

열풍건조와 복합건조로 제조한 방울토마토(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)의 이화학특성에 관한 비교연구

강은정^{1,2} · 박예주¹ · 박성수¹ · 이재권^{1,*}

¹경기대학교 식품생물공학과, ²연세대학교 생물소재협동과정

Comparative study on physicochemical properties of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) prepared using hot-air and combined drying

Eun-jung Kang^{1,2}, Ye-ju Park¹, Seong-su Park¹, and Jae-kwon Lee^{1,*}

¹Department of Food science and Biotechnology, Kyonggi University

²Department of Biomaterial Science and Engineering, Yonsei University

Abstract Effects of different drying processes, such as hot air drying (HA), superheated steam with hot air drying (SHS/HA), and superheated steam with far infrared radiation (SHS/FIR), on the properties of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) were studied. Characteristics of dried cherry tomatoes were determined by examining the water content, internal microstructure, and rehydration capacity under different drying processes. Moreover, ascorbic acid (AA) and lycopene levels were also measured to evaluate thermal damage caused by drying. Cherry tomatoes dried using both SHS/HA and SHS/FIR had water content and water activity similar to those of intermediate moisture food, indicating partial dehydration after combined drying processes. Although AA and lycopene levels decreased drastically after drying, tomatoes dried using SHS/FIR showed the lowest losses of AA and lycopene among samples. Cherry tomatoes dried using SHS/FIR showed a less compact internal cell structure than that of cherry tomatoes dried using HA and SHS/HA, resulting in the highest rehydration capacity. These results suggest that a combined drying process such as SHS/FIR is more effective than conventional hot air drying for the production of partially dried cherry tomatoes with improved quality attributes.

Keywords: combined drying, cherry tomato, superheated steam, lycopene, rehydration

서 론

암, 동맥경화, 노화관련질환 등의 예방과 과채류 섭취와의 상관성이 보고되면서(Genkinger 등, 2004; Giovannucci, 1999; Russo 등, 2000; Vecchia, 1998), 식사지침으로 과채류의 지속적 섭취가 권장되고 있다. 이 같은 과채류의 건강기능성은 과채류의 항산화 성분이 생체세포에서 생성되는 자유라디칼을 제거함으로써, 자유라디칼로 인해 유발되는 다양한 만성질환의 발병 위험성을 감소시키기 때문이다(Chang 등, 2006; Genkinger 등, 2004; Manda 등, 2010; Shukla와 Singh, 2007). Clinton(1998)과 Gerster(1997)는 전립선암, 췌장암, 위암 등의 소화기 암 발병률은 토마토 섭취량이 높을수록 감소하며, 이는 토마토에 함유된 대표적 항산화 성분인 리코펜의 혈중농도 상승에 따른 항산화력 증가에 기인하는 것으로 보고하였다.

토마토(*Solanum lycopersicum*)는 카로테노이드 계열의 적색 색소인 리코펜을 비롯하여 플라보노이드, 플라본, 페놀화합물 등의 다양한 항산화 성분을 함유하고 있는 대표적 기능성식품이다(Chang 등, 2006; Giovannucci, 1999). 토마토는 주로 가공하지 않은 상태 또는 케첩, 소스, 페이스트, 주스 등의 가공식품형태로 소비되나, 최근에는 건조토마토, 토마토스낵과 같은 즉석사용 제품의 수요 또한 증가하고 있다(Dewanto 등, 2002). 통상적으로 건조토마토는 토마토를 자연건조 또는 열풍건조하여 수분함량 15% 이하로 제조된다. 그러나 이 같은 건조법은 건조시간이 길며, 고온건조 시 아스코르브산, 리코펜과 같은 유용성분의 산화손실과 함께 5-hydroxyl-2-furfural의 증가로 인한 부적절한 외관과 풍미저하의 문제점을 갖고 있다(Lewicki 등, 2002; Zaroni 등, 1999). 토마토건조에서의 문제점 해결을 위하여, 열풍건조조건이 항산화 성분 분해속도에 미치는 영향(Demiray 등, 2013), 토마토의 항산화력에 미치는 건조방법의 영향에 대한 연구(Chang 등, 2006; Zaroni 등, 1999) 등이 보고되었으며, 최근에는 건조토마토의 풍미저하 방지를 위한 삼투압탈수(osmotic dehydration) 후 열풍과 마이크로파 병행처리의 복합건조공정이 제안되었다(Hereida 등, 2012). 그러나 토마토건조와 관련된 연구의 대부분은 건조공정과 건조조건에 따른 토마토 유용성분의 손실에 국한하여 보고되었으며, 기존의 토마토 건조공정을 대체할 수 있는 새로운 건조방법에 대한 연구는 미미한 실정이다. 이에 본 연구에서는 과열증

