Research article
Food Eng. Prog. 2025;29(1):72-80
pISSN: 1226-4768, eISSN: 2288-1247
https://doi.org/10.13050/foodengprog.2025.29.1.72

산업식품공학
Food Engineering Progress

시설재배 설향 딸기의 수확시기에 따른 품질 특성

최은지 · 구수경 · 성정민 · 박지운 · 우승혜 · 안재환 · 박종대*
한국식품연구원

Impact of harvest time on quality characteristics of greenhouse-cultivated *Seolhyang* strawberries

Eun-Ji Choi, Su-Kyung Ku, Jung-Min Sung, Jiwoon Park, Seung-Hye Woo, Jae Hwan Ahn and Jong-Dae Park*
Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

Abstract

The impact of harvest time on the physicochemical properties and antioxidant activity of *Seolhyang* strawberry varieties was evaluated. The Hunter color value, which indicates redness on the surface of strawberries, was significantly higher for strawberries with a third flower cluster. Our results also revealed that the strawberry pH tended to increase significantly with extension of harvest time. Soluble solids in strawberries from the fifth flower cluster were significantly lower throughout the harvest period. Strawberries from the first flower clusters exhibited the highest acidity, while strawberries from the third flower clusters held the lowest acidity. Strawberry antioxidant properties assessment revealed that total polyphenol and anthocyanin content tended to increase with delay of harvest time. Vitamin C content tended to significantly increase with increasing flower cluster number until cluster 4. Fifth flower cluster strawberries showed decreased vitamin C. Sensory acceptability scores for second-flower cluster strawberries were significantly higher than those of the others for appearance, taste, and overall acceptability. This study confirmed important impacts of harvest time on the physicochemical and sensory properties of strawberries. We expect that this data can be used to guide the development of processed strawberry products.

Keywords: *Seolhyang*, Strawberry, Quality characteristics, Antioxidant activity

서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 장미과에 속하는 다년생 식물로 주로 시설재배를 이용하여 11월부터 5월까지 재배되는 대표적인 겨울 및 봄철 과채류다(Kim et al., 2016). 국내에서 딸기는 1980년대 이후로 노지재배에서 시설재배로 재배양식이 변화되어 왔으며(Hur, 2013), 2021년까지 국내 평균 딸기재배 면적은 6,642 ha, 시설재배 비율이 99.2% 수준으로 대부분 시설재배 형태가 주를 이루고 있다(KOSIS, 2024). 딸기 품종은 2000년대 중반 이후 국내 육성 품종이 크게 증가하였으며, 매향, 설향, 금향, 수경, 대왕 등이 있다. 2021년 기준 전국 딸기 생산량은 177,480톤이며, 그 중 설향 품종 딸기의 재배면적 비중은 전체 대비 82.1% 수준으로 가장 높다. 또한 설향 딸기는 기형과 발생이 적으며, 당도가 높고 산도가 낮아 기호성이 우수하다(RDA, 2019; KREI, 2021). 이러한 특징을 가진 설향 딸기는 현재까지 국내 시장에서 높은 점유율을 가지며, 인기 있는 품종으로 알려져 있다.

딸기 재배시 수확기간이 긴 딸기는 착과량을 조절하여 영양생장과 생식생장의 균형을 유지하는 것이 안정적인 과실 생산에 있어서

Received: Nov 26, 2024 / Revised: Feb 12, 2025 / Accepted: Feb 19, 2025
Corresponding author: Jong-Dae Park, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea
E-mail: jdpark@kfri.re.kr

Copyright © 2025 Korean Society for Food Engineering.
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

필수적인 관리 작업이다. 최근 딸기 재배 농가는 고품질 과실을 장기적으로 수확하기 위해서 적화나 적과를 실시하고 있다. 보통 착과량 조절은 적화방법으로 각 화방의 꽃이 개화한 후에 먼저 핀 꽃을 남기고, 나머지는 제거한다(Lee & Chae, 2012). 딸기의 화방별 과실수는 상위 화방일수록 많고, 과실 크기는 화방 내의 순서에 따라 결정되며, 동일 화방 내에서도 상위 과실이 하위에 착과된 과실보다 크다(Lee & Chae, 2012; Sherman & Janick, 1966). 딸기는 먼저 출현한 화방이 수확을 끝내기 전에 다음 화방으로 연속적인 개화와 착과가 이어진다. 한 화방에 착과량이 많으면 과실의 크기가 작아지고, 식물체의 세력이 약화되어 다음 화방의 출현이 지연된다(Perez et al., 2002).

