

## 열풍건조 조건에 따른 배추와 상추의 품질 특성 분석

이승희 · 이미연 · 고은영 · 이현보 · 최미정\*

건국대학교 축산식품생명공학과

### Analysis of the Quality Characteristics of Napa Cabbage and Lettuce according to Hot Air Drying Conditions

Seung-Hee Lee, Mi-Yeon Lee, Eun Young Ko, Hyeonbo Lee, and Mi-Jung Choi\*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

#### Abstract

This study aims to investigate the effect of drying temperatures on the quality characteristics and physicochemical properties of vegetables. Lettuce and napa cabbage were dried at 40, 50, and 60°C and analyzed for various quality indexes. Higher drying temperature induced the lower L\* and higher a\* and b\* values of samples. Also, it resulted in lowering the rehydration ratio, pH, and total free amino acid content of dried vegetables. The outcome might be due to the damage to the internal structure of vegetables and the decomposition of free amino acids during thermal treatment. Higher drying temperatures led to higher soluble solid and total polyphenol contents due to the conversion of phenolic compounds from combined to free form during the drying process, which changed phenolic compounds from combined to free form. Consequently, samples dried at higher temperatures had higher DPPH radical scavenging ability. The final moisture content and drying time decreased as the drying temperature increased; moreover, the antioxidant activity increased. A lower drying temperature is beneficial to maintaining the chemical characteristics of crops.

**Keywords:** lettuce, napa cabbage, hot air drying, drying temperature, quality characteristic

## 서 론

건조는 식품 산업에서 자주 사용되고 있는 수분 제거 가공 방법이다(Ko et al., 2022). 수분 함량 감소로 미생물에 의한 변패 방지의 효과가 있으며 유통기한을 연장해준다. 또한, 부피 감소로 인한 식품의 포장과 이동의 편의성의 효과가 있다는 장점이 있다(Yu et al., 2010; Sehrawat et al., 2018). 채소류는 높은 수분함량으로 인해 저장성이 낮다. 건조 가공은 이러한 문제점이 있는 채소류의 보관성을 증가시켜 준다(Song et al., 2022). 이 중 열풍건조는 건조 소요시간과 비용이 적게 든다는 이점으로 산업에서 많이 이용되고 있으며, 특히 농작물의 산업 건조를 위해 가장 일반적으로 사용하고 있다(Onwude et al., 2019). 그러나 열풍건조 시 열은 식품을 어두운 색상을 띄게 하며 영양소 손실을 일으킨다는 단점이 있다(Sehrawat et al., 2018). 소비자는 가공

후에도 기존 식품과 영양소가 비슷하거나 더 높은 영양소 함량을 지닌 식품을 구매하는 경향이 있으며 건조 식품의 품질 중 외관에 대해 기대를 가지고 있다. 또한 색상 등의 외관을 식품의 맛, 위생, 유통기한 그리고 영양적 가치와 연관시켜 생각하는 경향이 있다(Sehrawat et al., 2018).

배추(Napa cabbage, *Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*)는 우리나라에서 대표적인 채소로 꼽힌다. 두해살이 잎줄기 채소이며 십자화에 속하는데, 결구형, 반결구형, 불결구형으로 포기 형태에 따라 분류할 수 있다(Seong et al., 2018). 배추 생산량은 연간 200만 톤 이상으로 한국에서 널리 재배되는 엽채류이다. 또한 채소 소비량의 20-25%를 차지하며 한국에서 가장 많이 소비되고 있다(Seong et al., 2016; Sim et al., 2022).

상추(Lettuce, *Lactuca sativa* L.)는 1년생 근채류의 초본 식물이며 국화과(*Compositae*)에 속하며, 주로 샐러드나 쌈 채소로 이용하고 있다(Park et al., 2015). 상추는 폴리페놀 화합물과 같은 유용 성분을 다양하게 가지고 있으며, 폴리페놀 화합물은 다양한 생리활성으로 항균, 항산화, 항염증 등의 효과를 가지고 있는 것으로 보고되었다(Park et al., 2015). 폴리페놀의 종류는 flavonoids, anthocyanins, tannins, catechins, isoflavones, lignans, resveratrols 등이 있으며 특히 엽채류에 다량 함유되어 있다(Kim et al., 2012).

\*Corresponding author: Mi-Jung Choi, Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Sanghuh College of Life Sciences, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05029, Korea  
Tel: +82-2-450-3048; Fax: +82-2-455-1044  
E-mail: choimj@konkuk.ac.kr  
Received August 31, 2022; revised October 20, 2022; accepted October 25, 2022

본 연구에서는 시료로 경기, 강원권의 지역 특산물인 상추와 배추를 선정하였으며 농가에서 건조 상추와 건조 배추를 이용한 채수나 분말차 등의 건조가공품 생산에 도움을 주고자 건조 온도조건에 따른 상추와 배추의 품질특성에 대해 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 실험에서 사용된 엽채류인 배추와 상추는 서울의 대형마트에서 구입하였다. 흐르는 물에 3회 세척한 후, 물기를 제거하여 세절하지 않고 원물 모양 그대로 시료를 준비하였다. 대조구로 사용할 시료는 구입 즉시 심은 냉동고(A255WD, LG Electronics, Seoul, Korea)에서  $-60^{\circ}\text{C}$ 로 급속냉동 후 동결건조 하였다. 건조 시료는 열풍건조기(LD-918TH, Lequip, Hwaseong, Korea)를 이용하여 40, 50, 그리고  $60^{\circ}\text{C}$  조건에서 건조하였다. 건조된 상추와 배추는 일부는 원형을 유지하여 외관과 색도 그리고 재수화비를 관찰하였고, 나머지 시료는 분쇄기(SHMF-3500SS, Hanilec, Bucheon, Korea)로 분쇄 후 40 mesh (425  $\mu\text{m}$ )체로 정선하여 분석용 시료로 준비하였다.