*Corresponding author: Jae-Kwon Lee, Department of Food Science and Biotechnology, College of Natural Science, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea
Tel: +82-31-249-9654
Fax: +82-31-249-9650
E-mail: jglee@kyonggi.ac.kr
Received April 17, 2018; revised May 29, 2018;
accepted June 3, 2018

기처리 후 열풍 또는 원적외선건조한 방울토마토의 이화학특성을 열풍건조 토마토와 비교, 검토함으로써 복합건조공정의 건조특성과 가공적합성을 확인하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서는 전라남도 구례에서 생산된 방울토마토(*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*)를 경기도 부천시소재의 대형매장에서 구매하여 사용하였다. 아스코브산과 리코펜은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, 이의 시약은 분석시약 등급을 사용하였다.

건조토마토 제조

방울토마토는 크기, 형태 및 숙성도의 유사 정도에 따라 선별한 다음 꼭지를 제거하고 흐르는 물에서 1회 세척하였다. 이후 시료는 과열증기발생장치(QF-5100CB-L24H, Naomoto Corp., Osaka, Japan)를 이용하여 100°C에서 20초 동안 가열 후 수작업으로 과피를 제거하였고, 여기에 시료중량 대비 1%의 설탕을 가하였다. 이와 같이 전처리한 방울토마토는 열풍 단독, 과열증기처리 후 열풍 또는 원적외선의 세가지 방법으로 건조하였다. 즉 과열증기/열풍의 복합건조는 방울토마토를 250°C 과열증기로 20분간 가열한 다음 85°C의 열풍건조기(VS-1202D3, Vision Scientific, Daejeon, Korea)에서 5시간 건조하였으며, 과열증기/원적외선건조는 동일한 과열증기조건으로 처리한 방울토마토를 60°C의 원적외선건조기(HK2009-1-5, Hankuk Industry, Daegu, Korea)에서 풍속 0.8 m/s으로 4시간 건조하였다. 열풍건조는 85°C의 열풍건조기에서 7시간 건조하는 조건으로 행하였다. 건조한 방울토마토는 플라스틱 bag (Nasco, Fort Atkinson, WI, USA)에 넣어 4°C에서 냉장 보관하면서 실험에 사용하였으며, 아스코브산과 리코펜 분석시료의 경우에는 건조토마토를 동결건조 후 가정용 커피분쇄기(Hamilton Beach Inc., Glen Alan, VA, USA)로 분쇄하여 사용하였다.

수분함량과 수분활성도

수분함량은 105°C 상압가열건조법(AACC, 2000)으로 측정하였으며, 수분활성도는 25°C에서 수분활성도측정기(Rotronic AG, Basserdorf, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

아스코브산과 리코펜 함량

아스코브산 함량은 아스코브산에 의해 변색되는 2,6-다이클로로인도페놀 함량을 측정하는 인도페놀-자일렌 추출법(AACC, 2000)을 사용하여 측정하였다. 리코펜 함량은 Javanmardi와 Kubota(2006)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 시료 0.1 g을 알루미늄 호일로 감싼 PTFE 시험관에 넣고, 여기에 헥세인과 0.05% (w/v) 뷰틸하이드록시톨루엔(BHT)이 함유된 아세톤과 95% (v/v) 에탄올이 1:1:1의 비율로 혼합된 리코펜 추출용액 3.9 mL를 첨가하고 10분간 교반한 다음 상온에서 15분간 정치하였다. 이후 리코펜이 함유된 헥세인 상층액을 분리하여 503 nm에서 흡광도를 측정하고 아래의 식에 따라 리코펜함량을 산출하였다.

$$\text{리코펜(mg/kg)} = \frac{X}{Y} \times A \times 3.12$$

위의 식에서 X는 분리한 헥세인의 양(mL), Y는 시료무게(g), A는 503 nm에서의 흡광도를 나타내며, 3.12는 리코펜의 흡광계

수(extinction coefficient)이다.

