

‘Bing’ 체리의 숙기에 따른 당도와 이화학적 품질인자의 상관관계

홍윤표 · 최선영 · 조미애[†] · 최선태 · 김성중
농촌진흥청 국립원예특작과학원

Correlation between Soluble Solid Content and Physicochemical Properties of ‘Bing’ Cherry at Different Stages of Ripening after Harvest

Yoon-Pyo Hong, Sun-Young Choi, Mi-Ae Cho[†], Sun-Tay Choi,
and Sung-Jong Kim

*National Institute of Horticultural & Herbal Science,
RDA, Suwon 440-706, Korea*

Abstract

Cherries (*Prunus avium* L) were selected at the light red (LR) and dark red (DR) stages of maturation. Soluble solid content and the physicochemical properties of fresh ‘Bing’ cherries were analyzed to identify an instrumental nondestructive attribute reflecting changes in sweetness. Soluble solid content was significantly correlated with various physicochemical properties (firmness, color, and acid level) in LR-stage cherries. In DR-stage cherries, only firmness was positively correlated with soluble solid content. A positive correlation was found between soluble solid content and firmness of 200 randomly selected cherries. Thus, flesh firmness may be a useful quality factor indicating potential consumer acceptance of ‘Bing’ cherries.

Key words : Cherry, ripeness, firmness, SSC, physicochemical quality property

서 론

대부분의 과실 품질 조사 중, 이화학적 인자를 품질의 판단지표로 활용하기 위해서는 각각의 인자가 관능적인 요인을 반영한다는 전제가 충족되어야 한다. 과실의 물리학적 및 생화학적 특성들을 측정함으로써 과실의 품질을 결정할 수 있고, 특성들 사이의 상관성 또는 특성 변화간의 상관성 확인은 품질 관리를 더욱 쉽게 할 수 있다(1). 과실에서는 주로 물리적 품질 요인 및 이화학적 품질 인자들 사이의 상관성에 대하여 가용성 고형물 함량, 산 함량 및 가식부경도 등 풍미와 조직감에 관련된 인자들을 측정하여 상관성을 분석하여 객관적인 품질지표로 제시되어 있으나(2), 과종, 품종별로 보다 대표적이며 상관성 높은 관련 인자들에 대한 연구가 더 필요한 실정이다.

체리는 non-climacteric 과실로 수확후 품질 변화 및 저장력이 에틸렌 작용 및 합성억제제인 1-MCP 처리에 의해 변화하지 않는 것으로 보고(3)되어 있어, 수확후 성숙이 진행되지 않는 작물에 포함된다. 체리의 수확시기는 체리의 숙성 정도를 나타내는 품질 지표인 과피색 및 당산비를 고려하여 결정된다(4).

체리 ‘Bing’ 품종은 현재 상업적으로 가장 중요한 품종이며 많이 소비되고 있다. 그동안 가용성 당함량에 기초한 소비자 만족을 충족시키는 최소한의 품질 기준이 제안되었는데, 소비자들이 구입을 결정하는 초기 단계에서 가장 큰 영향을 미치는 품질 요인은 외관으로서 과실의 크기, 모양, 색깔, 그리고 광택이며, 동시에 과경의 갈변 정도에 의해 결정된다. 재구입시 고려하는 요인으로는 외관에 덧붙여 맛, 경도, 과육색깔, 그리고 가정에서의 보관 중 품질 유지능력이다(5-7). 전체적인 품질 면에서 체리의 가장 중요한 화학적 특성은 가용성 고형물 함량이고, 물리적 특성은 과피

[†]Corresponding author. E-mail : choma818@korea.kr,
Phone : 82-31-240-3689, Fax : 82-31-240-3709

의 색깔, 과육의 경도 및 크기이다(8,9). 경도는 부패와 기계적 상처에 대한 저항성을 결정짓는 주요한 품질 요인으로, 세포벽을 분해하는 효소의 활성은 경도의 변화와 관련되어 있다(10). 또한, 경도의 변화는 과피색 변화(8) 및 surface fitting과 관련된 것으로 알려져 있다(11). 체리의 착색은 안토시아닌 축적으로 인한 것으로 밝혀져 있으며, 색도 측정을 통해서 성숙의 진행 정도와 안토시아닌 함량을 판단할 수 있다(12). 체리 품질의 최적값을 결정하는 요인 및 요인들 상호간의 상관성을 밝힌다면 보다 쉬운 품질 요인을 측정함으로써 상관되는 요인을 예측할 수 있어 품질 관리의 편리성을 높일 수 있을 것이다.