총 유리아미노산 분석에 사용된 amino acid standard, Borate buffer, o-phthalaldehyde (OPA) reagent, 9-fluorenylmethyl chloroformate (FMOC) solution는 Agilent Technologies, Inc. (CA, USA)에서, 제이인산나트륨, 붕산나트륨은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA), 아세토나이트릴과 메탄올은 Merck KGaA (Darmstadt, Germany)에서 총 폴리페놀 함량 분석에 사용한 Folin-Ciocalteu's phenol reagent는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에 구입하였다. Sodium carbonate는 Samchun Pure Chemical Co. (Pyeongtaek, Korea), gallic acid는 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. DPPH 라디칼 소거 활성 분석에 사용한 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl는 Sigma Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

### 건조 소요시간 및 중량감모율

배추와 상추는 건조 10시간 까지는 2시간 마다, 이후에는 4시간 마다 각 시료의 무게를 측정하여 항량이 될 때까지 건조하였고(n=3), 중량감모율은 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{중량감모율(\%)} = \frac{\text{건조 전 무게(g)} - \text{건조 후 무게(g)}}{\text{건조 전 무게(g)}} \times 100$$

### 외관

외관은 건조된 시료의 원형은 검은색, 분말은 흰색 배경지 중앙에 놓고, 카메라(EOS-100D, Cannon, Tokyo, Japan)

를 이용하여 측정하였다.

### 수분함량

수분함량은 AOAC(1990)에 의거하여  $105^{\circ}\text{C}$  상압가열건조법으로 항량이 될 때까지 측정하였다.

### 재수화비

건조된 시료를 증류수 100 mL, 상온에서 2시간 동안 침지 후 꺼내어 탈수하고 무게를 측정하여 복원 전과 후의 중량 비율로 나타내었고, 재수화비는 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{재수화비(g/g)} = \frac{\text{복원 후 시료무게(g)}}{\text{복원 전 시료무게(g)}}$$

### pH 및 가용성 고형분 함량

건조 시료를 가정용 분쇄기(SHMF-3500SS, Hanilec)로 분쇄하여 40 mesh (425  $\mu\text{m}$ )체에 걸러 분석용 시료로 실험에 사용하였다. 분말 0.5 g을 20배(w/v) 증류수(10 mL)에 혼합하여 homogenizer (Ultra-Turrax T25, IKA, Staufen, Germany)로 균질화한 후 4,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 상등액을 실험에 사용하였다. pH는 pH meter (Orion 4 STAR, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하고, 평균값을 나타내었으며, 가용성 고형분은 Ju et al. (2005)의 실험방법에 따라 디지털 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 모든 측정은 3회 이상 반복하였다.

### 색도 및 색차 측정

건조된 상추와 배추의 색도는 건조 원물과 분말 모두 측정하였다. 시료의 색도는 색도계(CR-200, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 색도계를 표준 백색판( $L^*$ : 97.83,  $a^*$ : -0.43,  $b^*$ : 1.98)으로 보정하고 측정하였으며, CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) 표색계에 따라 CIE  $L^*$  (lightness, 명도), CIE  $a^*$  (redness, 적색도), CIE  $b^*$  (yellowness, 황색도)값을 측정하였다. 시료별로 5회 반복하여 측정하였으며, 색차(total color difference,  $\Delta E$ )는 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(\text{CIE } L_1 - \text{CIE } L_2)^2 + (\text{CIE } a_1 - \text{CIE } a_2)^2 + (\text{CIE } b_1 - \text{CIE } b_2)^2}$$

CIE  $L_1$ , CIE  $a_1$ , CIE  $b_1$  = 건조전 명도, 적색도, 황색도 값  
CIE  $L_2$ , CIE  $a_2$ , CIE  $b_2$  = 건조후 명도, 적색도, 황색도 값

### 유리 아미노산 함량 분석

분말시료 0.5 g을 추출용매(0.1 M perchloric acid, 0.1 wt%

meth-phosphoric acid) 30 mL에 넣고 한 시간 동안 초음파 추출 후 실온에서 1시간 동안 150 rpm으로 교반하며 추출하였다. 추출물은 0.2 µm membrane filter (MF-Millipore, Millipore Corp, Bedford, MA, USA)로 여과하였다. 여과한 시료는 고성능 액체 크로마토그래피(Dionex Ultimate 3000, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. FL detector는 emission 450 nm, excitation 340 nm (OPA), emission 305 nm, excitation 266 nm (FMOC)로 UV detector는 338 nm를 이용하였다. 아미노산 표준용액은 amino acids 17종을 사용하였다. Column은 C18 column (4.6 mm × 150 mm, 5 µm), 이동상으로 mobile phase A는 20 mM sodium phosphate monobasic, pH 7.8, mobile phase B는 3차 증류수/acetonitrile/methanol (10:45:45, v/v%) 조건으로 분석하였다. 사용한 반응 시약은 A: borate buffer, B: OPA reagent, C: FMOC solution 으로 아미노산을 분석하였다.

#### 시료 추출물 제조

각각의 시료 1 g에 70 wt% ethanol 25 mL를 넣고 30분 동안 초음파 추출한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 2회 반복하여 회수한 상등액을 여과지(Whatman No. 2, GE healthcare, Chicago, IL, USA)로 여과한 후 분석용 시료로 사용하였다.

#### 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 법을 이용하여 측정하였다(Folin & Denis, 1912). 각각의 시료 추출물 100 µL에 2 wt% NaCO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 실온에서 3분간 방치한 다음 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 30분간 실온에서 방치 후 UV Microplate Spectrophotometer (Multiskan go, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 후, 총 폴리페놀 함량을 건조시료 g당 mg gallic acid equivalent (GAE)로 나타내었다.

#### DPPH 라디칼 소거 활성

DPPH 라디칼 소거 활성은 분말시료 1 mL에 0.2 mM 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl 1 mL을 넣고 교반한 후 30분 동안 실온에서 정치한 다음 반응용액을 UV Microplate Spectrophotometer (Multiskan go, Thermo Fisher Scientific)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 다음과 같은 계산식에 의해 환산되었다.