외관과 미세구조

건조토마토의 외관특성(형태, 색도, 수축도)은 육안 관찰하였으며, 미세구조는 주사전자현미경(SNE 3000MB, Sec Co. Ltd., Suwon, Korea)을 사용하여 관측하였다. 주사전자현미경 관측을 위하여 시료는 20% (v/v)의 glutaraldehyde 용액에서 48시간 고정화 시킨 후 단계별 농도의 에탄올에 침지하여 탈수하였다. 탈수한 시료는 면도칼로 절편하고 카본테이프에 부착하여 gold 코팅한 다음 가속전압 15 kV에서 미세구조를 관측하였다.

수분흡수력(Water absorption capacity)

수화에 따른 건조토마토의 복원력은 수분흡수력을 측정하여 평가하였다. 수분흡수력은 무게를 측정된 건조토마토를 상온의 증류수에 일정시간 침지하고, 시간경과에 따라 흡수된 수분의 중량 백분율로서 측정하였다.

$$\text{수분흡수력(\%)} = \frac{\text{침지 후 시료무게(g)} - \text{침지 전 시료무게(g)}}{\text{침지 전 시료무게(g)}} \times 100$$

통계분석

분석결과는 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 표시하였으며, 측정치의 유의차는 분산분석(ANOVA)과 Duncan의 multiple range test로 검증하였다($p < 0.05$). 통계분석은 SPSS 통계프로그램(SPSS Statistics 21, IBM, Armonk, NY, USA)을 사용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

건조토마토 특성

건조방법을 달리하여 제조한 건조토마토 시료의 수분함량과 수분활성도를 Table 1에 표시하였다. 열풍건조시료의 수분함량과 수분활성도는 각각 15.98±1.67% 및 0.62로서, 최종수분함량이 15% 이하인 기존의 건조토마토 수분함량과 유사하였다. 반면 과열증기/열풍 또는 과열증기/원적외선의 복합건조토마토는 수분함량이 각각 22.94±1.84 및 23.08±2.05%로서 유의적 차이가 없었으며, 수분활성도는 0.74로 동일하였다. 따라서 과열증기/열풍 또는 원적외선의 복합건조는 중간수분식품의 수분함량(20-25%)과 수분활성도(0.65-0.80) 범위(Labuza, 1984)에 준하는 부분 건조 방울토마토의 제조에 적합한 것으로 판단된다.

건조방법에 따른 건조토마토의 외관관측 결과(Fig. 1), 열풍건조시료는 복합건조 시료와 비교하여 수축도와 표면색상은 유사하였으나, 단단한 텍스처와 낮은 풍미를 나타내었다. 한편 과열

Table 1. Moisture content and water activity of cherry tomato

Treatment	Moisture content ¹⁾ (%)	Water activity (25°C)
Untreated raw tomato	85.10±5.63 ^a	0.95±0.01 ^a
Hot-air (85°C, 7 h)	15.98±1.67 ^c	0.62±0.00 ^c
Superheated steam (250°C, 20 min)	22.94±1.84 ^b	0.74±0.00 ^b
+ Hot-air (85°C, 5 h)		
+ Far infrared (60°C, 4 h)	23.08±2.05 ^b	0.74±0.00 ^b

¹⁾ Values within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$).



Fig. 1. Appearance of dried cherry tomato. (a) raw tomato, (b) HA; hot-air drying, (c) SHS+HA; superheated steam combined with hot-air drying, (d) SHS+FIR; superheated steam combined with far infrared drying.

증기/열풍 또는 과열증기/원적외선건조시료의 경우 외관과 관능 특성에서 상호 차이가 없었으며, 열풍건조에 비해 우수한 품질특성을 갖는 것으로 확인되었다.

