

증자시간에 따른 생천마의 품질특성 변화

†송영은 · 김은주* · 한현아* · 이송이* · 김창수** · 안민실

전북특별자치도농업기술원 작물식품과 농업연구관, *전북특별자치도농업기술원 작물식품과 농업연구사,
**전북특별자치도농업기술원 약용자원연구소 농업연구사

Quality Characteristics of Fresh *Gastrodia elata* according to Different Steaming Time

†Young Eun Song, Eun Ju Kim*, Hyun Ah Han*, Song Yee Lee*, Chang Su Kim** and Min Sil Ahn

Senior Researcher, Division of Crops & Food, Jeonbuk State Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Korea

*Researcher, Division of Crops & Food, Jeonbuk State Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Korea

**Researcher, Medicinal Plant Resource Research Institute, Jeonbuk State Agricultural Research & Extension Services, Jinan 55440, Korea

Abstract

Gastrodia elata has been used in traditional Chinese medicine for treating headaches, dizziness, and convulsive illness for centuries. *G. elata* has traditionally been processed by steaming or blanching to increase the content and quality of its main ingredients. This study aimed to identify changes in physicochemical properties and active ingredients of *G. elata* depending on the steaming time. Data of this study could be used to develop traditional medicine and health foods. No steaming was used as a control. Steaming time was 5, 10, 20, 30, 60, or 120 min. The drying yield according to the steaming time ranged from 20.2% to 22.9%, with the lowest drying yield at 120 min. As the steaming time increased, gastrodin content increased more than that in fresh *G. elata* due to inhibition of β -glucosidase enzyme activity, 4-hydroxybenzyl alcohol condensation, and parishin decomposition. Steamed *G. elata* did not show higher total polyphenols, total flavonoids, or ABTS radical scavenging activities than fresh *G. elata* even with an increase of steaming time. The steaming time to improve the quality of *G. elata* may varied depending on the size of *G. elata*. Thus, it is important to set the steaming time taking these characteristics into consideration.

Key words: *Gastrodia elata* (*G. elata*), steaming, gastrodin, polyphenols, ABTS

서 론

천마(*Gastrodia elata* Blume)는 한국, 중국, 일본 등에서 자생하는 다년생 난초과 식물이지만 광합성을 하지 못하고 뿌리나 나무버섯균과 땅속에서 덩이줄기를 형성하며 영양분을 공급받으면서 자란다(Lee YM 1990). 천마는 전북 생산량이 전국의 74.6%, 재배 면적은 58.9%를 차지하는 전북 지역특화작목으로(KOSIS 2021), 한의학과 중의학은 경련, 산화적스트레스, 정신장애, 기억력상실, 뇌손상과 염증을 효과적으로 억제하는 것으로 보고하고 있다(Yu 등 2005; Chen & Sheen 2011; Dai 등 2021; Zhang 등 2021). 천마의 주요성분으로는 parishin

과 parishin 유도체 등 페놀 화합물이 주로 존재하며 그 중 중요한 지표성분으로는 gastrodin, 4-hydroxybenzyl alcohol, 4-hydroxybenzaldehyde, vanillin 등이 있으며, 이들 성분들에 대한 많은 연구들이 국내외에 보고 되어 있다(Taniguchi 등, 1981; Zhou 등, 1983; Lee 등 2012; Kim & Park 2013; Tang 등, 2015). 또한 천마는 2000년 식품원료로 등록되어 활용에 대한 관심이 높아지고 있으나, 특유의 독특한 냄새가 소비확대의 제한요인이 되어 이를 감소시키고자 당화방법에 따른 천마의 품질특성(Song 등 2016), 젖산균 발효에 따른 parishin 유도체의 변화(Song 등 2017), 초음파처리 및 효소반응에 의한 천마 불쾌취 감소(Kim 등 2004), 흑천마 및 발효천마에

† Corresponding author: Young Eun Song, Senior Researcher, Division of Crops & Food, Jeonbuk State Agricultural Research & Extension Services, Iksan 54591, Korea. Tel: +82-63-290-6041, Fax: +82-63-290-6059, E-mail: sjm964@korea.kr