DPPH radical scavenging activity (%)

$$= \frac{\text{시료 처리구의 흡광도} - \text{무처리구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}} \times 100$$

#### 통계분석

실험결과는 SPSS 통계 프로그램(SPSS Inc., ver. 24.0, Chicago, IL, USA)을 사용하여 처리구별 평균과 표준편차를 구하였고, ANOVA 분석을 이용해  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 각 처리구간 유의적인 차이를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 건조 소요시간

농산물의 건조 시간은 가공 중 생산 효율 및 생산비용에 큰 영향을 준다(Onwude et al., 2019). 건조 종결점은 건조 시료의 무게가 항량이 유지되는 시점으로 설정하였으며 중량감모율이 일정하게 유지되는 시점과 같다(Fig. 1). 상추의 건조 소요시간은 40°C에서 14시간, 50°C에서 4시간, 60°C에서 2시간이 소요되었으며, 배추의 건조 소요시간은 40°C에서 26시간, 50°C에서 14시간, 60°C에서 10시간이 소요되었다. 건조온도가 높아질수록 건조 소요시간은 감소하는 경향을 나타내었다. Jeong et al. (2015) 또한 고구마 잎을 다양한 온도 조건에서 건조하였을 때 높은 온도가 낮은 온도 조건보다 건조 시간이 짧다고 보고하였다.

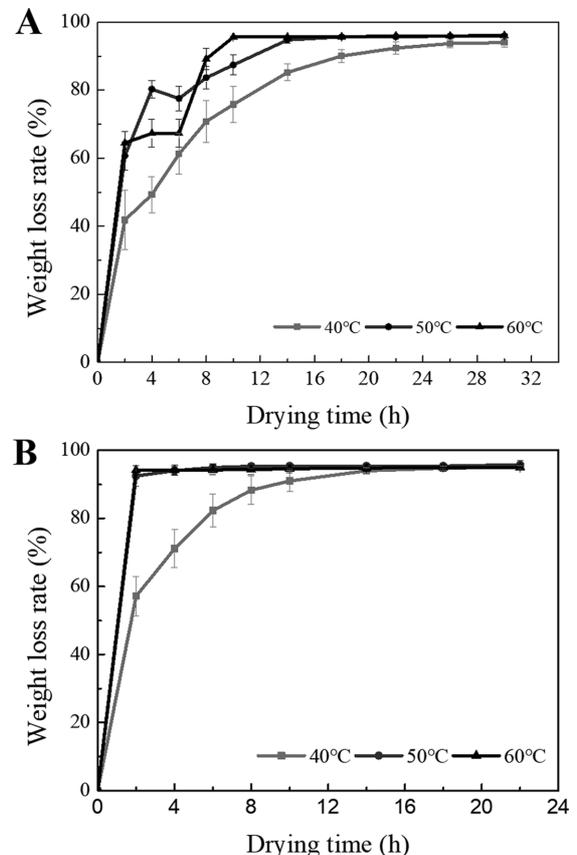


Fig. 1. Weight loss rate of napa cabbage (A) and lettuce (B) with different drying temperature.

**중량감모율**

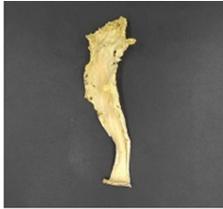
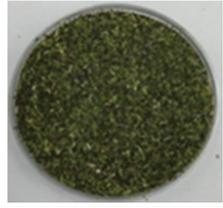
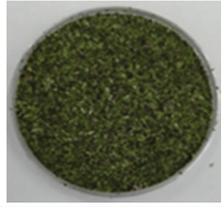
열풍 건조온도는 건조속도를 조절하는 주요 요인으로 알려져 있다(Rocha et al., 1993). 상추와 배추의 온도와 시간에 따른 중량감모율은 Fig. 1에서 나타내었다. 배추와 상추 모두 온도가 높을수록 시간에 따른 높은 중량감모율 수치를 보였다. Demir et al. (2004)에 따르면 온도가 높을수록 물은 기화에 필요한 에너지를 더 많이 얻기 때문에 일반적으로 건조가 잘 일어나는 것으로 알려져 있다. 또한 높은 온도는 낮은 상대습도 환경을 조성하여 식물의 수분확산 속도를 가속화하기 때문에 건조 속도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 식품의 건조속도는 예열 기간, 항울 건조기간, 감울 건조기간으로 구성되며, 이 중 항울 건조기간은 식품 표면의 수분이 증발하는 속도와 식품 내부의 수분이 표면으로 이동하는 속도가 일정한 구간이고 감울 건조기간은 식품 건조 과정 중에 표면경화 현상 등으로 식품 내부에서 외부로 수분이 확산하는 속도가 감소하여 건조 속도가 줄어드는 구간이다(Kim et al., 2016). 열풍 건조온도가 높아질수록 높은 건조온도에서 항울 건조기간과 감울 건조기간

이 모두 짧게 나타나 건조시간 단축에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

**외관 및 색도**

식품의 색은 소비자가 식품의 품질을 평가할 때 중요한 요인으로 인지한다(Kim et al., 2021). 배추와 상추를 건조한 후 온도조건에 따른 건조 후 원물과, 건조 후 분말화한 외관은 Table 1에 나타내었다. 배추와 상추 모두 건조 후 갈변현상이 모든 온도조건에서 발생하였다. 두 시료 모두 60°C에서 갈변현상이 많이 발생하여 가장 진하게 황색도를 나타내었다. 분말 시료 외관은 배추와 상추 모두 건조온도가 높아질수록 황색이 더 짙어졌으며, 온도가 낮을수록 밝은 색을 나타내었다. 배추와 상추의 색도는 Table 2에 나타내었다. 신선한 배추의 CIE L\*(명도), CIE a\*(적색도), CIE b\*(황색도) 값은 각각 38.91, -5.26, 13.38로 측정되었다. 신선한 상추의 명도, 적색도, 황색도는 각각 92.26, -3.62, 10.35으로 측정되었다. 두 시료 모두 건조온도가 증가할수록 명도는 유의적으로 감소하였으며( $p<0.05$ ),

**Table 1. Appearance of napa cabbage and lettuce with different drying temperature**

Samples	Fresh	Drying temperature (°C)		
		40	50	60
Napa cabbage				
Napa cabbage powder				
Lettuce				
Lettuce powder				