본 연구에서는 ‘Bing’ 체리의 색도와 소비자들이 가장 중요하다고 인지하는 당도 및 여러 이화학적 품질 요인들 간의 상관성을 분석하고, 품질 지표로 활용할 수 있는 품질 요인을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 쓰인 공시재료는 2008년 5월 중순에 수확된 미국산 ‘Bing’ 체리를 이용하였다. 수확후 상하거나 흠집이 없는 균일한 크기로 선별하여 사용하였다. 체리의 착색 정도에 따른 숙기 구분은 붉은색을 띠는 적숙(Light red; LR로 표기), 진한 붉은~자주색(Dark red; DR로 표기)을 띠는 과숙 단계로 분류하였고(Fig. 1), 분류된 체리를 다시 경도에 따라 세분하여 경도가 높은 그룹과 낮은 그룹으로 분류하였다. 경도에 따른 분류는 plunger 물성측정계(SMS, TA-XT2, England)를 이용하여 5 mm의 probe로 측정하여 상위 30%를 경도가 높은 그룹(hard로 표기), 하위 30%를 경도가 낮은 그룹(soft로 표기)으로 결정하였고, 분류된 그룹별로 24개의 과일을 무작위로 택하여 가용성 고형물, 유리당 및 유기산 분석에 이용하였다. 시험 재료로 이용된 체리의 초기 상태와 색도는 Table 1과 Fig. 1, 2에 나타내었다.

경도와 당도의 상관성을 보다 정밀히 알기 위해 무작위로 선별된 200개의 ‘Bing’ 체리 시료의 가용성고형물 함량과 경도를 측정하여 상관계수를 구하였다.

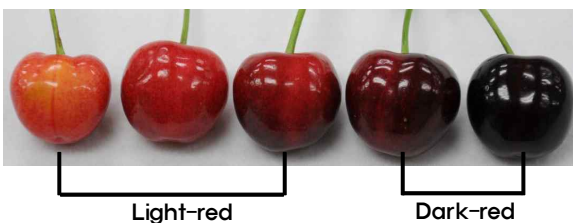


Fig. 1. Initial appearances of ‘Bing’ cherry (*Prunus avium* L.) with different maturity.

색도 및 이화학적 특성

과피색은 색차계(model CR-300, Minolta Corp., Japan)를 이용하여 lightness(명도), Hunter ‘a’(red-green)와 ‘b’(yellow-blue) 값을 측정하였고, 측정된 Hunter ‘a’와 ‘b’값을 환산하여 Hue angle(°) 값을 구하였다. 환산시 Hue angle(°)=Arctan(‘b’/‘a’) 식을 사용하였다. 측정시마다 흰색 calibration tile(L* 97.75, a* -0.43, b* 0.29)을 이용하여 보정하였다. 체리에서 Hue angle 값이 높을수록 미숙상태인 연한 붉은색을 띠며, 낮을수록 진한 붉은색을 띠는 것을 의미한다.

과실의 경도는 한 과실당 적도부 한 곳을 plunger 물성측정계(SMS, TA-XT2, England)를 이용하여 직경 5 mm의 probe로 측정하여 Newton (N)값으로 나타내었다.

과실의 당도는 과육을 착즙한 후 굴절당도계(Atago Co. Japan)로 측정하여 °Brix 농도로 나타내었다. 적정산도는 5배 희석한 과즙을 0.1 N NaOH로 적정하여 체리의 주요 유기산인 malic acid 함량으로 표시하였다.