다른 기능성분 변화(Kim HY 2014) 등의 연구가 보고되어 있다. 또한 약용작물은 수백년 동안 저장기간 연장 및 지표성분의 증대 등 품질 향상을 위한 전처리 과정을 실시하여 왔다. 천마도 오랜기간 동안 생산지역을 중심의 전통적인 경험을 통하여 증자를 실시하여 왔으며 중국약전의 방법과도 일치한다고 보고되어 있다(Li 등 2019). 천마 수확 후 증자와 건조 등에 대한 국내 연구들이(Choi 등 2011; Chu 등 2012; Park 등 2014) 보고되어 있고, 증자 등에 의한 전구물질로부터 화학적 전이, 효소 불활성에 의한 분해억제 등에 의한 유효성분 변화 연구들도 보고되고 있다(Li 등 2019; Ma 등 2021; Xie 등 2023). 이러한 증자, 건조 등 수확 후 처리에 의한 유효성분 변화는 품종, 재배지역에 따른 성분 차이만큼이나 큰 영향을 미칠 수 있는데 완벽한 증자가 이루어지지 못하면 gastrodin의 전구물질들이 gastrodin으로 전환되지 못하고, 반면 과도하게 증자가 되면 천마 표피가 손상되고 전분은 액화되어 생리활성 물질이 손실되고 건조시간이 길어지며 가공효율이 낮아지게 된다(Wang 등 2018). 또한 건조 후 색 변화 등 외관에 나쁜 영향을 끼치게 되어 적절한 증자를 수행하는 것이 매우 중요하다(Xie 등 2023).

따라서 본 연구에서는 건조 전처리인 증자시간에 따른 천마 성분의 품질변화를 분석하여 천마 이용 제품 개발시 기초 자료로 활용하고자 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 시약

시험에 사용한 천마는 2023년 5월에 전북 무주 안성에서 구입하였고, 분석시험에 사용한 시료는 동결건조하여 분말로 조제 후 냉동실에 보관하면서 사용하였다.

천마(성마)의 품질 기준은 무게에 따라 특상품(100 g 이상), 상품(80 g 이상), 중품은 (50 g 이상), 하품(30 g 이상)으로 나누어지며, 시험에 사용한 천마는 무게 52.8~ 60.5 g(평균 57.01), 길이 1,145.0~1,328.5 mm(평균 1,212.0), 두께 26.1~39.01 (평균 30.9 mm)인 중품을 사용하였다(Table 1).

시약은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(F9252, rutin(R5143), gallic acid(G7384), 2,4,6-tri(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ; T1253), gastrodin(PHL89324), 4-hydroxybenzyl alcohol(H20806)은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA), 2,2'-azino-bis(3-ethyl benzo-thiazoline-

6-sulphonicacid(ABTS; A5200)는 TCI(Chuo, Tokyo, Japan) 제 품을 사용하였다, HPLC 분석에 사용한 acetonitrile, metanol, water 용매는 J.T.Baker(Phillipsburg, NJ, USA)에서 구입하였고, 기타 시약은 특급을 사용하였다.

2. 증자방법

증자시간에 따른 천마의 품질변화를 알아보기 위하여 평균 무게 57.0 g, 길이 1,212.0 mm, 넓이 30.9 mm인 천마를 이용하였다. 증자방법은 짚기(직경 38 cm, TB0506-03, Tosco basic, Incheon, Korea)에 물 3 L를 넣고 체망에 면포를 깔아 시료 1.2 kg을 올려놓은 후 물이 끓기 시작하였을 때부터 증자시간을 5분, 10분, 20분, 30분, 60분, 120분으로 설정하였고, 대조로는 무처리를 사용하였다. 시간별로 증자한 시료는 냉동 보관한 후 3일간 동결건조기(LP20, Ilshin BioBase, Seoul, Korea)로 건조, 분쇄한 후 표준망체(500 mesh)를 통과시켜 분석시료로 사용하였다.

3. 이화학적 품질 분석

1) 건조수율

증자시간에 따른 천마의 건조수율은 시간별로 증자 후 60°C 온도로 건조기(WTB binder DE/ED115, Germany)에서 건조한 후 천마의 증자 전 무게 대비 증자 후 무게를 백분율로 표시하였다.

2) pH와 당도

pH와 당도는 증자 후 시료 1 g을 증류수 10 mL로 희석하여 pH 미터(Seven Excellence TM, Mettler Toledo, Switzerland)와 디지털 당도계(Atago, PAL-1, Japan)를 이용하여 측정한다. 후 당도는 희석배수를 곱하였다.

3) 색도

색도는 색도계(CM-5, Konica Minolta, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)를 측정하였다.