**Table 2. Color of napa cabbage and lettuce with different drying temperature**

Samples	Drying temperature (°C)	CIE L*	CIE a*	CIE b*	ΔE
Napa cabbage	Fresh	38.91±0.49 <sup>1)a2)</sup>	-5.26±0.37 <sup>d</sup>	13.38±0.61 <sup>d</sup>	-
	40	37.37±1.04 <sup>b</sup>	-4.38±0.25 <sup>c</sup>	4.85±0.28 <sup>a</sup>	6.43±0.53 <sup>c</sup>
	50	36.27±0.29 <sup>c</sup>	-4.05±0.11 <sup>b</sup>	6.15±0.11 <sup>b</sup>	7.80±0.17 <sup>b</sup>
	60	34.78±0.87 <sup>d</sup>	-3.15±0.49 <sup>a</sup>	7.27±0.32 <sup>c</sup>	9.73±0.57 <sup>a</sup>
Lettuce	Fresh	62.26±0.16 <sup>1)a2)</sup>	-3.62±0.07 <sup>d</sup>	10.35±0.22 <sup>d</sup>	-
	40	61.05±0.32 <sup>b</sup>	0.09±0.02 <sup>c</sup>	11.75±0.98 <sup>c</sup>	4.24±0.32 <sup>c</sup>
	50	53.68±1.71 <sup>c</sup>	1.12±0.01 <sup>b</sup>	13.91±1.40 <sup>b</sup>	10.50±1.79 <sup>b</sup>
	60	49.29±0.21 <sup>d</sup>	2.84±0.03 <sup>a</sup>	16.68±0.19 <sup>a</sup>	15.81±0.24 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n = 5).

<sup>2)</sup>Values with different superscripts a column of same sample are significant at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Physicochemical properties of napa cabbage and lettuce with different drying temperature**

Samples	Drying temperature (°C)	Moisture content (%)	pH	Water-soluble solid content (°Brix)	Rehydration ratio (g/g)
Napa cabbage	Fresh	94.05±1.61 <sup>1)a2)</sup>	6.29±0.01 <sup>a</sup>	1.30±1.15 <sup>d</sup>	-
	40	14.74±1.11 <sup>b</sup>	5.90±0.01 <sup>b</sup>	23.00±0.00 <sup>c</sup>	5.17±0.70 <sup>a</sup>
	50	6.24±1.47 <sup>c</sup>	5.85±0.01 <sup>c</sup>	27.00±0.00 <sup>b</sup>	4.87±0.46 <sup>a</sup>
	60	3.91±0.05 <sup>d</sup>	5.72±0.01 <sup>d</sup>	29.00±0.00 <sup>a</sup>	3.38±0.72 <sup>b</sup>
Lettuce	Fresh	95.39±0.95 <sup>a</sup>	6.31±0.01 <sup>a</sup>	2.00±0.00 <sup>d</sup>	-
	40	9.43±0.48 <sup>b</sup>	6.06±0.00 <sup>b</sup>	19.00±0.00 <sup>c</sup>	5.50±0.32 <sup>a</sup>
	50	6.94±1.63 <sup>c</sup>	5.98±0.01 <sup>c</sup>	21.00±0.00 <sup>b</sup>	4.68±0.69 <sup>ab</sup>
	60	4.94±0.01 <sup>d</sup>	5.89±0.00 <sup>d</sup>	22.00±0.00 <sup>a</sup>	4.10±0.64 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n = 3).

<sup>2)</sup>Values with different superscripts a column of same sample are significant at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

적색도와 황색도는 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). L\* 값의 측정은 갈변의 정도를 평가하는 가장 보편적인 방법이다(Chung et al., 2010). 색차를 나타내는 ΔE는 배추는 40, 50 그리고 60°C에서 각각 6.43, 7.80, 9.73으로 나타났다. 상추는 40, 50 그리고 60°C에서 각각 4.24, 10.50, 15.81로 나타났다. ΔE는 건조 온도가 높을수록 원물 대비 색 변화가 유의적으로 크게 나타났다( $p < 0.05$ ).

#### 수분함량

배추와 상추의 건조 전후 수분함량은 Table 3에 나타내었다. 신선한 배추의 수분함량은 94.05%로 Lee et al. (2021)이 측정한 배추의 수분함량 94.4%와 비슷한 수치를 보였다. 배추는 건조시간이 가장 길었던 40°C 건조시료에서 14.74%로 가장 높은 수분함량을 보였으며, 건조시간이 가장 짧은 60°C 건조시료에서 3.91%로 가장 낮은 수분함량을 보였다. 신선한 상추의 수분함량은 95.01%로 Aguero et al. (2011)이 측정한 상추의 수분함량 95.7%와 비슷한 수치를 보였다. 배추와 마찬가지로 상추의 수분함량은 건조시간이 가장 길었던 40°C 건조시료에서 9.43%로 가장 높은 수분함량을 나타냈으며, 건조시간이 가장 짧은 60°C 건조시료에서 4.94%로 가장 낮은 수분함량을 보였다. 수분은 확산이나 모세관 현상에 의해 식품에서 대기로 전달이 된다

(McSweeney & Seetharaman, 2015). 따라서 건조 후 수분함량은 감소하였다. Darvishi et al. (2017)는 온도가 높을수록 초기 건조 속도가 더 빠르게 나타나며, 이러한 초기 건조 가속화 현상이 잎의 물리적 변화를 유발하여 건조 후 수분함량에 상당한 영향을 미치는 것으로 보고했다. 배추와 상추 또한 건조 시간이 가장 짧은 60°C에서 가장 낮은 수분함량을 나타냈으며, 이는 온도가 두 작물의 건조 후 수분함량에 중요한 요인으로 작용되었다 생각된다.

#### pH 및 가용성 고형분

Brix는 용액에 용해되어 있는 당(설탕) 뿐만 아니라 단백질, 산, 염등의 고형분 비율 측정을 위해 Adolf. F. Brix에 의해 고안되었으며(Ball, 2006), 총 가용성 고형분으로 용액에 용해되어 있는 고형분 비율을 나타낸 굴절계 수치이다(Franquera, 2015). 배추와 상추의 건조 전후 pH와 가용성 고형분 함량은 Table 3에 나타내었다. 생 배추의 pH는 6.29이며, 40°C 건조배추는 5.90, 50°C 건조배추는 5.85 마지막으로 60°C 건조배추는 5.72를 보였다. 생 상추의 pH는 6.31이었으며, 40°C 건조상추는 6.06, 50°C 건조상추는 5.98 그리고 60°C 건조상추는 5.89를 나타냈다. 배추와 상추 모두 건조 후 pH는 감소하였으며, 건조 온도가 높아질수록 pH가 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는