딸기의 성분 중 당은 주로 sucrose, glucose 및 fructose로 구성되어 있고, 품종에 따라 조성형태가 다르다고 알려져 있으며, 유기산은 시트르산(citric acid)이 대부분을 차지하고 있다. 수확기가 고온기로 갈수록 당 함량은 감소되고 유기산은 증가되며, 과실의 성숙이 진행되면서 당 함량은 증가되고, 유기산 함량은 감소된다. 항산화 성분으로 비타민 C뿐만 아니라, 안토시아닌, 페놀화합물을 다량 함유하여 항산화능, 항염증, 항균, 항암효과 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 잘 알려져 있다(Zhang et al., 2010; Bobinaite et al., 2012). 이처럼 인체에 유익한 딸기의 다양한 phytochemicals는 과실의 익은 정도(Montero et al., 1996) 및 저장온도에 따라 달라지며, 유통기간 경과에 따라서도 달라질 수 있다(Cordenunsi et al., 2005). 딸기의 안토시아닌 형성, 연화, 당 및 유기산 축적으로 인한 색상 변화를 기반으로 딸기의 숙성이 진행된다(Given et al., 1988; Silva et al., 2007; Ornelas-Paz et al., 2013; Cao et al., 2015). 안토시아닌 함량은 성숙되면서 지속적으로 증가하고, 비타민 C 함량은 75% 성숙기에 함량이 가장 높으며, 적숙기를 지나면서 다시 함량이 떨어진다고 보고되었다. 항산화 활성의 지표 중 하나인 DPPH radical 소거 활성은 수확기별로는 봄철 고온기로 갈수록 높아지는 경향이 있으며, 성숙될수록 전자공여능은 미세하게 감소한다(Jeong, 2010).

한편, 딸기의 품질은 당도, 크기, 경도, 외관 등으로 결정되는데 품질 인자에 부합하지 않는 상품들은 가공용 딸기로 판매하고 있다. 생과는 일반 마트에서, 가공용 딸기는 잼 · 주스 등의 원료로 제과점이나 베이커리 등으로 판매되고 있다. 이러한 가공용 딸기는 생과 형태로는 저장이 어려워 연중 소비를 위하여 냉동딸기로 가공되고 있으며, 꼭지 제거 및 세척, 선별, 건조 등의 과정을 거쳐 제조되고 있다(Kim, 2011). 식품 제조용 딸기는 잼, 젤리, 아이스크림, 시럽, 주스, 우유가공 등의 원료로도 이용되고 있다(Lee & Chi, 1989). 현재까지 보고된 딸기를 이용한 연구는 딸기잼(Kim & Chun, 2001; Park, 2007; Kim et al., 2013; Kim et al., 2015; Han & Kang, 2019)에 관한 연구가 대부분이며, 딸기떡(Ahn, 2023), 딸기케이크(Kim, 2008), 딸기식초(Yim et al., 2021)에 관한 연구 등이 있다. 딸기의 고부가가치를 높이고, 유통기한이 짧은 단점을 보완하기 위해 딸기의 가공제품 개발의 연구는 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 설향 딸기 품종을 대상으로 수확시기에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성 등의 과실 특성을 측정하여 다양한 식품에 활용하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 '설향' 품종의 딸기는 밀양 농가에서 구입하여 사용하였으며, 수확시기에 따라 1화방에서 5화방으로 명명하였다(Table 1, Fig. 1).

수분함량 및 색도

딸기의 수분함량은 105℃ 상압가열건조법으로 측정하였으며, 색도는 색차계(CR-400, KONICA MINOLTA., Tokyo, Japan)를 사용하여 지름 8.5 cm, 높이 1.0 cm의 페트리디쉬에 담아 딸기 표면과 내부를 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 표현하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 L값은 93.38, a값은 -0.60, b값은 2.69이었다.

이화학적 특성

딸기는 실온에서 착즙기(M100-SBFA05, HUROM., Seoul, Korea)로 착즙 후, 원심분리기(Supra R22, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)를 이용하여 8,000 rpm에서 30분 원심분리하였으며, 상등액만 취하여 품질 특성을 측정하였다. 딸기의 pH는 딸기 전처리 원액 100 mL를 pH meter(Orion STAR A211, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 측정하였다. 딸기의 당도는 딸기 전처리 원액을 당도계(WM-7, Atago Co. Ltd.,

Table 1. Strawberry samples according to harvest time

Sample	Harvest time	Flower cluster
1S	2022. 11. 25	1st flower cluster
2S	2022. 12. 29	2nd flower cluster
3S	2023. 01. 31	3rd flower cluster
4S	2023. 02. 23	4th flower cluster
5S	2023. 04. 18	5th flower cluster

Sample	Appearance	Sample	Appearance
1S		2S	
3S		4S	
5S			

Fig. 1. Appearance of strawberry samples according to harvest time.

Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 딸기의 적정산도는 딸기 전처리 원액 50 mL의 pH가 8.2가 될 때까지 소요된 NaOH량을 산출한 후 구연산으로 환산하여 표시하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folins-Denis(Singleton & Rossi, 1965)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 mL에 증류수 1 mL를 가한 후 1 N Folin-Ciocalteu reagent 0.05 mL를 첨가하였다. 5분간 반응시킨 다음 5% Na_2CO_3를 0.1 mL 첨가하여 혼합하였다. 1시간 암실에서 방치한 후 분광광도계(Optizen 2120 UV plus, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, Gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 안토시아닌 함량

총 안토시아닌 함량(total anthocyanin content, TAC)은 Lee et al. (2005)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 pH 1.0 potassium chloride buffer(0.025 M)와 pH 4.5 sodium acetate buffer(0.4 M)를 각각 1 mL씩을 첨가한 후 분광광도계(Optizen 2120 UV plus, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 사용하여 510 nm와 700 nm에서 흡광도를 측정하여 아래와 같이 cyanidin-3-glucoside를 기준으로 산출하였다.