4) 총당

동결건조 시료 1 g에 증류수 20 mL를 가하여 잘 섞어준 후 30분간 초음파 처리하여 원심분리기(3-16K, Sigma, Germany)로

Table 1. Appearance characteristics of the experimental sample of *G. elata*

Sample	Weight (g)	Length (mm)	Thickness (mm)
Average	57.0	1,212.0	30.9
Range	52.8~60.5	1,145.0~1,328.5	26.1~39.0

원심분리(4,500 rpm, 20분)하여 상층액을 여과(5B, Adventec, Japan)하고 이 과정을 2회 반복하였다. 여과액을 0.4 µm 실린지 필터로 여과하여 희석한 후 희석액 1 mL, 5% 페놀 1 mL, 95% 황산 5 mL를 넣고 잘 섞은 후 알루미늄 호일로 감싸 20분간 방치 하였다. 분광광도계(Specord, Analytikjena, Germany)를 이용하여 흡광도(470 nm)를 측정하였다. 이때 표준검량선은 포도당(Glucose, Junsei, Japan)용액을 농도별로 제조하여 사용하였다.

4. 물성 측정

증자시간에 따른 천마의 물성은 시간별로 증자한 시료를 1시간 동안 상온에서 방냉한 다음 30 mm 높이로 절단한 후 물성측정기(TA-XT2 plus, Stable micro system, UK)를 이용하여 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 2.0 mm/s, post-test speed 10 mm/s, distance 15.0 mm, probe diameter 5 mm(p/5) 조건으로 처리당 20반복으로 측정하였다.

5. 유효성분 분석

시료 추출은 Zhang 등(2015)의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 즉 동결건조 분말 시료 2.0 g에 80% 메탄올 20 mL를 가한 다음 초음파(POWERSONIC 520, Hwashin Tech, Korea)로 30분 추출한 후 원심분리기(3-16K, Sigma, Germany)로 4,500 rpm, 10분 원심분리하여 상층액을 취하고, 잔사는 동일한 방법으로 한번 더 추출하였다. 상층액을 합하여 감압농축하고 80% 메탄올 5 mL에 용해시킨 후 membrane filter(0.45 µm)로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 분석장비는 UHPLC(Ultimate 3000, Thermo Fisher Sci., USA)을 이용하였고 컬럼은 Eclipse XDB C18(4.6×250 mm, 5 µm), 검출기는 PDA(220 nm)를 사용하였다. 용매는 0.1 % 포름산 용액(A 용매)과 0.1 % 포름산-아세트오니트릴(B 용매)을 사용하였으며, Gradient 조건은 95%(A) 및 5%(B) (0-2분), 45 %(A) 및 55%(B) (2-35 분), 85%(A) 및 15%(B) (35-50분)의 비율로 하였고, 유속은 0.8 mL/min, 주입량은 10 µL로 하였다. 성분은 표준품으로 검량곡선을 작성하여 정량하였다.

6. 총 폴리페놀 함량 분석

총 폴리페놀함량 분석은 Folin-Ciocalteu's법(Singleton & Rossi 1965)을 변형하여 측정하였다. 동결건조 시료 1 g에 50% 메탄올 30 mL를 넣고 14시간 실온 추출하여 여과(Advantec No. 2, Japan)후 추출액으로 사용하였다. 각 추출액 100 µL에 2%(w/v) Na₂CO₃ 용액 1 mL를 첨가하여 3분간 방치한 후 50%(w/v) Folin-Ciocalteu's reagent 100 µL를 첨가하여 반응액을 30분 상온 방치한 후 마이크로플레이트 리더(Epoch2, Biotek, Winooski, Vermont, USA)로 흡광도(750 nm)를 측정하

였다. 추출물의 총 폴리 페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 검량선을 작성한 후 시료 1 g 중 mg으로 표시하였다.

7. 총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드 함량 분석은 Davis WB(1947) 방법을 변형하여 측정하였다. 시료는 총 폴리페놀 함량 분석 시료와 동일하게 추출하였다. 즉, 시료 0.1 mL에 diethylene glycol 0.15 mL를 가하여 혼합하고 1 N NaOH 용액 20 µL를 가한 다음 혼합 후 37°C에서 1시간 동안 반응하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 검량곡선은 rutin을 표준물질로 작성한 후 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

8. 항산화활성 분석

1) ABTS 라디칼 소거활성

ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonicacid) 라디칼 소거 활성은 Armao 등(2001)의 방법을 변형하여 분석하였다. 분석시료는 80% 메탄올을 사용하여 추출하였다. ABTS 7 mM 용액과 potassium persulfate 245 mM 용액을 조제한 후, 암소에서 12~16시간 반응 후 100% 에탄올로 희석하여 흡광도가 0.70±0.02가 되도록 조정된 후 ABTS 용액 3 mL와 시료 30 µL를 혼합하여 30°C, 20분 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2) FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Power)