Seifu et al. (2018)은 건조 과정 동안 수분을 제거함으로써 더 많은 유기산이 축적되기 때문에 건조 후 pH 값이 감소한다는 보고와 같은 경향을 보였다. 열풍건조 후 pH 값하하는 수분함량 강화와 더불어 미생물의 생육을 저해하는 요인으로 작용하여 상추와 배추의 저장성을 향상시키는데 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다(Ko et al., 2022). 생 배추의 가용성 고형분은 1.30°Brix, 건조배추의 가용성 고형분은 40°C에서 23.00°Brix, 50°C에서 27.00°Brix, 60°C에서 29.00°Brix이고 생 상추의 가용성 고형분은 2.00°Brix, 건조 상추의 가용성 고형분은 40°C에서 19.00°Brix, 50°C에서 21.00°Brix, 60°C에서 22.00°Brix로 열풍건조 온도가 높아질수록 가용성 고형분 함량은 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 이러한 결과는 Alfeo et al. (2021)의 연구결과와 일치하였다. 열풍건조 과정에서 수분 함량이 감소가 가용성 고형분 증가에 영향을 주었을 것으로 판단된다(Shin & Lee, 2011).

#### 재수화비

건조에 의해 식품 내 손상된 조직들은 조직 내의 용질들이 용출되어 나가기 때문에 원래의 상태로 복원되기 어렵다(Jeong et al., 2015). 재수화비는 건조 식품의 품질을 평가하는데 사용되는 지표로서 온도에 의해 영향을 받는다고

알려져 있다(Jiang et al., 2016). 건조 배추의 재수화비는 40°C에서 5.17 g/g, 50°C에서 4.87 g/g, 60°C에서 3.38 g/g이고 건조 상추의 재수화비는 40°C에서 5.50 g/g, 50°C에서 4.68 g/g, 60°C에서 4.10 g/g으로 열풍건조 온도가 높아질수록 재수화비는 대체적으로 낮아지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 열풍건조를 시행한 고구마 잎의 건조 온도가 낮을수록 재수화비가 높았다는 연구결과와 유사하며, 이는 식품이 높은 건조온도에 비하여 낮은 건조온도에서 열에 의한 조직 손상을 덜 받기 때문이다(Jeong et al., 2015). 재수화비가 비교적 높게 나타난 낮은 건조온도 조건이 건조 후 품질 보존에 적합한 것으로 생각된다.

#### 유리 아미노산 함량

유리 아미노산은 맛에 중요한 역할을 한다(Kang et al., 2018). 특히 아미노산 중 glutamic acid와 aspartic acid는 감칠맛을 내는 아미노산으로 알려져 있다(Cao et al., 2022). 배추와 상추의 주요 유리 아미노산은 건조온도와는 무관하게 glutamic acid로 나타났다(Table 4 & 5). 이러한 결과는 기존의 배추와 상추의 유리 아미노산 분석 결과와 같은 경향을 보인다(Seong et al., 2016). 총 유리 아미노산 함량은 열풍건조 시료가 동결건조보다 낮은 농도를 보였으며(Table 4 & 5) 건조 중 열에 의한 아미노산 파괴가 원

**Table 4. Amino acids of napa cabbage with different drying temperature**

	Fresh	Amino acids (mg/kg)		
		Drying temperature (°C)		
		40	50	60
Aspartic acid	3401.58±28.91 <sup>1) b2)</sup>	2116.75±86.34 <sup>d</sup>	2325.30±19.44 <sup>c</sup>	3590.92±83.04 <sup>a</sup>
Glutamic acid	5864.22±39.01 <sup>a</sup>	4677.28±155.97 <sup>b</sup>	4469.28±34.74 <sup>b</sup>	6126.86±150.49 <sup>a</sup>
Asparagine	4882.13±41.32 <sup>a</sup>	3504.44±41.66 <sup>b</sup>	3483.84±28.10 <sup>b</sup>	2270.12±58.16 <sup>c</sup>
Serine	3649.53±39.05 <sup>a</sup>	3421.29±98.21 <sup>b</sup>	2378.94±26.63 <sup>d</sup>	2594.20±43.07 <sup>c</sup>
Vit U	437.68±1.87 <sup>a</sup>	175.41±5.00 <sup>b</sup>	138.25±3.17 <sup>c</sup>	87.84±1.09 <sup>d</sup>
Glutamine	17461.78±53.20 <sup>a</sup>	10684.45±322.20 <sup>c</sup>	12059.09±135.18 <sup>b</sup>	7077.07±131.57 <sup>d</sup>
Histidine	4622.76±53.00 <sup>a</sup>	4127.14±74.24 <sup>b</sup>	2981.16±49.38 <sup>d</sup>	3691.43±8.99 <sup>c</sup>
Glycine	541.02±4.93 <sup>ab</sup>	582.08±36.44 <sup>a</sup>	385.24±1.81 <sup>c</sup>	514.66±3.75 <sup>b</sup>
Threonine	1598.44±22.16 <sup>a</sup>	1054.92±3.98 <sup>c</sup>	1293.81±33.88 <sup>b</sup>	575.67±3.28 <sup>d</sup>
Arginine	1243.40±33.48 <sup>a</sup>	639.97±4.14 <sup>b</sup>	1246.03±11.34 <sup>a</sup>	583.09±16.87 <sup>c</sup>
Alanine	7686.37±50.47 <sup>a</sup>	5729.01±198.66 <sup>d</sup>	6124.49±32.59 <sup>c</sup>	6595.55±82.22
GABA	473.27±2.49 <sup>b</sup>	676.21±16.85 <sup>a</sup>	270.85±7.93 <sup>c</sup>	258.54±6.66 <sup>c</sup>
Tyrosine	171.39±0.48 <sup>a</sup>	71.75±3.78 <sup>d</sup>	120.71±1.42 <sup>b</sup>	78.60±1.43 <sup>c</sup>
Valine	822.82±4.31 <sup>a</sup>	519.84±5.78 <sup>c</sup>	681.89±5.27 <sup>b</sup>	483.64±3.70 <sup>d</sup>
Methionine	26.7±2.88 <sup>a</sup>	26.42±5.21 <sup>a</sup>	16.60±2.46 <sup>b</sup>	17.27±0.17 <sup>b</sup>
Tryptophane	-	-	-	-
Phenylalanine	197.30±3.45 <sup>a</sup>	87.87±2.23 <sup>d</sup>	172.16±2.14 <sup>b</sup>	134.82±0.64 <sup>c</sup>
Isoleucine	580.32±2.61 <sup>a</sup>	278.20±1.72 <sup>d</sup>	499.92±6.45 <sup>b</sup>	297.65±3.08 <sup>c</sup>
Leucine	174.53±12.04 <sup>a</sup>	105.74±0.68 <sup>c</sup>	183.12±3.64 <sup>a</sup>	146.05±3.01 <sup>b</sup>
Lysine	199.50±0.87 <sup>b</sup>	137.28±1.90 <sup>d</sup>	157.14±5.37 <sup>c</sup>	290.31±10.06 <sup>a</sup>
Proline	495.37±5.77 <sup>b</sup>	1429.4±30.90 <sup>a</sup>	501.51±14.77 <sup>b</sup>	474.23±12.73 <sup>b</sup>
Total	2596.67±14.23 <sup>a</sup>	1906.93±47.44 <sup>b</sup>	1880.44±14.39 <sup>b</sup>	1708.98±28.13 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Values are mean±SD (n = 2).