유리당 및 유기산 분석

추출한 체리 과즙 일정량을 C-18 Sep-pak cartridge (Waters, U.S.A)와 0.45 µm syringe filter (PVDF, Whatman, Japan)로 여과, 정제하여 유리당, 유기산 분석을 위한 시료로 사용하였다. 유리당 분석은 HPLC (model 9300, Younglin Co., Korea)와 Sugar-pak (6.5×300 mm, Alltech Inc. U.S.A)을 이용하였고, 이동상은 HPLC용 증류수를 이용하였으며, 이동상 속도는 0.5 mL/min으로 조절하여 refractive index detector (Triathlon M730D, Younglin, Korea)로 체리 과실의 주요 수용성 당인 fructose, glucose 및 sorbitol을 분석하였다. 유기산은 410 autosampler, 335 photodiode array detector, 210 gradient pump로 구성된 HPLC (Varian, CA, USA)와 YMC-ODS-AQ 컬럼(4.6×150 mm)을 이용하였으며, 이동상은 17 mM ammonium phosphate 용액(pH 2.80)을 0.4 mL/min으로 하여 분석하였다. 유리당 및 유기산은 생시료 100 g당 함량으로 표시하였다.

통계분석

총당, 총산, 유리당, 유기산과 경도간의 상관 및 회귀분석을 분석하였다. 실험결과의 통계처리는 SAS 프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며 각 처리구간 유의성 및 판능검사 결과는 Duncan’s multiple range test를 이용하여 p<0.05 또는 p<0.01 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

품질특성

시험 재료로 사용된 ‘Bing’ 체리를 숙기 및 경도에 따라

분류한 후 초기 색도를 분석한 결과는 Table 1과 같다. LR 단계의 경우 숙기가 적속과로 진행되는 단계로 이때의 Hunter 'L', Hunter 'a' 값, 및 Hunter 'b' 값은 모두 DR 단계의 값에 비해 높게 나타났다. Hunter L 값은 명도를 나타내며, LR 단계에서 고경도구와 저경도 구에서 각각 31.47, 31.41 로써 과숙 단계인 DR의 30.48, 30.52보다 높은 값을 나타내었다. 적색도를 나타내는 Hunter 'a' 값의 경우도 LR의 시험구가 16 이상의 높은 값을 보였으나 DR 시험구는 10 내외의 수치를 나타내었다. 황색도의 지표인 'b' 값도 LR 단계의 시험구에서 DR구에서보다 유의적으로 높게 나타났다. 체리에서 Hue angle 값이 낮아질수록 진한 빨간색으로 변화하는 것을 의미하는데, 이 수치 역시 LR 단계의 체리가 DR 단계에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다(Table 1, Fig. 1)

Table 1. Color values of 'Bing' cherry with ripening stage and firmness

Classification		Hunter L ¹⁾	Hunter a [*]	Hunter b [*]	Hue angle (°)
LR	hard	31.47 ²⁾	17.17 ^a	3.69 ^a	12.02 ^a
	soft	31.41 ^a	16.97 ^a	3.48 ^a	11.63 ^a
DR	hard	30.48 ^b	9.73 ^b	2.41 ^b	10.77 ^b
	soft	30.52 ^b	10.29 ^b	1.91 ^b	10.53 ^b

¹⁾Data are means standard deviation of 24 independent samples.

²⁾Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p<0.05.

체리의 성숙단계별로 고경도군과 저경도군으로 분류를 하였을 때 LR 단계에서 고경도군은 6.4 N, 저경도군은 4.2 N이었고, DR 단계에서 고경도군은 5.8 N, 저경도군은 4.0 N을 나타내었다(Fig. 2A).

가용성고형물 함량은 DR 단계에서 LR 단계에 비해 약 3 °Brix 높았으며, LR 단계 및 DR 단계 모두 고경도 군이 저경도 군에 비해 3~4 °Brix 높았다. 경도에 따른 당도를 분석한 결과 DR 단계에서 LR 단계의 체리보다 높은 값을 보였으나 경도가 낮은 경우 각 단계에서 당도가 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2B). 적정산도는 성숙한 DR 단계에서 미성숙한 LR 단계에 비해 약간 낮았지만 유의적인 상관성이 없었고, 경도에 따른 차이도 나타나지 않았다(Fig. 2C). 이는 과실이 숙성되는 동안 당함량은 증가하나 반면 유기산 성분은 상대적으로 일정하게 유지되었다는 보고(13)와 일치한다.