FRAP 항산화성은 반응액으로서 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 40 mM 염산에 녹인 10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) 및 20 mM FeCl₃를 준비한 다음 acetate buffer, TPTZ/40mM HCl 용액 및 FeCl₃ 용액을 10:1:1(v/v/v)로 혼합하여 37°C에서 15분간 예비반응 시켰다. 시료 0.15 mL와 예비반응된 FRAP 시약 2.85 mL를 섞어 15분간 반응시키고 microplate reader(Power wave XS2, Biotek, USA)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

9. 통계처리

실험값에 대한 통계분석은 XLSTAT program(Addinsoft, Newpork, USA)을 이용 하여 Duncan's multiple range test 방법으로 평균값 간에 유의수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 증자시간에 따른 건조수율 및 물성 변화

천마의 증자시간별 물리적인 특성 중 건조수율은 Fig. 1A와 같다. 건조수율은 증자시간에 따라 20.2~22.9%를 나타내

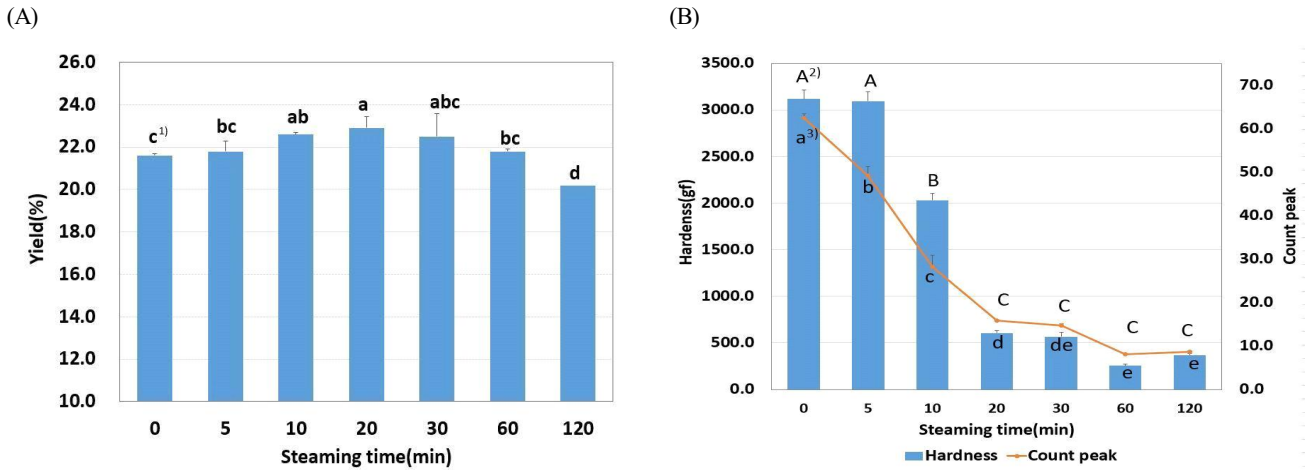


Fig. 1. Drying yield (A), hardness and count peak (B) of *G. elata* according to steaming time. ¹⁾ Values with different letters on bar (a^{-d}) are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). ²⁾³⁾ Values with different capital letters (Hardness, A-C), small letters (Count peak, a^{-e}) on same bar are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

였으며, 증자시간 120분에서 가장 낮았다.

천마의 전분입자는 작은 크기로 구성되어 호화되는 온도가 다른 농산물에 비해 낮아 66.15°C로 보고되어 있다(Xie 등 2023). 천마 전분은 생전분(β화 상태)에서는 물에 녹지 않으나 가열에 의해 수분 흡수 및 전분 팽화가 일어나서, 호화(α화 상태)가 이루어진다. 하지만 과도하게 가열하게 되면 전분 입자가 붕괴되어 콜로이드 상태가 되어 세포 손상, 내부 용질의 손실, 다당류 및 전분의 액화로 인해 세포 밖으로 용출되어 건조수율이 감소하게 되는 것으로 생각된다. 증자시간에 따른 천마의 경도 변화는 Fig. 1B와 같으며 이러한 경도의 감소는 전분의 호화가 증자온도에 따라 점차로 진행됨에 따라 수분 손실로 인한 팽압의 감소와, 전분의 90% 이상을 차지하는 아밀로펙틴의 결합력이 감소하는 결과가 보고되어 있다(Rocculi 등 2009; Guo Q 2016). 또한 증자시간 10분 이후

로 감소폭이 커짐을 알 수 있었는데, 이는 증자 초기에 열에너지가 전달되면서 천마 표면부터 전분 입자의 호화가 이루어져 중심부로 열이 전달되어 나가면서 열에 의한 영향을 크게 받았으나 지속적인 열에너지 전달에 의해 전분 입자의 호화가 거의 이루어진 상태가 되어 열에 의한 변화가 적어 경도의 감소폭이 크지 않았을 것으로 생각된다. 또한 신선한 생채일수록 증가하게 되는 부서짐 정도를 나타내는 count peak 값도 증자시간 증가에 따라 호화가 진행되어 점차 감소하였다.