Total anthocyanin
(cyanidin-3-glucoside equivalents, mg/100 g)

$$= \frac{A \times MW \times DF \times 10^3}{\epsilon}$$

$A = (A520_{nm}-A700_{nm})_{pH1.0}-(A520_{nm}-A700_{nm})_{pH4.5}$
MW = molecular weight of cyanidin-3-glucoside
= 449.2 g/mol
DF = dilution factor
ϵ = 26,900 L/cm·mol

DPPH (2,2-diphenol-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성

전자공여능(electron donating ability) 측정은 Blois & Marsden(1958)의 방법에 의한 DPPH 자유라디칼 소거법에 따라 측정하였다. 시료 100 μL에 0.4 mM DPPH 용액을 동량 첨가하여 암실에서 10분간 방치한 후 분광광도계(Optizen 2120 UV plus, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 사용하여 517 nm에서

흡광도를 측정하였다. DPPH 자유라디칼 소거 활성을 다음과 같은 식을 이용하여 산출하였으며, 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 작성한 검량선에 따라 계산한 후 ascorbic equivalent(ACE) mg/mL로 표기하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성(%) =
(DPPH blank - DPPH sample) / DPPH blank×100

ABTS[2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 라디칼 소거 활성

ABTS 라디칼 소거 활성은 Jung et al. (2010)과 Park et al. (2012)의 방법에 따라 측정하였다. ABTS 라디칼을 14 mM ABTS와 4.9 mM Potassium persulfate($K_2S_2O_8$)를 암소에서 12시간 반응시켜 발생시킨 후 에탄올로 734 nm에서 흡광도가 0.7이 되게 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 3 mL에 시료 20 μL를 혼합한 다음, 실온 암실에서 5분간 반응 후 분광광도계(Optizen 2120 UV plus, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같이 산출하였으며, 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 작성한 검량선에 따라 계산한 후 ascorbic equivalent (ACE) mg/mL로 표기하였다.

ABTS 라디칼 소거 활성(%) =
(ABTS blank - ABTS sample) / ABTS blank×100

FRAP (ferric reducing antioxidant power) 환원력

FRAP 방법은 Benzie & Strain(1996)의 방법을 변용하여 측정하였다. Sodium acetate와 acetic acid를 이용하여 acetic acid buffer(pH 3.6, 300 mM)를 만들었다. 그리고 40 mM HCl과 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine)를 이용하여 10 mM TPTZ solution을 만들었다. 실험을 위한 반응용액(cocktail solution)은 300 mM acetic acid buffer (pH 3.6), 10 mM TPTZ 및 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$를 10:1:1의 비율로 섞어 만든 후 실험 전까지 37℃를 유지하여 사용하였다. 시료 90 μL, 증류수 270 μL 및 FRAP 시약 2.7 mL를 혼합 후 실온 암실에서 10분간 반응시킨 다음 분광광도계(Optizen 2120 UV plus, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP 환원력은 표준물질로 ascorbic acid를 사용하여 작성한 검량선에 따라 계산한 후 ascorbic equivalent (ACE) mg/mL로 표기하였다.

비타민 C 분석

비타민 C 함량은 식품공전에 의한 방법으로 동결 건조된 시료 0.5 g에 5% metaphosphoric acid (HPO_3) 용액 50 mL를 가하고 균질화한 후, 원심분리기(D3024, DLAB Scientific Inc., Riverside, CA, USA)를 이용하여 8,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 얻은 상등액을 0.45 μm filter로 여과하여 HPLC(Ultimate 3000 HPLC, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid (Sigma-Aldrich, Inc., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. Column은 Eclipse Plus C18(5 μm, 4.6×250 mm, Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA., USA)을 사용하였고, solvent 조건은 water 1 L에 methanol, acetic acid 각각 10 mL를 첨가하였다. Flow rate은 1 mL/min였으며, 검출파장은 254 nm, injection volume은 10 μL였다.

관능적 특성

관능특성은 한국식품연구원내 직원 패널 20명을 대상으로 실시하였다. 딸기는 원물 그대로 제공하였으며, 평가는 9점 척도법을 이용하였다. 강도 평가는 1점으로 갈수록 '매우 약하다'에서 9점에 가까울수록 '매우 강하다', 기호도 평가는 1점으로 갈수록 '매우 싫다'에서 9점에 가까울수록 '매우 좋다'를 표시하도록 하였다. 평가항목은 단맛, 신맛, 향, 단단함의 강도와 외관 및 색, 향, 맛, 조직감, 전반적 기호도로 구성하였다.