<sup>2)</sup> Values with different superscripts a column of same sample are significant at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 5. Amino acids of lettuce with different drying temperature**

	Amino acids (mg/kg)			
	Fresh	Drying temperature (°C)		
		40	50	60
Aspartic acid	2383.10±121.75 <sup>1)a2</sup>	1636.76±26.51 <sup>b</sup>	1147.61±21.43 <sup>c</sup>	1100.77±14.19 <sup>c</sup>
Glutamic acid	3528.37±134.21 <sup>a</sup>	2686.34±42.73 <sup>b</sup>	2171.54±41.61 <sup>c</sup>	2032.98±35.51 <sup>c</sup>
Asparagine	11776.00±656.7 <sup>a</sup>	8453.42±163.99 <sup>b</sup>	7223.19±157.55 <sup>c</sup>	12312.76±217.27 <sup>a</sup>
Serine	1404.66±71.88 <sup>a</sup>	1188.74±23.22 <sup>b</sup>	1162.91±16.46 <sup>b</sup>	810.57±16.16 <sup>c</sup>
Vit U	366.89±5.97 <sup>a</sup>	299.98±0.37 <sup>b</sup>	130.12±4.77 <sup>c</sup>	295.25±4.86 <sup>b</sup>
Glutamine	6770.16±282.46 <sup>a</sup>	4484.09±64.32 <sup>c</sup>	5413.45±59.75 <sup>b</sup>	2135.17±42.98 <sup>d</sup>
Histidine	496.51±0.62 <sup>b</sup>	605.02±10.12 <sup>a</sup>	542.34±5.07 <sup>b</sup>	641.43±34.18 <sup>a</sup>
Glycine	84.67±2.32 <sup>b</sup>	92.73±1.91 <sup>b</sup>	103.52±5.15 <sup>a</sup>	74.29±1.52 <sup>c</sup>
Threonine	1364.88±68.43 <sup>ab</sup>	1416.36±13.30 <sup>a</sup>	1305.67±5.02 <sup>b</sup>	1092.51±20.35 <sup>c</sup>
Arginine	3145.88±117.97 <sup>a</sup>	2757.82±40.60 <sup>b</sup>	2739.29±62.96 <sup>b</sup>	1427.57±27.83 <sup>c</sup>
Alanine	947.80±51.19 <sup>d</sup>	2676.83±30.35 <sup>b</sup>	3289.44±47.15 <sup>a</sup>	1364.89±16.55 <sup>c</sup>
GABA	156.27±13.78 <sup>c</sup>	1669.59±37.86 <sup>a</sup>	1585.97±6.15 <sup>a</sup>	1403.40±64.92 <sup>b</sup>
Tyrosine	367.98±9.81 <sup>c</sup>	718.21±8.75 <sup>a</sup>	607.18±11.67 <sup>b</sup>	318.60±6.68 <sup>d</sup>
Valine	1096.03±34.44 <sup>d</sup>	1320.17±20.60 <sup>b</sup>	1178.06±14.67 <sup>c</sup>	1607.96±26.28 <sup>a</sup>
Methionine	5.76±0.85 <sup>c</sup>	22.89±0.13 <sup>b</sup>	40.46±0.47 <sup>a</sup>	2.80±0.05 <sup>d</sup>
Tryptophane	417.22±5.22 <sup>d</sup>	540.40±16.34 <sup>b</sup>	446.43±4.93 <sup>c</sup>	600.80±3.67 <sup>a</sup>
Phenylalanine	833.86±33.79 <sup>c</sup>	1168.55±25.79 <sup>a</sup>	925.69±21.69 <sup>b</sup>	1207.77±26.54 <sup>a</sup>
Isoleucine	1044.04±31.23 <sup>c</sup>	1190.66±19.18 <sup>b</sup>	1129.25±21.14 <sup>b</sup>	1445.68±26.78 <sup>a</sup>
Leucine	1073.76±45.02 <sup>b</sup>	1211.85±22.12 <sup>a</sup>	1177.04±22.76 <sup>a</sup>	784.01±15.90 <sup>c</sup>
Lysine	591.88±128.0 <sup>b</sup>	798.04±139.07 <sup>ab</sup>	899.79±17.71 <sup>a</sup>	367.18±8.76 <sup>c</sup>
Proline	368.83±5.63 <sup>c</sup>	614.25±4.33 <sup>a</sup>	522.35±21.03 <sup>b</sup>	556.38±27.06 <sup>b</sup>
Total	1820.22±85.83 <sup>a</sup>	1692.99±32.33 <sup>ab</sup>	1608.16±72.93 <sup>bc</sup>	1503.94±27.66 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n = 2).