2. 증자시간에 따른 천마 내부 변화

증자시간에 따른 천마의 내부 단면 변화는 Table 2와 같다. 증자 5분에서는 표면 부위는 호화가 일어났으나 증양부분은 열이 증양부분까지 미치지 못하여 하얀 원모양을 나타내었

Table 2. Internal change of *G. elata* slice according to steaming time

Steaming time (min)	0	5	10	20	30	60	120
Slice							
Internal temp. ¹⁾	20.16 ^{a2)}	46.29 ^f	47.63 ^e	51.24 ^d	53.94 ^b	53.62 ^c	61.83 ^a

¹⁾ 5 min after steaming, instrument (FT-400, CAS).

²⁾ Values with different letters in same row (a^{-g}) are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

다. 증자 10분에서도 중심부문에 완전히 호화되지 않아 중심부에 원모양이 남아 있었다. 증자 20분 부터는 중심부 원모양이 사라지고 30분 이상이 되면 전분 호화에 의해 색이 증자 전 백색에서 연한 황색으로 변하였다. 60분 이상이 되면 과도하게 호화되어 내부가 갈라지는 현상을 나타내었다.

3. 증자시간에 따른 천마 이화학적 품질 변화

증자시간에 따른 천마의 이화학적 품질특성 변화는 Table 3과 같다. pH는 증자시간이 증가함에 따라 감소하였으나 가용성 고형분은 증자시간에 따라 농도가 증가하였는데 이는 전분이나 기타 물질의 분해와 용출에 의해 가용성 고형분 함량이 증가한 것으로 생각된다. 또한 천마의 외관 변화를 나타내는 색도는 증자시간이 증가함에 따라 명도, 적색도와 황색도는 감소하는 경향을 나타내었다. 천마는 영양성분의 14~15%가 전분으로 이루어져 있고 일정시간에 도달하면 호화가 이루어지게 된다. 증자전 천마의 단면은 하얀색을 나타내다 증자가 진행됨에 열에너지가 천마 표면에서 중심부를 이동하면서 점차 호화가 이루어지면서 점차 연한 황색을 나타내어 최종에는 황색으로 변하게 된다는 Xie 등(2021)의 결과와 일치하였다. 또한 천마를 비절단과 절단(5 mm) 처리하여 증자 전·후 품질을 비교한 결과 비절단은 절단에 비해 색도의 변화가 적었으며, 증자 후는 증자 전에 비해 L, a, b값이 모두 감소하였다는 Choi 등(2011)의 결과와도 일치하였다. 또한 증포횟수에 따른 천마의 품질분석 결과 Park 등(2014)은 수분함량은 1회 증포처리한 천마보다 증포처리를 계속 진행할수록 천마에서 수분함량이 높고, 조희분은 낮았으나 조지방, 조단백 함량은 높은 것으로 보고하였다. Song 등(2016)은 천마를 증자하여 엇기름, 쌀누룩, 효소처리하여 당화한 후 유산균 접종한 발효 천마의 pH는 3.2~3.7, 당도 3.80~4.46 °Bx로 보고하였고, 천마 발효 결과 탄수화물의 함

량은 발효에 의해 감소하였으나, 조지방, 조희분, 조단백, 조섬유는 일반천마보다 더 많이 함유하고 있고 pH는 발효 천마분말이 일반 천마분말보다 알칼리성을 나타내었다는 Kim 등(2010)의 결과가 있다.