품종에 따라 다르지만 체리의 가용성 고형물 함량은 11~25 °Brix에 분포하며, 적정산도는 0.4~1.5% 수준이라는 보고(8,14)와 비교시 'Bing' 품종은 가용성 고형물 함량은 18~30 °Brix 수준으로 높았으며, 적정산도는 0.1~0.15% 수준이었다.

유리당 및 유기산 분석

숙기와 경도에 따른 체리의 유리당 함량 분포는 착색이 많이 진행된 DR-hard 처리구에서 DR-soft구, DR-hard구, 그리고 DR-soft구에 비해 높게 나타났다(Table 2). 특히 glucose와 fructose가 높은 비율로 존재하였고, DR-hard구에서 총유리당 함량이 유의적으로 높게 나타났다. 체리의 상품성을 유지하는 데 중요한 인자로 경도가 크게 좌우되며 관능검사 결과 경도가 4 N 이하로 감소되는 경우 패널들의 수용도가 유의적으로 많이 감소하는 것으로 나타났으며, 단맛 또한 경도 감소와 유사하게 감소하였다(데이터 미제시).

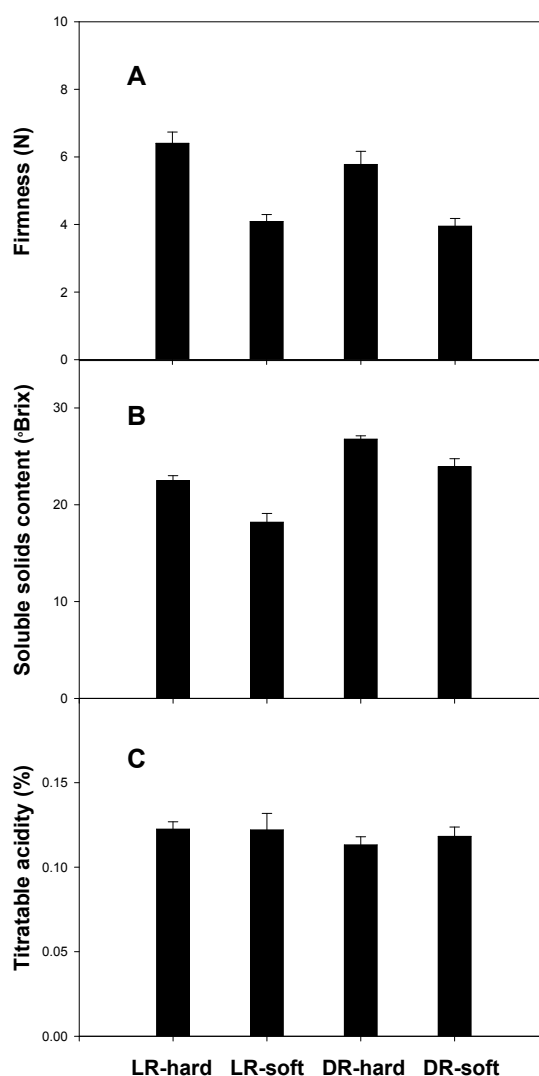


Fig. 2. Firmness (N), soluble solid content (°Brix), and titratable acidity (%) differences of 'Bing' cherry (*Prunus avium* L.) depending on ripening stage and firmness.

Each bar on the graph represents the mean of 15 replicates with standard error.

유기산의 경우 총 유기산 함량은 0.82~1.13%로써 숙기에 따른 함량의 차이는 없었지만, 고경도구가 저경도구에

비해 유기산 함량이 유의적으로 높게 나타났다(Table 3). 체리의 유기산 중 malic acid가 가장 많은 비율로 769.6~1097.6mg%로 분포하였으며, shikimic acid 2.8~4.1mg%, citric acid 1.3~4.9mg%, fumaric acid 7.7~11.2mg%, 그리고 succinic acid는 15.6~60.4mg%로 분포하였다.

체리의 주요 유리당은 glucose와 fructose이며 sucrose와 sorbitol 함량은 낮고, 주요 유기산은 malic acid라는 보고(4)와 비교시 ‘Bing’ 품종의 유리당 및 유기산 구성도 동일한 양상을 보였다.