<sup>2)</sup>Values with different superscripts a column of same sample are significant at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 6. Total phenol contents and DPPH radical scavenging activity of dried napa cabbage and lettuce with different drying temperature**

Samples	Drying temperature (°C)	Total polyphenol content (mg/g GAE)	DPPH radical scavenging activity (%)
Napa cabbage	Fresh	0.55±0.17 <sup>1)a2)</sup>	74.44±3.30 <sup>a</sup>
	40	0.19±0.78 <sup>d</sup>	33.87±1.90 <sup>c</sup>
	50	0.37±0.83 <sup>c</sup>	35.20±0.22 <sup>bc</sup>
	60	0.47±0.15 <sup>b</sup>	37.63±0.19 <sup>b</sup>
Lettuce	Fresh	1.05±0.11 <sup>c</sup>	89.07±0.72 <sup>a</sup>
	40	1.02±0.01 <sup>b</sup>	37.17±3.58 <sup>d</sup>
	50	1.00±0.16 <sup>b</sup>	40.36±0.90 <sup>c</sup>
	60	0.96±0.30 <sup>a</sup>	46.92±2.12 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n = 3).

<sup>2)</sup>Values with different superscripts a column of same sample (<sup>a-d</sup>) are significant at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

인으로 생각된다(Kim et al., 2014). 더불어 더 높은 온도에서 열풍건조한 시료가 유의적으로 적은 총 유리 아미노산 함량을 보였다( $p < 0.05$ ). 따라서 열풍 건조 시에 낮은 온도에서 건조하는 것이 유리 아미노산의 손실이 더 적을 것으로 판단된다. 그러나 glutamic acid, lysine 등의 일부 아미노산은 50°C에서 가장 높은 함량을 나타내었는데 이는 Wen et al. (2022)은 건조 시간이 증가함에 따라 총 유리 아미노산의 농도가 증가 및 감소 후 다시 증가하는 추세를 나타낸다고 보고한 결과와 유사하다. 따라서 건조 온도가

낮을수록 건조시간이 증가하였기 때문에 일부 아미노산이 50°C에서 가장 많은 함량을 가진 것으로 판단된다.

#### 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거 활성

폴리페놀은 식물계에 널리 분포되어 있으며 항산화 효과를 나타낸다(O et al., 2017). 건조 전 배추와 상추의 총 폴리페놀 함량이 각각 1.05 mg/g GAE, 0.55 mg/g GAE 인 것에 비하여 건조 후 총 폴리페놀 함량은 배추는 평균 0.34 mg/g GAE, 상추는 평균 0.99 mg/g GAE로 유의적으

로 감소하였다( $p < 0.05$ ). Park et al. (2015) 또한 건조 온도 조건이 증가할수록 폴리페놀 함량이 높아지는 경향을 보고하였다. 이러한 결과는 열처리에 의해 총 페놀성 화합물이 결합형에서 유리형으로 전환되어 식물 조직으로부터 용출이 용이해지거나, 고분자 페놀화합물이 저분자 페놀화합물로 분해되기 때문에 건조 온도가 올라갈수록 폴리페놀과 같은 항산화 성분의 함량이 증가하는 것으로 보고되었다 (Kim et al., 2018; Kim et al., 2020). 상추와 배추의 DPPH 라디칼 소거 활성은 건조 후 감소되었다(Table 6). 반면 높은 건조온도에서 DPPH 라디칼 소거 활성은 증가하였다 (Table 6). 이는 항산화 활성에 영향을 미치는 폴리페놀 함량이 증가하였기 때문일 것으로 생각된다(O et al., 2017).

## 요 약

건조 온도가 높을수록 배추와 상추의 건조 시간별 중량 감모율이 높게 나타났으며 건조 후 무게가 항량이 되는 건조 종결점 도달 시간 또한 짧았다. 건조 후 상추와 배추의 외관은 모든 건조온도 조건에서 갈변현상이 일어났음을 확인할 수 있었다. 건조온도가 높아질수록 갈변현상이 더 많이 일어났다. 건조 후 색도는 배추와 상추 모두 명도와 황색도는 증가하였으나 적색도는 감소하였다. 배추 상추 건조 후 이화학적 특성은 건조온도가 높아질수록 수분함량, pH, 재수화율은 감소하였으며, 수분함량과 반비례적으로 가용성 고형분이 증가하였다. 유리 아미노산 분석에서는 건조온도가 증가함에 따라 총 유리 아미노산 농도가 낮게 나타났으며, 열에 의한 아미노산 파괴가 원인으로 생각된다. 총 폴리페놀함량은 두 작물 모두 열풍건조 후 열에 의한 폴리페놀 파괴로 함량이 감소된 것으로 생각되며, 이에 따라 DPPH 라디칼 소거 활성 또한 감소하였다. 반면 건조온도가 고온일수록 두 작물 모두 폴리페놀 함량이 높게 나타났으며, 항산화 능력을 알 수 있는 DPPH 라디칼 소거 활성도 건조 온도가 높을수록 높은 수치를 나타냈다. 이를 통해 40, 50, 그리고 60°C 온도 조건에서 열풍 건조 온도가 높을수록 건조 시간 단축 및 높은 항산화 활성 수준 보존을 기대할 수 있지만, 수분함량, pH, 재수화비와 같은 이화학적 특성과 총 유리 아미노산 함량은 품질에 악영향을 줄 수 있는 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ016705012022)의 지원에 의해 이루어졌으며, 이에 대해 감사드립니다.