아스코브산과 리코펜 함량

방울토마토의 아스코브산(AA) 함량 측정결과(Table 2), 모든 건조시료의 AA 함량은 건조에 따라 감소하였으며, 감소 정도는 건조방법에 따라 상이하였다. 열풍건조시료는 대조구의 AA 함량 260.1 mg/100 g 대비 약 70%가 감소한 77.6 mg/100 g의 최소 AA 함량을 나타내었다. 이와 같은 열풍건조시료의 AA 함량은 열과 산소에 의해 쉽게 분해되고, 가열온도가 높을수록 분해속도가 증가하는 AA의 온도의존성(temperature-dependency)에 따른 결과로서(Zanoni 등, 1999; Chang 등, 2006), Lavelli 등(1999)에 따르면 토마토를 80°C 열풍으로 7시간 건조하였을 때 AA 손실률이 88%까지 증가한다는 유사한 결과를 보고하였다. 한편 복합건조시료의 경우 AA 함량과 손실률은 과열증기/열풍건조에서 120.8 mg/100 g과 53.5%, 과열증기/원적외선건조에서 185.2 mg/100 g과 28.8%로서, 과열증기/원적외선건조가 열풍건조와 과열증기/열풍의 복합건조에 비해 현저하게 낮은 AA 손실률을 나타내었다. 이는 과열증기/원적외선건조의 상대적으로 낮은 건조온도(60°C), 짧은 건조시간과 무산소 상태에서 가열(dilute oxygen atmosphere heating)하는 과열증기 특성에 의한 결과로 판단된다.

토마토에 함유된 트랜스 리코펜은 산소, 빛, 금속 등의 영향으로 가공과 저장 중에 산화되기 쉬운 시스(cis)형으로 이성화되어 분해된다(Boskovic, 1979). 그러나 일부 가열처리 토마토의 경우 토마토 cell matrix 결합된 리코펜의 결합력이 열처리에 의해 약화되어(Dewanto 등, 2002), 리코펜 함량은 오히려 증가하는 것으로 보고되었다(Stahl와 Sies, 1992).

토마토시료의 리코펜 함량 측정결과(Table 2), 대조구는 국내산 방울토마토의 평균 리코펜 함량 37.3 mg/100 g보다(National Acad-

emy of Agricultural Science, 2009) 낮은 23.72 mg/100 g으로 측정되었는데, 이는 분석방법의 차이와 함께 토마토껍질에 결합된 리코펜이 시료의 전처리 탈피과정에서 유실되었기 때문으로 추정된다. 한편 건조토마토의 경우 리코펜 함량은 건조에 따라 크게 감소하여 열풍건조, 과열증기/열풍 및 과열증기/원적외선의 복합건조에서 5.55, 5.81 및 8.53 mg/100 g, 손실률은 대조구 대비 77.6, 75.5 및 64.0%로 각각 측정되었다. 이러한 결과는 리코펜이 열풍건조에 의해 크게 영향을 받지 않으며(Giovanelli 등, 2002), 110°C 고온의 열풍에서 손실된다는(Zanoni 등, 1999) 연구결과와는 상이하였는데, 이는 리코펜 분석시료를 동결건조하는 본 실험의 시료 전처리에 의한 영향으로 추정된다. Chang 등 (2006)에 따르면 토마토의 리코펜 함량이 동결건조 시 33-48% 범위로 크게 감소한다고 보고한바 있다. 이상의 결과에 따라, 본 실험의 리코펜 측정치는 시료의 전처리 탈피작업과 동결건조로 인해 예상보다 낮게 측정되었으나, 건조방법에 따른 리코펜의 손실양상을 고려할 때 리코펜 손실은 과열증기/원적외선의 복합건조에서 가장 낮은 것으로 판단된다.