Table 2. Free sugar content of ‘Bing’ cherry with ripening stage and firmness

Classification		Glucose (%)	Fructose (%)	Sorbitol (%)	Total (%)
LR	hard	8.203 ^b	6.357 ^b	2.464 ^b	17.025 ^b
	soft	6.177 ^c	4.562 ^c	1.534 ^d	12.274 ^c
DR	hard	12.338 ^a	9.174 ^a	4.202 ^b	25.714 ^a
	soft	8.681 ^b	6.452 ^b	2.729 ^b	17.865 ^b

Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p<0.05.

Table 3. Organic acid content of ‘Bing’ cherry with ripening stage and firmness

Classification		Malic acid (mg%)	Shikimic acid (mg%)	Citric acid (mg%)	Fumaric acid (mg%)	Succinic acid (mg%)	Total (mg%)
LR	hard	1097.6 ^a	3.6 ^{ab}	1.3 ^a	7.7 ^a	15.6 ^b	1125.8 ^a
	soft	769.6 ^b	2.8 ^b	4.2 ^a	11.2 ^a	35.6 ^{ab}	823.4 ^b
DR	hard	910.2 ^{ab}	4.1 ^a	4.8 ^a	8.9 ^a	60.4 ^a	988.4 ^{ab}
	soft	820.5 ^b	3.1 ^{bc}	4.9 ^a	10.5 ^a	45.9 ^{ab}	880.2 ^b

Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, p<0.05.

‘Bing’ 체리의 당도와 이화학적 품질인자의 상관관계

당도에 미치는 여러 이화학적 품질인자의 영향을 체리의 숙기에 따라 상관성을 분석한 결과는 Table 4와 같다. DR 단계의 체리에서는 경도 요인이 당도와 정의 상관성이 있었으나 총유리당과 총유기산은 당도와 상관성이 없는 것으로 나타났다. 반면 LR 단계의 체리는 경도, 색도, 총유리당, 총유기산 모두 당도와 유의적으로 정의 상관성이 있는 것으로 나타났다. 특히 유리당 성분인 glucose, fructose와 sorbitol은 r값이 0.8 이상인 높은 상관성을 보였으며, 총유기산 중에서는 malic acid와 shikimic acid가 당도와 정의 상관성을 나타내었다. 색도와 당도의 상관성이 Hunter ‘a’와 ‘b’값 모두 정의 상관성이 있는 것으로 보아 후숙이 진행되는 미성숙 단계에서의 당도는 과실의 색깔과 밀접하게 관련되어 있는 것을 알 수 있다.

경도와 당도의 상관성을 보다 정밀히 알기 위해 성숙단계에 관계없이 무작위로 선별된 ‘Bing’ 체리 과실 200개의

Table 4. Correlation factor (r) between each pair of soluble solid content (°Brix) and chemical attributes of ‘Bing’ cherry with ripening stage

Classification	Chemical attribute	Soluble solid content (°Brix)
LR	Firmness	0.4583 ^{**}
	Hunter ‘L’	0.3988 [*]
	Hunter ‘a’	0.6109 ^{**}
	Hunter ‘b’	0.5844 ^{**}
	Hue angle	0.4710 [*]
	Glucose	0.8113 ^{**}
	Fructose	0.8278 ^{**}
	Sorbitol	0.8643 ^{**}
	Total sugars	0.8380 ^{**}
	Malic acid	0.6213 ^{**}
	Shikimic acid	0.4932 [*]
	Citric acid	-0.5329 ^{**}
	Fumaric acid	-0.3605 ^{NS}
	Succinic acid	-0.4990 ^{**}
	Total acids	0.6200 ^{**}
DR	Firmness	0.4844 ^{**}
	Hunter ‘L’	-0.2287 ^c
	Hunter ‘a’	-0.1921 ^{NS}
	Hunter ‘b’	-0.0401 ^{NS}
	Hue angle	0.2136 ^{NS}
	Glucose	0.2946 ^{NS}
	Fructose	0.2661 ^{NS}
	Sorbitol	0.4398 [*]
	Total sugars	0.3132 ^{NS}
	Malic acid	0.0704 ^{NS}
	Shikimic acid	0.2895 ^{NS}
	Citric acid	0.2025 ^{NS}
	Fumaric acid	-0.2808 ^{NS}
	Succinic acid	0.4485 [*]
	Total acids	0.1794 ^{NS}

^{NS}, ^{*}, ^{**} mean nonsignificant or significant at P=0.05 or 0.01, respectively.