통계처리

얻어진 결과들은 SPSS 12.0 (Statistical package for Social, SPSS Inc., Chicago IL, USA) software를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, ANOVA와 Duncan's multiple range test ($p<0.05$)로 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

수분함량 및 색도

수확시기에 따른 딸기의 수분함량 및 색도 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 모든 딸기의 수분함량은 89.60~92.62%였으며, 수확시기에 따른 경향을 나타내지 않았다. 딸기 성숙 과정 중의 성분변화에 관한 연구(Lee et al., 2015)에서 딸기 완숙과의 수분함량은 90.41~97.52%로 본 연구결과와 유사하였다. 수확시기에 따른 딸기의 색도는 Table 2에 나타내었다. 딸기 표면 색도에서 밝기를 나타내는 L값은 모든 딸기가 33.91~36.41이었으며, 적색도를 나타내는 a값은 1화방 딸기가 17.95, 2화방 딸기가 19.81, 3화방 딸기가 25.04로 유의적으로 가장 높았으며, 4화방 딸기가 14.08로 유의적으로 가장 낮았다. 이는 딸기 성숙과정 중 a값이 점차 증가

Table 2. Moisture content of strawberries according to harvest time

Sample	Moisture contents (%)	Color value		
		L	a	b
1S	91.02±0.13[ab1)]	35.69±1.93[a]	17.95±2.31[b]	9.33±0.43[bc]
2S	89.60±0.68[b]	34.24±0.34[a]	19.81±0.22[b]	10.57±0.33[ab]
3S	91.25±0.66[a]	33.91±2.12[a]	25.04±0.29[a]	12.08±1.45[a]
4S	91.77±1.50[a]	36.41±0.08[a]	14.08±0.53[c]	6.46±0.13[d]
5S	92.62±0.56[a]	35.56±1.13[a]	18.70±1.84[b]	8.79±1.22[c]

[1)]Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

하여 최고점에 이르는 시기가 딸기의 고유 색상인 선홍색을 나타내며, 이후에는 안토시아닌의 변화와 함께 감소한다는 보고(Park et al., 1994)와 일치한 결과를 나타내었다. 이에 따라, 수확시기에 따라 딸기가 적숙되면서 a값이 증가하였다가 과숙되면서 감소하는 것으로 판단되었다. 황색도를 나타내는 b값은 6.46~12.08로 수확시기에 따른 경향을 나타내지 않았으며, 개체 간 차이에 의한 것으로 사료되었다.

이화학적 특성

수확시기에 따른 딸기의 이화학적 특성은 Table 3에 나타내었다. pH 측정 결과, 1화방 3.53, 2화방 3.62, 3화방 3.71, 4화방 3.75, 5화방 딸기가 3.75로 4화방, 5화방 딸기의 pH가 유의적으로 가장 높게 나타났다. 수확시기에 따라 딸기의 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 이는 과실의 숙도가 증가하면 색소와 pH는 증가한다는 연구결과와 일치하였다(Thomas et al., 1987). 딸기의 당도 측정 결과, 1화방~4화방 딸기의 당도는 10.40~11.23 °Brix로 수확시기에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 5화방 딸기의 당도는 8.73 °Brix로 수확시기 중 유의적으로 가장 낮았다. 이는 3월 이전(-10.5~13.6℃)에 재배된 딸기보다 4~5월(10.0~27.8℃) 재배 기간 동안 높은 온도가 딸기의 당도를 감소시키는 것으로 나타난 연구결과(Hong & Eum, 2020)와 유사하였다. 산도 측정 결과, 1화방 딸기가 0.81%로 가장 산도가 높았으며, 2화방 딸기가 0.77%, 4화방 0.73%, 5화방 0.70%, 3화방 딸기의 산도가 0.68%로 가장 낮았다. 이상의 결과에서, 1화방 딸기의 경우 당도, 산도가 모두 높고, 3화방 딸기는 당도 대비 산도는 낮았으며, 5화방 딸기는 당도와 산도가 모두 낮은 특성을 확인할 수 있었다.

총 페놀화합물 및 안토시아닌 함량

과실에 함유되어 있는 페놀성 화합물은 과실의 색과 맛 등의 일반적인 품질과 항산화 등 건강기능성을 제공하고, 세균과 바이러스로부터 식물을 보호하고 저장기간을 연장시켜주는 역할을 하는 중요한 성분이다(Tosun et al., 2009). 수확시기에 따른 딸기의 총 페놀화합물 및 안토시아닌 함량 측정 결과(Table 4), 항산화 성분인 총 폴리페놀과 안토시아닌 함량은 화방이 높을수록 함량이 높은 경향을 나타내었으며, 유의적으로 가장 높게 나타난 5화방 딸기는 가장 낮은 함량을 나타낸 1화방에 비해 2배 이상으로 높은 결과를 보였다. 딸기에서 안토시아닌 함량은 성숙을 나타내는 지표로서, 딸기가 성숙되면서 안토시아닌 함량이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Pedro et al., 1990; Park et al., 1994; Tosun et al., 2009). Wang & Zheng (2001)은 딸기 과실의 성숙기에 야간온도가 높으면 안토시아닌 함량이 증가한다고 하였는데, 본 연구결과에서 야온이 높은 4, 5월에 수확한 딸기의 안토시아닌 함량이 유의적으로 높은 것을 확인할 수 있었다.