건조토마토의 미세구조

주사전자현미경으로 관측한 건조토마토의 내부 미세구조를 Fig. 2에 표시하였다. 건조토마토의 내부구조는 건조방법에 따라 상이한 형상을 나타내었다. 열풍건조 시료의 내부구조는 과육조직이 수축, 압착되어 치밀하게 뭉쳐진 형상을 보이며, 일부 빈 공간이 조직 내에 불균일하게 분포하였다(Fig. 2b). 이 같은 내부구조는 과육조직 표면의 수분이 열풍과 접촉하여 빠르게 제거된 후 내부수분이 표면으로 확산, 기화되는 열풍건조의 특성에 따른 결과로 판단된다. 과열증기/열풍건조 시료의 경우 내부 과육조직은 수축, 압착된 cell matrix 층 사이로 빈 공간이 균일하게 분포되어 있는 다공구조를 나타내었다(Fig. 2c). 이와 같은 다공구조는 열풍건조 시료보다 높은 과열증기/열풍건조 시료의 수분함량을 고려할 때, 다공구조는 건조 후 과육 내 남아있던 수분에 의해 형성되는 것으로 예상된다. 반면 과열증기/원적외선건조 시료는 과육조직 내부의 cell matrix가 압착되지 않은 두터운 층 구조를 이루고 층 사이에는 작은 공간이 균일하게 분포하는 내부구조를 나타내었다(Fig. 2d). 이는 열풍과 달리 원적외선이 과육조직의 표면과 내부에 존재하는 수분을 균일하게 제거시킴에 따라 과도하게 압착되지 않은 매끄러운 표면의 cell matrix가 형성되는 것으로 판단된다. 상기 결과에 따라 건조토마토의 내부구조는 건조 특성에 영향을 받으며, 복합건조의 경우에는 선행 과열증기처리 이후의 후속 건조방법에 따라 내부 구조가 결정되는 것으로 판단된다.

수분흡수력

수침시간에 따른 건조토마토 시료의 수분흡수력 측정결과를

Table 2. Ascorbic acid and lycopene contents of cherry tomato

Treatment	Ascorbic acid		Lycopene	
	Content ¹⁾ (mg/100 g)	Loss rate (%)	Content (mg/100 g)	Loss rate (%)
Untreated raw tomato	260.1±11.2 ^a	-	23.7±0.9 ^a	-
Hot-air (85°C, 7 h)	77.6±12.5 ^d	70.1 ^a	5.6±0.2 ^c	76.6 ^a
Superheated steam (250°C, 20 min)				
+ Hot-air (85°C, 5 h)	120.8±4.1 ^c	53.5 ^b	5.8±0.4 ^c	75.5 ^a
+ Far infrared (60°C, 4 h)	185.2±4.8 ^b	28.8 ^c	8.5±0.1 ^b	64.0 ^b

¹⁾Values within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$).

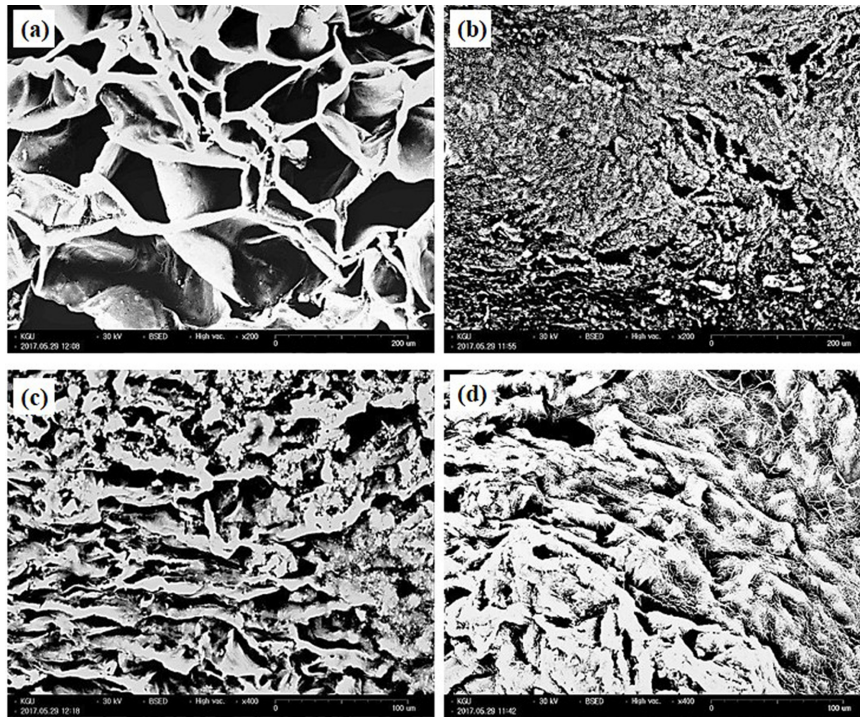


Fig. 2. Microstructure of cherry tomato (×200). (a) raw tomato, (b) hot-air drying, (c) superheated steam combined with hot-air drying, (d) superheated steam combined with far infrared drying.