시료를 사용하여 상관분석을 실시한 결과 r=0.46의 정의 상관계수를 얻을 수 있었다(Fig. 3).

체리의 과육은 수확에 앞서 서서히 연화되며, 이러한 변화 속도는 과육 부피의 변화와도 밀접하게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(15). 일반적으로 경도의 감소는 과실이 성장하는 동안 세포 확장 및 세포벽 pectin 구조의 변화를 반영한다(16,17). ‘Ambrunes’ 품종의 수확전 과실의 성장 및 숙성이 진행되면서 경도와 품질 인자들의 변화를 측정하였을 때, 경도가 감소함과 동시에 가용성 고형물 함량과 적정산도가 증가하며 따라서 당산비도 증가하였고, 표피색

도 lightness는 70에서 35로 감소, Hunter 'a'값은 -3에서 25까지 증가, Hunter 'b'값은 40에서 15로 감소하였고, 따라서 경도와 색도, 가용성 고형물 함량 간에는 높은 상관관계가 있다고 보고하였다(18).

본 실험은 수확후 숙성이 진행되는 LR 단계와 숙성이 완료된 DR 성숙단계에서 체리 과실의 경도와 가용성 고형물 함량과의 상관성을 구명하고자 하였고, 또한 당도에 영향을 미치는 유리당과 유기산 함량, 색도와와의 상관관계를 보다 세밀하게 구명하였다. 두 성숙 단계 모두 당도와 경도는 정의 상관관계를 나타내었다.

'Bing' 체리의 수확후 이화학적 품질 특성 중 과피적인 품질 요인을 형태적 또는 비과피적 품질 요인과 연관지어 파악할 수 있다면, 보다 편리한 품질 지표를 제시할 수 있으며 소비자의 기호도를 반영하는 객관적 지표를 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 본 실험의 결과를 토대로 체리의 경도가 관능적 수응도에 부합되는 품질 결정인자로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

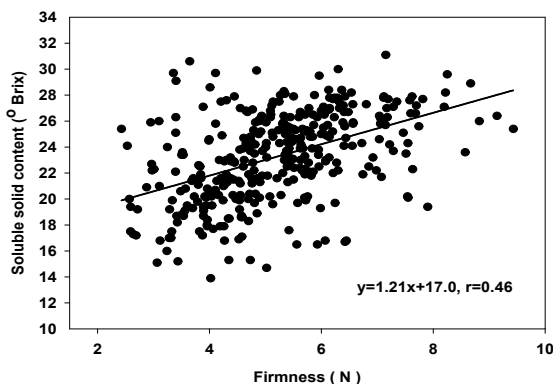


Fig. 3. Relationship firmness and soluble solid content (°Brix) of 'Bing' cherry (*Prunus avium* L.).

Each point on the graph represents 200 independent samples.

요 약

'Bing' 체리의 품질 요인간 상관성을 구명하기 위해 숙기에 따른 착색 정도 정도로 light red (LR)와 dark red (DR) 단계로 시료를 분류하였다. 분류된 체리를 사용하여 당도에 미치는 이화학적 품질 요인들 간의 상관성을 조사하여 소비자들이 중요하다고 생각하는 품질 지표를 찾아보고자 하였다. 체리의 주요 유리당 함량 분포는 착색이 많이 진행된 DR 단계의 체리에서 높았으며, 유기산은 숙기에 따라 차이는 없었으나 고경도구가 저경도구에 비해 높게 나타났다. LR 단계의 'Bing' 체리의 경우 경도, 색도, 산도가 당도와 유의적인 정의 상관관계를 보였고, DR 단계의 체리에서는 경도가 정의 상관관계를 보였다. 경도와 당도간의 상관성은 200개의 과실을 이용하여 상관관계를 구한 결과에서