Table 3. Physicochemical characteristics of strawberries according to harvest time

Sample	pH	Soluble solid contents (°Brix)	Acidity (%)
1S	3.53±0.03d[1)]	11.23±0.06[a]	0.81±0.01[a]
2S	3.62±0.06[c]	10.67±0.49[a]	0.77±0.01[b]
3S	3.70±0.01[b]	10.73±0.38[a]	0.68±0.01[e]
4S	3.75±0.01[a]	10.40±0.10[a]	0.73±0.01[c]
5S	3.75±0.01[a]	8.73±0.90[b]	0.70±0.01[d]

[1)]Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

항산화 특성

수확시기에 따른 딸기의 항산화 특성은 Table 5에 나타내었다. 전자가 DPPH로부터 이탈하여 항산화 물질과 결합하는 원리를 이용하여 가상의 활성산소가 소거되었음을 나타내는 DPPH 라디칼 소거 활성은 생 과채류의 신선도를 나타내는 측도 중 하나로 이용

Table 4. Total polyphenol and anthocyanin contents of strawberries according to harvest time

Sample	Total polyphenol (GCE mg/mL)	Total anthocyanin (mg/100 g)
1S	0.343±0.036[e1)]	0.479±0.049[e]
2S	0.629±0.007[c]	0.773±0.064[c]
3S	0.566±0.006[d]	0.601±0.030[d]
4S	0.731±0.024[b]	0.975±0.038[b]
5S	0.848±0.010[a]	1.564±0.049[a]

[1)]Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 5. DPPH radical scavenging activity, ABTS+ radical scavenging activity and FRAP of strawberries according to harvest time

Sample	DPPH radical scavenging activity (ACE mg/mL)	ABTS+ radical scavenging activity (ACE mg/mL)	FRAP (ACE mg/mL)
1S	0.155±0.014[c1)]	4.479±0.201[d]	231.55±1.40[e]
2S	0.201±0.014[b]	5.340±0.484[c]	271.21±2.32[c]
3S	0.201±0.013[b]	5.236±0.459[c]	264.27±1.74[d]
4S	0.224±0.010[a]	6.562±0.538[b]	289.53±4.66[b]
5S	0.229±0.014[a]	7.436±0.394[a]	334.75±3.69[a]

[1)]Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

되고 있다(Choi et al., 2013). 항산화 활성으로 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성 및 FRAP 분석을 수행한 결과, 5화방 딸기가 가장 높은 항산화 활성을 나타내었으며 총 폴리페놀과 안토시아닌 함량이 높을수록 항산화 활성이 높게 나타났다($p<0.05$). 식물체의 총 폴리페놀 함량과 전자공여 작용 사이에는 밀접한 상관관계가 있다고 보고한 연구결과(Paolo et al., 1999)와 일치하는 경향을 나타내었다. 수확시기가 늦어짐에 따라 즉, 1화방에서 5화방으로 갈수록 DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성이 유의적으로 높아지는 경향을 나타내었다. 따라서 딸기는 수확시기에 따라 항산화 성분의 함량 및 항산화 활성에 영향을 받는 것으로 판단된다.

비타민 C 함량

수확시기에 따른 딸기의 비타민 C 함량은 Table 6에 나타내었다. 동결 건조된 딸기 시료의 비타민 C 함량은 1화방, 2화방, 3화방, 4화방, 5화방에 대해 각각 3.69±0.01 mg/g, 3.82±0.04 mg/g, 3.81±0.03 mg/g, 4.06±0.03 mg/g, 3.66±0.01 mg/g으로 나타났다. 비타민 C 함량은 화방이 높을수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나, 5화방 딸기는 다시 감소하는 결과를 보였다 ($p<0.05$). 딸기 품종별 수확시기 및 성숙도에 따른 연구(Jeong, 2010)에서 비타민 C 함량은 75% 성숙기에 함량이 가장 높으며, 적숙기를 지나면서 다시 함량이 떨어진다고 보고하였다. 결과적으로 딸기의 비타민 C 함량은 수확시기에 따라 달라질 수 있음을 확인하였다.