## References

Agüero MV, Ponce AG, Moreira MR, Roura SI. 2011. Lettuce

- quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon. *Postharvest Biol. Technol.* 59: 124-131.
- Alfeo V, Planeta D, Velotto S, Palmeri R, Todaro A. 2021. Cherry tomato drying: Sun versus convective oven. *Hortic.* 7: 2021-40.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
- Ball DW. 2006. Concentration scales for sugar solutions. *J. Chem. Educ.* 83: 1489-1491.
- Cao J, Feng A, He Y, Wang J, Liu Z, Xia G, Lin X, Shen X, Zhou D, Li C. 2022. The effect and mechanism of four drying methods on the quality of tilapia fillet products. *Food Front.* 3: 316-327.
- Chung HS, Kim HS, Lee YG, Seong JH. 2010. Effects of freezing pretreatment on juice expression and drying characteristics of prunus mume fruit. *Korean J. Food Preserv.* 17: 507-512.
- Darvishi H, Farhudi Z, Behroozi-Khazaei N. 2017. Mass transfer parameters and modeling of hot air drying kinetics of dill leaves. *Chem. Prod. Process Model.* 12: 20150079.
- Demir V, Gunhan V, Yagcioglu AK, Degirmencioglu A. 2004. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves *Biosyst. Eng.* 88: 325-335.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic phosphomolybdic compounds as a color reagent. *J. Biol. Chem.* 12: 239-249.
- Franquera. 2015. Effects of plastic mulch color on the total soluble solids, total sugars and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa L.*). *Int. J. Res.* 18: 18-24.
- Jeong DW, Park YK, Nam SS, Han SK. 2015. Effect of hot-air drying temperature on nutritional components and rehydration rate of sweetpotato leaves. *Korean J. Food Preserv.* 22: 498-504.
- Jiang GH, Na MO, Eun JB. 2016. Physicochemical characteristics and sensory evaluation of bracken (*Pteridium aquilinum*) and aster scaber dried by different methods. *Korean J. Food Preserv.* 23: 819-824.
- Ju IO, Jung GT, Ryu J, Choi JS, Choi YG. 2005. Chemical components and physiological activities of bamboo (*Phyllostachys bambusoides* Starf) extracts prepared with different methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 542-548.
- Kang MG, Jeong MC, Park SK, Lee JW, Cho JH, Eom SH, Huh MK, Kim YM. 2018. Analysis of seasonal and regional changes in major food components of raw laver *Pyropia* sp. *Korean J. Fish. Aquat. Sci.* 51: 510-517.
- Kim AN, Lee KY, Ha MH, Heo HJ, Choi SG. 2018. Effect of freeze, hot-air, and vacuum drying on antioxidant properties and quality characteristics of samnamul (*Arybcys duiucys* var, *kamtschaticus*) *Korean J. Food Preserv.* 25: 811-818.
- Kim AN, YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, total polyphenol, flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peels. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 540-244.
- Kim AR, Lee HJ, Jung HO, Lee JJ. 2014. Physicochemical composition of ramie leaf according to drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 118-127.
- Kim BM, Jung ES, Aan YH, Hwang IW, Chung SK. 2016. Drying characteristics and physical properties of medicinal and edible mushroom. *Korean J. Food Preserv.* 23: 659-695.
- Kim JJ, Park DH, Kim EJ, Choi MJ. 2021. Effect of supercooling controlled by step-cooling algorithm on freshness of hairtail (*Trichiurus lepturus*). *Food Eng. Prog.* 25: 255-263.
- Kim YJ, Ma KH, Han JW, Lee SH, Chang JK, Han SH. 2020.

- Quality characteristics of *rehmannia glutinosa* dried at different drying temperature. *Korean J. Food Preserv.* 27: 17-24.
- Ko AR, Nam JH, Jin HJ, Im JH, Kim HS, Chun JY. 2022. Effect of hot air or combined drying treatment on physicochemical properties and antioxidant activity of jeju beets. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 51: 588-599.
- Lee HJ, Min SG, Hwang SJ, Seo HY. 2021. Comparison of the quality characteristics of kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. spp. *Pekinensis*) by month. *Food Eng. Prog.* 25: 125-131.
- McSweeney M, Seetharaman K. 2015. State of polyphenols in the drying process of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55: 660-669.
- O HB, Choi BB, Kim YS. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of sulgidduk (rice cake) added with chia (*Salvia hispanica* L.) seed powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 46: 61-67.
- Onwude DI, Hashim N, Abdan K, Janius R, Chen G. 2019. The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *J. Food Eng.* 241: 75-87.
- Park WS, Kim HJ, Chung HJ, Chun MS, Kim ST, Seo SY, Lim SH, Jeong YH, Chun J, An SK, Ahn MJ. 2015. Changes in carotenoid and anthocyanin contents, as well as antioxidant activity during storage of lettuce. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1325-1332.
- Rocha T, Lebert A, Marty-Audouin C. 1993. Effect of Pretreatments and drying conditions on drying rate and colour retention of basil (*Ocimum basilicum*). *LWT.* 26: 456-463.
- Sehrawat R, Nema PK, Kaur BP. 2018. Quality evaluation and drying characteristics of mango cubes dried using low-pressure superheated steam, vacuum and hot air drying methods. *LWT* 92: 548-555.
- Seifu M, Tola YB, Mohammed A, Astatkie T. 2018. Effect of variety and drying temperature on physicochemical quality, functional property, and sensory acceptability of dried onion powder. *Food Sci. Nutr.* 6: 1641-1649.
- Seong GU, Hwang IW, Chung SK. 2016. Physicochemical composition of head-type kimchi cabbage leaves. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 923-928.
- Seong GU, Kim JB, Chung SK. 2018. crotenoid contents of head-type kimchi cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) leaves. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 912-916.
- Shin MY, Lee WY. 2011. Physical properties and preference of a steamed sweet potato slab after mild hot air drying. *Korean J. Food Cook. Sci.* 27: 73-81.
- Sim HS, Jo JS, Woo UJ, Moon YH, Lee YT, Lee HJ, Wi SH, Kim SK. 2022. Changes in abscisic acid, carbohydrate, and glucosinolate etabolities in kimchi cabbage treated with glutamic acid foliar application under extremely low temperature conditions. *J. Bio-Env. Con.* 31: 170-179.
- Song JM, Hwang Y, Cho YS, Jang HW, Kim YS. 2022. Optimization of drying conditions for steamed-dried sweet pumpkin products using response surface methodology. *Korean J. Food Preserv.* 29: 440-454.
- Wen X, Li W, Li W, Chen W, Zhang Z, Wu D, Yang Y. 2022. Quality characteristics and non-volatile taste formation mechanism of *Lentinula edodes* during hot air drying. *Food Chem.* 393: 133378.
- Yu DJ, Wang SM, Song KB. 2010. Dehydration of opuntia ficus-indica and aloe vera slices using polyethylene glycol and comparison with other drying methods. *J. Korean Soc. Sci. Nutr.* 39: 1024-1029.

#### Author Information

이승희: 건국대학교 축산식품생명공학과, 석사과정  
 이미연: 건국대학교 축산식품생명공학과, 연구교수  
 고은영: 건국대학교 축산식품생명공학과, 조교수  
 이현보: 건국대학교 축산식품생명공학과, 석사과정  
 최미정: 건국대학교 축산식품생명공학과, 교수