4. 증자시간에 따른 천마 유효성분 및 총당 함량 변화

천마의 주요 약리성분은 gastrodin, 4-hydroxybenzyl alcohol이며, parishin 유도체 등 페놀화합물을 주로 포함하고 있다. 따라서 증자시간에 따른 천마의 gastrodin, 4-hydroxybenzyl alcohol 및 총당 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 증자 처리를 하지 않은 천마와 비교하였을때 증자 처리 후에는 gastrodin과 총당 함량은 증가하였고 4-hydroxybenzyl alcohol 함량은 감소하였다. 이러한 결과는 증포 횟수증가에 따라 천마의 주요기능성분인 gastrodin 함량은 증가하고 4-hydroxybenzyl alcohol 함량은 감소하였다는 Park 등(2014)의 연구와도 일치하였다. 이는 천마의 gastrodin이 β -glucosidase 효소에 의해 4-hydroxybenzyl alcohol과 당을 생성하고 4-hydroxybenzyl alcohol은 효소에 의하지 않고 gastrodin으로 condense 된다. 또한 β -glucosidase 효소 활성은 온도가 증가함에 따라 점차 감소하고 효소분해 과정이 억제되는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 천마는 증자시간이 증가함에 따라 β -glucosidase 효소의 활성 억제와 4-hydroxybenzyl alcohol의 condensation에 의해 gastrodin 함량이 증가한 것으로 나타났다. 그러나 gastrodin 증가와 4-hydroxybenzyl alcohol 감소가 일치하지 않는데 이는 gastrodin의 전구체인 parishin 등이 증자 도중 분해되어 gastrodin을 생성하기 때문으로 생각된다. 건조천마의 탄수화물 함량을 분석한 결과 Hong 등(2006)은 75.78%, Kim 등(2010)의 연구에서는 80.91%로 보고되어 있다. 또한 총당은 증자 전 처리에 비해 증자처리에서 증가하였으며 증자시간이 60분까지 증가함에 따라 증가하다 증자 120분에서는 감소하였다. 이는 증자가 시작되

Table 3. Physiochemical characteristics of *G. elata* according to steaming time

Steaming time (min)	pH	Soluble solid (°Bx)	L (lightness) ¹⁾	a (redness)	b (yellowness)
0	5.55±0.05 ^{d2)3)}	3.89±0.19 ^d	69.16±1.11 ^a	-1.64±0.07 ^a	10.64±0.67 ^a
5	6.01±0.09 ^{ab}	3.33±0.58 ^d	54.09±0.73 ^b	-2.49±0.15 ^b	8.55±0.15 ^b
10	6.08±0.02 ^a	5.89±0.19 ^c	43.81±0.73 ^c	-3.07±0.07 ^c	4.76±0.36 ^c
20	5.98±0.06 ^b	6.50±0.50 ^{bc}	43.72±1.19 ^c	-3.31±0.26 ^d	4.45±0.03 ^c
30	5.98±0.03 ^b	7.00±0.33 ^b	45.31±1.67 ^c	-3.66±0.26 ^d	4.28±0.03 ^c
60	5.77±0.04 ^c	9.00±0.33 ^a	44.40±0.11 ^c	-3.44±0.16 ^d	5.35±0.13 ^d
120	5.51±0.05 ^d	9.22±0.17 ^a	43.53±0.16 ^c	-3.00±0.25 ^c	7.31±0.37 ^c

¹⁾ Lightness (L): 0 (black)~100 (white), redness (a): -80 (green)~+100 (red), Yellowness (b): -70 (blue)~+70 (yellow).

²⁾ All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

³⁾ Values with different letters in same column (^{a-c}) are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

Table 4. Gastrodin, 4-hydroxybenzyl alcohol, and total sugar content of *G. elata* according to different steaming time

Steaming time (min)	Gastrodin (mg/g)	4-Hydroxybenzyl alcohol (mg/g)	Total sugar (g/100 g)
0	1.35±0.01 ^{g1)2)}	1.36±0.01 ^a	33.49±2.19 ^c
5	2.50±0.03 ^c	0.88±0.01 ^d	64.63±1.53 ^d
10	2.16±0.01 ^f	0.99±0.01 ^c	79.36±5.78 ^c
20	3.63±0.01 ^c	1.08±0.01 ^b	80.02±0.03 ^c
30	3.54±0.02 ^d	0.98±0.00 ^c	93.02±6.05 ^b
60	4.81±0.02 ^b	0.99±0.00 ^c	96.15±1.34 ^a
120	7.22±0.03 ^a	0.88±0.01 ^d	77.66±1.92 ^c

¹⁾ All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ Values with different letters in same column (^{a-f}) are significantly different among groups by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

있을때는 총당이 증가하기 시작하다가 중심온도가 일정 온도에 도달하게 되면 최고치를 나타내다 점차 감소한다는 Xie 등(2023)의 보고와도 일치하였다. 천마 증자가 진행됨에 따라 전분, 셀룰로오스, 기타물질이 환원당으로 분해되어 총당 함량이 증가하다가 과도하게 증자가 이루어지면 세포벽이 붕괴되어 당이 쉽게 빠져나가 함량이 감소하는 것으로 생각된다. 또한 증자과정 중 일어나는 전분의 호화, 다당류의 가수 분해, 세포벽 기질의 붕괴 등은 천마의 유효성분들의 분리, 이동, 추출에 영향을 주는 것으로 보고되어 있다(Wu 등 2022).