Table 6. Vitamin C contents of strawberries according to harvest time

Sample	Vitamin C contents (mg/g)
1S	3.69±0.01[a1)]
2S	3.82±0.04[b]
3S	3.81±0.03[b]
4S	4.06±0.03[c]
5S	3.66±0.01[a]

[1)]Mean±SD (n=3) within each column followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

관능적 특성

수확시기에 따른 딸기의 관능 특성 결과는 Table 7과 같다. 강도에서 단맛은 2화방 딸기가 7.10으로 유의적으로 가장 높았으며, 5화방 딸기가 4.30으로 보통 이하로 평가되었다. 신맛의 강도는 2화방 딸기가 4.40으로 유의적으로 가장 낮았고, 나머지 딸기는 5점 이상으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 딸기향의 강도는 5화방 딸기가 수확시기별 딸기 중에서 유의적으로 가장 낮게 평가되었다. 단단함의 강도는 1화방 딸기가 6.10으로 가장 높았고, 나머지

Tabel 7. Sensory characteristics of strawberries according to harvest time

		1S	2S	3S	4S	5S
Strength	Sweet taste	5.50±1.35[b1)]	7.10±1.10[a]	5.80±0.79[b]	6.20±1.55[ab]	4.30±0.95[c]
	Sour taste	6.40±1.17[a]	4.40±0.84[b]	5.50±1.58[a]	6.30±0.67[a]	6.10±1.10[a]
	flavor	6.80±1.03[a]	7.00±1.56[a]	6.10±1.29[ab]	6.80±0.92[a]	5.60±1.17[b]
	Firmness	6.10±0.74[a]	5.20±1.23[ab]	4.40±0.97[b]	4.70±1.64[b]	5.30±1.57[ab]
Acceptability	Appearance	7.20±0.92[ab]	8.10±0.88[a]	6.20±0.92[c]	7.80±0.63[a]	6.50±1.43[bc]
	Flavor	7.20±0.63[a]	7.60±1.17[a]	7.10±1.29[a]	7.00±0.82[a]	5.10±1.60[b]
	Taste	6.60±1.43[ab]	7.60±0.97[a]	6.40±1.35[b]	6.60±0.70[ab]	4.00±1.15[c]
	Texture	7.10±1.10[a]	6.80±1.14[ab]	5.80±1.48[bc]	6.50±0.85[ab]	5.30±1.25[c]
	Overall	6.70±1.16[ab]	7.70±0.82[a]	6.30±1.49[b]	5.90±0.57[b]	4.10±1.29[c]

[1)]Mean±SD (n=3) within each row followed by different superscript letters are significantly different ($p<0.05$).

딸기는 4.40~5.30으로 수확시기에 따른 경향을 나타내지 않았다.

수확시기에 따른 딸기의 기호도 특성 결과, 외관 및 색의 기호도는 모든 딸기가 6.20~8.10으로 5점(보통) 이상의 우수한 기호도로 평가되었다. 향의 기호도는 5화방 딸기가 5.10으로 유의적으로 가장 낮게 평가되었으며, 이는 강도 평가 결과, 5화방 딸기의 딸기향이 유의적으로 가장 낮게 평가된 결과와 일치하였다. 나머지 딸기의 향의 기호도는 7.00~7.60으로 유의적인 차이가 없었다. 딸기의 맛을 좌우하는 것은 주로 당과 유기산의 함량, 그리고 당산비가 관계하는 것으로 알려져 있다(Kyuci et al., 1982). 맛의 기호도는 2화방 딸기가 7.60으로 유의적으로 가장 높게 평가되었으며, 5화방 딸기가 4.00으로 유의적으로 가장 낮았다. 수확시기에 따른 딸기의 이화학적 특성 결과, 2화방과 5화방 딸기의 당산비 차이는 크지 않지만, 당산비가 같더라도 그 구성 성분의 함량과 조성의 차이가 식미에 영향을 미칠 수 있다(Isao et al., 1998). 조직감의 기호도는 1화방 딸기가 7.10, 2화방 딸기가 6.80 순으로 높았으며, 5화방 딸기는 5.30으로 유의적으로 조직감의 기호도가 가장 낮았다. 전반적 기호도는 2화방 딸기가 7.70으로 가장 우수한 기호도로 평가되었으며, 1화방 6.70, 3화방 6.30, 4화방 5.90, 5화방 4.10 순으로 높았다. 2화방 딸기의 경우 단맛이 높고, 신맛이 적어 딸기의 관능적 품질이 우수한 것으로 사료되었으며, 5화방 딸기의 경우 단맛이 적고 신맛이 높아 관능적 품질에 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

