1996. The situation of apple cultivation of major competitive countries : The development and utilization of variety and rootstock in apple. p. 5-9. Taegu Apple Research Institute, RDA (In Korean).
17. Wall, M.M. and C.L. Biles. 1993. Alternaria fruit rot of ripening chile peppers. Phytopathology 83:324-328.
18. Yun, J.Y., D.O. Kim, G.W. Choi, and S.K. Park. 2002. Breeding of hot pepper varieties for the international market. MAF (In Korean).