5. 증자시간에 따른 천마 총 폴리페놀, 총플라보노이드 함량 및 항산화활성 변화

천마의 증자시간에 따른 총 폴리페놀 함량과 항산화활성을 측정할 수 있는 ABTS 라디칼 소거활성과 FRAP 환원력을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 증자를 하지 않은 천마와 비교하여 증자한 천마에서 폴리페놀 함량, 플라보노이드 함량,

ABTS 라디칼 소거활성, FRAP 환원력은 감소하였다. 이는 천마의 페놀화합물이 아글리콘(aglycone)과 아글리콘에 당이 결합된 배당체로 구성되어 있고, 항산화활성은 페놀화합물의 화학구조와 아글리콘에 결합된 그룹에 의해 항산화활성이 감소되거나 증가될 수 있다(JorJong 등 2015). 천마의 주요 약리성분인 gastrodin은 배당체 형태이며 β -glucosidase에 의해 아글리콘 형태인 4-hydroxybenzyl alcohol과 당으로 분해하게 된다. 하지만 β -glucosidase 활성은 열처리에 의해 억제되어 4-hydroxybenzyl alcohol 함량이 감소하게 된다. 천마의 성분 중 항산화활성이 가장 높은 성분은 4-hydroxybenzyl alcohol이며 그 다음은 vanillin alcohol, vanillin으로 주로 아글리콘 성분으로 알려져 있는데(Gao 등 2019), 이러한 천마의 4-hydroxybenzyl alcohol 성분의 감소가 항산화활성과 연관된 것으로 생각된다. 또한 증자 천마의 페놀화합물과 항산화활성 감소에 대한 여러 가지 복합적인 원인이 있겠지만 천마 물질 대사 중에 관여하는 여러 효소의 활성 억제와 가공처리에 의한 폴리페놀성분 전환 등에 의한 원인으로 생각되어진

Table 5. Total polyphenol, total flavonoid content, and ABTS radical scavenging activity, FRAP of *G. elata* according to steaming time

Steaming time (min)	Total polyphenol (mg/g)	Total flavonoid (mg/g)	ABTS radical scavenging IC ₅₀ (mg/mL)	FRAP (mg/g)
0	4.26±0.03 ^{a1)2)}	0.24±0.01 ^c	706.90±0.30 ^a	0.73±0.01 ^a
5	1.99±0.00 ^f	0.18±0.00 ^e	491.80±2.14 ^f	0.43±0.00 ^e
10	2.57±0.02 ^c	0.24±0.00 ^b	912.39±1.89 ^e	0.66±0.01 ^b
20	3.02±0.01 ^b	0.26±0.01 ^a	676.53±0.88 ^b	0.60±0.00 ^c
30	2.71±0.02 ^d	0.22±0.00 ^d	634.62±1.02 ^d	0.59±0.00 ^d
60	2.72±0.01 ^d	0.21±0.00 ^d	641.17±2.47 ^c	0.66±0.01 ^b
120	2.72±0.02 ^c	0.26±0.00 ^a	632.39±3.05 ^d	0.74±0.01 ^a

¹⁾ All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

²⁾ Values with different letters in same column (^{a-f}) are significantly different among groups by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

다. 그러므로 가공처리에 의해 생성되는 새로운 페놀성 화합물과 항산화활성 관계 등에 대한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요약 및 결론

증자가 미흡하거나 과도한 경우 품질저하에 따른 시간 및 노동력 낭비를 초래할 수 있어 효율적인 천마 증자시간을 구명하고자 증자시간에 따른 품질변화 연구를 수행하였다. 그 결과 증자시간에 따른 천마의 건조수율은 20.2~22.9%를 나타내었으며 120분 증자에서 건조수율은 가장 많이 감소하였다. 증자시간에 따른 gastrodin 함량은 열에 의한 β -glucosidase 효소의 불활성화로 gastrodin 함량은 증자시간이 증가함에 따라 증가하였으나 4-hydroxybenzyl alcohol은 증자 전에 비해 감소하였다. 천마의 gastrodin 등 유효성분과 총 폴리페놀 함량, 내부단면 변화 등을 고려할 때 천마(무게 50~60 g)의 증자시간은 30분 정도가 적당할 것으로 사료가 되지만 천마 각 개체의 크기, 무게, 형태와 증자를 하고자 하는 총 무게, 증자 후 건조 등을 참고하여 적절한 증자가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 지역특화기술개발과제(과제번호: RS-2021-RD012527)지원에 의해 수행되었음.