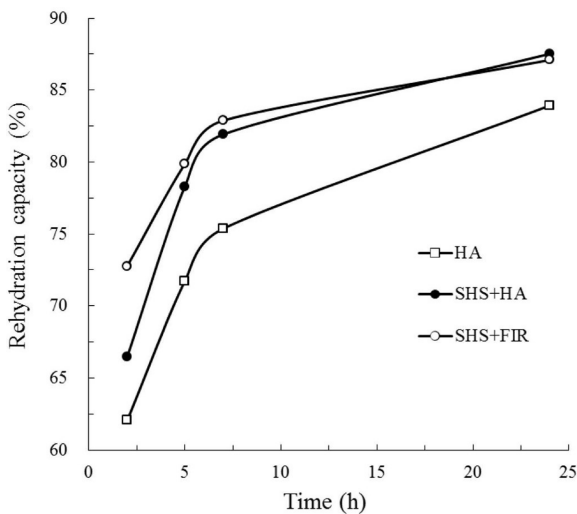


Fig. 3. Rehydration capacity of dried cherry tomato. HA: hot-air drying, SHS+HA: superheated steam combined with hot-air drying, SHS+FIR: superheated steam combined with far infrared drying.

Fig. 3에 표시하였다. 모든 시료는 초기 수침단계에서 빠르게 수분을 흡수한 후 7시간 수침 이후에는 완만하게 평형상태에 도달하는 수분흡수양상을 나타내었다. 이러한 수분흡수양상은 수분이 건조토마토의 내부 빈 공간에 모세관력의 작용으로 빠르게 흡수된 후 내부조직으로 흡수되기 때문으로 판단된다. 시료의 수분흡수력은 모든 수침구간에서 열풍건조, 과열증기/열풍건조, 과열증기/원적외선건조의 순으로 낮았으며, 최대 수분흡수력은 과열증기/원적외선건조 시료에서 확인되었다. 한편 과열증기/열풍건조 시료의 경우 수분흡수력은 상응하는 과열증기/원적외선건조 시료와 비교하여 초기 2시간 수침에서의 낮은 측정치를 제외하고 유

사한 것으로 측정되어, 건조토마토의 수화복원력은 기존의 열풍건조 보다 복합건조 시 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 건조방법에 따라 상이하게 형성되는 건조토마토 내부 공간의 크기, 분포 및 수축 cell matrix 형태 등의 구조적 특성 때문으로 판단된다. 건조토마토의 수화복원력 관점에서, 방울토마토 건조는 과열증기처리 후 원적외선으로 건조하는 복합건조공정이 가장 효율적인 것으로 사료된다.

요 약

과열증기와 열풍(과열증기/열풍건조) 또는 원적외선(과열증기/원적외선건조)으로 복합건조한 방울토마토의 이화특성을 상응하는 열풍건조 토마토와 비교하여, 복합건조가 건조토마토의 품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 방울토마토의 수분함량 85.10%는 열풍건조, 과열증기/열풍 또는 원적외선의 복합건조에 따라 15.98, 22.94 및 23.08%로 각각 감소하였으며, 열풍건조와 달리 복합건조 토마토는 중간수분식품의 수분함량에 해당하는 반건조상태를 나타내었다. 건조토마토의 수축도와 표면색상은 건조방법에 관계없이 유사하였으나, 열풍건조 토마토는 복합건조에 비해 단단한 텍스처와 낮은 풍미를 나타내었다. 방울토마토의 아스코브산 함량(260.1 mg/100 g)은 열풍건조에서 77.6 mg/100 g으로 최대 감소를 보인 반면, 복합건조의 경우에는 과열증기/열풍건조 120.8 mg/100 g, 과열증기/원적외선건조 185.2 mg/100 g으로 낮은 손실을 나타내었다. 리코펜 함량은 열풍건조, 과열증기/열풍 또는 원적외선의 복합건조에서 각각 5.55, 5.81 및 8.53 mg/100 g으로서, 대조구 대비 77, 76 및 64%의 높은 손실률을 나타내었는데, 이는 건조과정 이외에 시료의 탈피와 동결건조 과정에서 리코펜이 유실, 손상되었기 때문으로 추정된다. 그러나 건조방법에 따른 리코펜의 손실 양상을 고려할 때, 리코펜 손실은 과열증기/원적외선의 복합건조에서 가장 낮은 것으로 판단된다. 한편 수분흡