요 약

설향 딸기 품종을 대상으로 수확시기에 따른 이화학적 특성 및 항산화 활성 등의 과실 특성을 측정하였다. 수분함량 측정 결과, 모든 딸기의 수분함량은 89.60~92.62%였으며, 수확시기에 따른 경향을 나타내지 않았다. 딸기 표면 색도에서 적색도를 나타내는 a값은 3화방 딸기가 유의적으로 가장 높았으며, 4화방 딸기가 유의적으로 가장 낮았다. pH 측정 결과, 수확시기에 따라 딸기의 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 딸기의 당도 측정 결과, 1화방~4화방 딸기의 당도는 수확시기에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 5화방 딸기의 당도는 수확시기 중 유의적으로 가장 낮았다. 산도 측정 결과, 1화방 딸기가 가장 산도가 높았으며, 3화방 딸기의 산도가 가장 낮았다. 이상의 결과에서, 1화방 딸기의 경우 당도, 산도가 모두 높고, 3화방 딸기는 당도 대비 산도는 낮았으며, 5화방 딸기는 당도와 산도가 모두 낮은 특성을 확인할 수 있었다. 수확시기에 따른 딸기의 항산화 특성 측정 결과, 총 폴리페놀과 안토시아닌 함량은 화방이 높을수록 함량이 높은 경향을 나타내었다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거 활성 및 FRAP 분석을 수행한 결과, 5화방 딸기가 가장 높은 항산화 활성을 나타내었으며 총 폴리페놀과 안토시아닌 함량이 높을수록 항산화 활성이 높게 나타났다. 비타민 C 함량 측정 결과, 화방이 높을수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나, 5화방 딸기는 감소하는 결과를 보였다. 관능 특성 결과, 전반적 기호도는 2화방 딸기가 단맛이 높고 신맛이 적어 딸기의 관능적 품질이 우수한 것으로 사료되었으며, 5화방 딸기의 경우 단맛이 적고 신맛이 높아 관능적 품질에 영향을 미치는 것으로 판단되었다. 이상의 결과에서, 딸기의 수확시기에 따라 이화학적 및 관능적인 차이를 확인할 수 있었으며, 딸기 가공 제품 개발 관련하여 기초자료로 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

ORCID

Eun-Ji Choi https://orcid.org/0009-0003-5597-243X
Su-Kyung Ku https://orcid.org/0000-0002-9158-8254
Jung-Min Sung https://orcid.org/0000-0002-4006-6085
Jiwoon Park https://orcid.org/0000-0002-5421-8799
Seung-Hye Woo https://orcid.org/0000-0002-6805-4553
Jae Hwan Ahn https://orcid.org/0009-0008-4224-7518
Jong-Dae Park https://orcid.org/0000-0003-1797-6045

Conflict of interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

This paper was funded by the research fund of the new product development research project using Milyang strawberries (G0221800-03) and this paper was supported by the Korea Food Research Institute (E232100-02) funded by the Ministry of Science and ICT.

Data availability

Upon reasonable request, the datasets of this study can be available from the corresponding author.

Authorship contribution statement

Conceptualization: Choi EJ.
Data curation: Choi EJ, Ku SK.
Formal analysis: Park J.
Methodology: Woo SH.
Validation: Ahn JH, Park JD.
Investigation: Choi EJ.
Writing - original draft: Choi EJ.

Writing - review & editing: Choi EJ, Ku SK, Sung JM, Park J, Woo SH, Ahn JH, Park JD.

Ethics approval

Not applicable.

References

Ahn GJ. 2023. Quality characteristics and antioxidantive actives of sulgidduk added strawberry powder. Culi Sci & Hos Res. 29: 9-17.

Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a mesure of "antioxidant power" the FRAP assay. Analytical Biochem. 239: 70-76.

Blois, Marsden S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199-1200.

Bobinaite R, Viskelis P, Venskutonis PR. 2012. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid, and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. Food Chem. 132: 1495-1501.

Cao F, Guan C, Dai H, Li X, Zhang Z. 2015. Soluble solids content is positively correlated with phosphorus content in ripening strawberry fruits. Sci Hort. 195: 183-187.

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. Hortic. Sci. Technol. 31: 194-202.

Cordenunsi BR, Genovese MI, Nascimento JRO, Hassimotto NMA, Santos JR, Lajolo FM. 2005. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chem. 91: 113-121.

Given NK, Venis MA, Grierson D. 1988. Hormonal regulation of ripening in the strawberry, a non-climacteric fruit. Plant. 174: 402-406.

Han BK, Kang CS. 2019. Effects of blueberry on the quality characteristics of strawberry jam. J. Pract. Agri. Fish. Res. 21: 15-25.

Hashmi MS, East AR, Palmer JS, Heyes JA. 2013. Pre-storage hypobaric treatments delay fungal decay of strawberries. Postharvest Biol. Technol. 77: 75-79.

Hong SJ, Eum HL. 2020. Determination of the harvest date and ripening phase of '*Seolhyang*' strawberry. J. Bio-Env. Con. 29: 62-72.

Hur TW. 2013. Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Year-book. Ministry of Agriculture. Food and Rural Affairs, Korea, p. 387.

Isao O, Shinsuke H, Naotoshi H, Isao S. 1998. Soluble sugar content in fruit of nine wild and forty-one cultivated strawberries. J. Jpn. Soc. Hortic. Sci. 67: 406-412.

Jeong HJ. 2010. Changes in content of major components by cultivar, harvest time and fruit maturity on strawberries. Ph.D.thesis, Kyungpook National Univ., Daegu, Korea.

Jung S, Choe JH, Kim,B, Yun H, Kruk ZA, Jo C. 2010. Effect of dietary mixture of gallic acid and linoleic acid on antioxidative potential and quality of breast meat from broilers. Meat Sci. 86: 520-526.