도 마찬가지로 정의 상관성을 보였다. 따라서, 'Bing' 체리의 당도, 경도, 색도는 관능적 적합성에서 좋은 지표로 사용될 수 있고, 특히 경도는 품질특성을 판단하는 지표로 활용될 수 있을 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. Park, Y.M., Yoon, T.M. and Hwang, M.G. (2006) Analysis of storage method and shelf temperature effects in determining storage potential of 'Fuji' apples based on sensory evaluation. *Korean J. Hort. Sci. Technol.*, 24, 56-63
2. Mitcham, E.J., Clayton, M. and Biasi, W.V. (1998) Comparison of devices for measuring cherry fruit firmness. *HortScience*, 33, 723-737
3. Yiping, G., Xuotong, F. and Mattheis, J.P. (2002) Responses of 'Bing' and 'Rainier' sweet cherries to ethylene and 1-methylcyclopropene. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 127, 831-835
4. Martinez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J.M., Guill'en, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. (2006) Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biol. Technol.*, 39, 93-100
5. Cliff, M.A., Denver, M.C., Hall, J.W. and Girard, B. (1996) Development and evaluation of multiple regression models for prediction of sweet cherry liking. *Food Res. Int.*, 28, 583-589
6. Denver, M.C., MacDonald, R.A. Cliff, M.A. and Lane, W.D. (1996) Sensory evaluation of sweet cherry cultivars. *HortScience*, 31, 150-153
7. Guyer, D.E., Sinha, N.K., Chang, T.S. and Cash, J.N. (1993) Physicochemical and sensory characteristics of selected Michigan sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars. *J. Food Qual.*, 16, 355-370
8. Bernalte, M.J., Hernandez, M.T., Vidal-Aragon, M.C. and Sabio, E. (1999) Physical, chemical, flavor and sensory characteristics of two sweet cherry varieties grown in 'Valle del Jerte' (Spain). *J. Food Qual.*, 22, 403-416
9. Sloulin, W. (1990) Cherry quality survey-status report. *Proc. Washington State Hort. Assoc.*, 86, 226-227
10. Choi, C., Toivonen, P., Wiersma, P.A. and Kappel, F. (2002) Differences in levels of pectic substances and firmness in fruit from six sweet cherry genotypes. *J. Am. Pomol. Soc.*, 56, 197-201

11. Toivonen, P.M.A., Kappel, F., Stan, S. and McKenzie, D.L. (2004) Firmness, respiration, and weight loss of ‘Bing’, Lapins and sweetheart’ cherries in relation to fruit maturity and susceptibility to surface pitting. *HortScience*, 39, 1066-1069
12. Goncalves, B., Silva, A.P., Mouinho-Pereira, J., Bacelar, E. Rosa, E. and Meyer, A.S. (2007) Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chem.*, 103, 976-984
13. Spayd, S.E. Proebsting, E.L. and Hayrynen, L.D. (1986) Influence of crop load and maturity on quality and susceptibility to bruising of ‘Bing’ sweet cherries. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 111, 678-682
14. Esti, M.M., Cinquante, L., Sinesio, F., Moneta, E. and Di Matteo, M. (2002) Physicochemical and sensory fruit characteristic of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chem.*, 76, 399-405
15. Barrett, D.M. and Gonzalez, C. (1994) Activity of softening enzymes during cherry maturation. *J. Food Sci.*, 59, 574-577
16. Kader, A.A., and Mitchell, F.G. (1989) Maturity and quality. In: *Peaches, Plums and Nectarines: Growing and Handling for Fresh Market*, LaRue, J.H. and Johnson, R.S.(Editors), Univ. California, Dept. Agric. Nature Res., CA, U.S.A., p.191-196
17. Zhang, L., Chen, F. An, H. Yang, H., Sun, X., Guo, X. and Li, L. (2008) Physiological properties, firmness, and nanostructures of sodium carbonate-soluble pectin of 2 chinese cherry cultivars at 2 ripening stages. *J. Food Sci.*, 73, N17-N22
18. Tudela, J.A., Luchsinger, L., Artés-Hdez, F. and Artés, F. (2005) ‘Ambrunes’ sweet cherry quality factors change during ripening. *Acta. Hort.*, 667, 529-534

(접수 2010년 1월 21일, 수정 2010년 5월 30일, 채택 2010년 6월 11일)