수력은 모든 수침시간에서 복합건조시료가 열풍건조에 비해 현저하게 높았으며, 특히 과열증기/원적외선건조의 경우 가장 빠른 수화복원력을 나타내었다. 이상의 결과에 따라 방울토마토의 건조는 외관, 유용성분의 손실률과 수화복원력의 관점에서 과열증기처리 후 원적외선으로 건조하는 복합건조가 열풍건조에 비해 효율적인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 115046-2). 본 연구는 2018학년도 경기대학교 대학원 연구원장학생 장학금 지원에 의하여 수행되었음.

References

- AACC. 10th ed. Method 44-15, 86-10. Approved Method of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Boskovic M. Fate of lycopene in dehydrated tomato products: carotenoids isomerization in food system. *J. Food Sci.* 44: 84-86 (1979)
- Chang CH, Lin HY, Chang CY, Liu YC. Comparison on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried, and hot-air-dried tomatoes. *J. Food Eng.* 77: 478-475 (2006)
- Clinton SK. Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56: 35-51 (1998)
- Demiray E, Tulek Y, Yilmaz Y. Degradation kinetics of lycopene, β -carotene, and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT-Food Sci. Technol.* 50: 172-176 (2013)
- Dewanto V, Wu XZ, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3010-3014 (2002)
- Genkinger JM, Platz EA, Hoffman SC, Comstok GW, Helzlsouer KJ. Fruit, vegetable and antioxidant intake and all-cause, cancer and cardiovascular disease mortality in community-dwelling population in Washington County, Maryland. *Am. J. Epidemiol.* 160: 1223-1233 (2004)
- Gerster H. The potential role of lycopene for human health. *J. Am. Coll. Nutr.* 16: 109-126 (1997)
- Giovanelli G, Zandoni B, Lavelli V, Nani R. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. *J. Food Eng.* 52: 135-141 (2002)
- Giovanucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer. Review of epidemiologic literature. *J. Natl. Cancer I.* 91: 317-331 (1999)
- Heredia A, Peinado I, Rosa E, Andres A, Escriche I. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: Influence of osmotic pre-treatment and microwave power. *Food Chem.* 130: 889-895 (2012)
- Javanmardi J, Kubota C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. *Postharvest Biol. Biotechnol.* 41: 151-155 (2006)
- Labuza TP. Moisture sorption: practical aspects of isotherm measurement and use. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. pp 8-10 (1984)
- Lavelli V, Hippeli S, Peri C, Elstner EF. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions *J. Agr. Food Chem.* 47: 3826-3831 (1999)
- Lewicki PP, Vu Le H, Pomaranska-Lazuka W. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *J. Food Eng.* 44: 71-78 (2002)
- Manda KR, Adams C, Ercal N. Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their *in vitro* antioxidant properties. *Food Chem.* 118: 589-593 (2010)
- National Academy of Agricultural Science. Tables of Food Functional Composition. In: Carotenoid Content in Foods. Suwon, Korea, pp. 160 (2009)
- Russo A, Acquaviva R, Campisi A, Sorrenti V, Di Giacomo C, Virgata G. Bioflavonoids as antiradicals, antioxidants and DNA cleavage protectors. *Cell Biol. Toxicol.* 16: 91-98 (2000)
- Shukla Y, Singh M. Cancer preventive properties of ginger: A brief review. *Food Chem. Toxicol.* 45: 683-690 (2007)
- Stahl W, Sies H. Uptake of lycopene and its geometrical-isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans. *J. Nutr.* 122: 2161-2166 (1992)
- Vecchia CL. Mediterranean epidemiological evidence on tomatoes and the prevention of digestive track cancers. *P. Soc. Exp. Biol. Med.* 218: 125-128 (1998)
- Zandoni B, Peri C, Nani R, Lavelli V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Res. Int.* 31: 395-401 (1999)