Kim JG. 2011. High quality frozen strawberry processing technology. Agric. Technol. Bull. 48: 35-37.

Kim JG, Choi JW, Park MH. 2016. Effect of different days of postharvest treatment and CO_2 concentrations on the quality of '*Seolhyang*' strawberry during storage. Korean J. Food Preserv. 23: 12-19.

Kim JS, Kang EJ, Chang YE, Lee JH, Kim GC, Kim KM. 2013. Characteristics of strawberry jam containing strawberry puree. Korean J. Food Cookery Sci. 29: 725-731.

Kim MJ, Kim JS, Chang YE. 2015. Effect of rice mash on the quality characteristics of strawberry jam. Korean J. Food Preserv. 22: 817-822.

Kim MY, Chun SS. 2001. Effects of onions on the quality characteristics of strawberry jam. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 17: 316-322.

Kim YA. 2008. Effects of strawberry powders on the quality characteristics of yellow layer cake. Korean J. Food Cookery Sci. 24: 536-541.

Korea Rural Economic Institute. 2021. Trends and outlook for vegetable supply and demand: Strawberry. Vol Ⅵ. Korea, pp. 519-529.

Korean Statistical Information Service. 2024. Vegetable production(fruits and vegetables).

Kyuci I, Takao O, Yuriko O, Ichiji Y. 1982. Studies on the relationship of palatability to sugar and acid contents of fruits. Report of National Food Research Institute. 40: 71-77.

Lee EJ, Jang MS, Kim GH. 2015. Physicochemical characteristics and antioxidant activities of organic strawberries. J. Korean Soc. Food Cult. 30: 773-777.

Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. J. AOAC Int. 88: 1269-1278.

Lee SW, Chae YS. 2012. Changes in fruit weight and soluble

solids content of '*Seolhyang*' strawberry by fruit setting order of the flower cluster. J. Agric & Life Sci. 46: 105-111.

Lee TS, Chi YS. 1989. Studies on the change in chemical composition of strawberry during maturing. J. Korean Agric. Chem. Soc. 32: 232-239.

Montero TM, Molla EM, Esteban RM, Lopez-Andreu FJ. 1996. Quality attributes of strawberry during ripening. Scientia Hort. 65: 239-250.

Ornelas-Paz JJ, Yahia EM, Ramirez-Bustamante N, Perez-Martinez JD, Escalante-Minakata MP, Ibarra-Junquera V, Acosta-Muniz C, Guerrero-Prieto V, Ochoa-Reyes E. 2013. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch, cv. Albion) at six stages of ripening. Food Chem. 138: 372-381.

Paolo R, Antonio T, Rossella LC, Francesco B, Anna DP, Antonella S. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. J. Agric. Food Chem. 47: 4718-4723.

Park IK, Kim KS, Lee MS, Kim MH, Kim SD. 1994. Changes in quality of strawberry during circulation by the refrigerate case. Korean J. Post-harvest Sci. Technol. Agri. Products. 1: 45-53.

Park MK. 2007. Quality characteristics of strawberry jam containing sugar alcohols. Korean J. Food Sci Technol. 39: 44-49.

Park MR, Yoo C, Chang YN, Ahn BY. 2012. Change of total polyphenol content of fermented *Gastrodia elata* Blume and radical scavenging. Korean J. Plant Res. 25: 379-386.

Pedro WE, Montgomery, Morris W. 1990. Strawberry polyphenoloxidase; Its role in anthocyanin degradation. J. Food Sci. 55: 731-734.

Perez ME, Camacaro GJ, Hadley P, Battey NH, Carew JG. 2002. Pattern of growth and development of the strawberry cultivars Elsanta, Bolero, and Everest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 127: 901-907.

Rural Development Administration. 2019. Strawberry, Korea, pp. 30-48.

Sherman WB, Janick J. 1966. Greenhouse evaluation of fruit size and maturity in strawberry. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 89: 303-308.

Silva FL, Escribano-Bailon MT, Alonso JJP, Rivas-Gonzalo JC, Santos-Buelga C. 2007. Anthocyanin pigments in strawberry. LWT-Food Sci. Technol. 40: 374-382.

Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphornolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16: 144-158.

Thomas M, Sjulin, Robbins JA. 1987. Effect of maturity, harvest date and storage time on postharvest quality of red raspberry fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 112: 481-487.

Tosun M, Ercisli S, Karlidag H, Sengul M. 2009. Characterization of red raspberry(*Rubus idaeus* L.) genotypes for their physicochemical properties. J Food Sci. 74: 575-579.

Wang SY, Zheng W. 2001. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. J. Agric. Food Chem. 49: 4977-4982.

Yim EJ, Jo SW, Kang HJ, Park SK, Jeong DY. 2021. Quality characteristics and physiological activities of strawberry vinegars using *Acetobacter pasteurianus* SRCM60009. Korean J. Food Sci. Technol. 53: 761-767.

Zhang L, Jianrong Li, Hogan S, Chung H, Welbaum G E, Zhou K. 2010. Inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. Food Chem. 119: 592-599.