References

- Arnao MB, Cano A, Acosta M. 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chem* 73:239-244
- Chen PJ, Sheen LY. 2011. *Gastrodiae Rhizoma* (天麻 tiānmá): A review of biological activity and antidepressant mechanisms. *J Tradit Complement Med* 1:31-40
- Choi SR, Jang I, Kim CS, You DH, Kim JY, Kim YG, Ahn YS, Kim JM, Kim YS, Seo KW. 2011. Changes of components and quality in *Gastrodiae Rhizoma* by different dry methods. *Korean J Med Crop Sci* 19:354-361
- Chu HN, Kim JS, Kim KO, Jeong JK. 2012. Effect of functional components, antioxidant activity and sensory characteristics of *Gastrodiae Rhizoma* by different drying condition. *Korean J Herbol* 27:139-145
- Dai S, Zhang W, Dou Y, Liu H, Chen X, Shi J, Dou H. 2021. Towards a better understanding of the relationships between the structure and antitumor activity of *Gastrodia elata* polysaccharides by asymmetrical flow field-flow fractionation. *Food Res Int* 149:110673
- Davis WB. 1947. Determination of flavanones in citrus fruits. *Anal Chem* 19:476-478
- Gao X, Miao J, Guo X, Song Y, Lv T, Huang L, Gao W, Li X. 2019. Multicomponent quantitative analysis combined with antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory activities for the quality evaluation of *Gastrodia elata* from different regions. *Biomed Chromatogr* 33:e4508
- Guo Q. 2016. Study on the Structure and Physicochemical Properties of Rhizoma *Gastrodiae* Starch. Southwest University
- Hong SP, Jeong HS, Jeong EJ, Sin DH. 2006. Quality characteristics of beverage with *Gastrodia elata* Blume extract. *Korean J Food Hyg Saf* 21:31-35
- Jorjong S, Butkhup L, Samappito S. 2015. Phytochemicals and antioxidant capacities of Mao-Luang (*Antidesma bunius* L.) cultivars from Northeastern Thailand. *Food Chem* 181:248-255
- Kim HJ, Kwak IS, Lee BS, Lee HC, Lee EM, Lim JY, Yun YS, Chun BW. 2004. Methods of pretreatment for decrease of discomfortable odor of *Gastrodia elata* Blume. *J Eng Res* 35:135-140
- Kim HT, Park EJ. 2013. Change of major functional components of *Gastrodia elata* Blume with cultivation conditions and harvest times. *Korean J Med Crop Sci* 21:282-288
- Kim HY. 2014. Change of functional substances, gastrodin and p-hydroxybenzyl alcohol in the manufacturing of black *Gastrodia elata* Blume and fermented *Gastrodia elata* Blume. Master's Thesis, Chonbuk National Univ. Jeonju. Korea
- Kim JM, Moon YS, Yoon KY, Suh SG. 2010. Quality properties and preference of fermented *Gastrodia elata* Blume. *Kororean J Horti Sci Technol* 28:507-514
- Korean Statistical Information Service [KOSIS]. 2021. Korean Statistical Information Service. https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=114&tblId=DT_114_2012_S0095&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K1_38&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do [cited 4 July 2023]
- Lee YM. 1990. In *Oriental Medicine Dictionary*. p.814. Sammundang

- Lee YR, Kim KY, Lee SH, Kim MY, Park HJ, Jeong HS. 2012. Antioxidant and antitumor activity of methanolic extracts from *Humulus japonicus*. *Korean J Food Nutr* 25:357-361
- Li Y, Liu XQ, Liu SS, Liu DH, Wang X, Wang ZM. 2019. Transformation mechanisms of chemical ingredients in steaming process of *Gastrodia elata* Blume. *Molecules* 24:3159
- Ma J, Deng Y, Wang Y, Liu Q, An J, Li M, Song N, Zhang J, Cheng L, Ma, K. 2021. A comparative study on ingredient and efficiency difference between fresh and steamed *Gastrodia elata* Blume: An herbal material to a novel functional food. *J Funct Food* 82:104512
- Park JP, Chu HN, Kim JS, Kim KO, Lee SI, Jeong JK. 2014. A study of functional components antioxidant activity and sensory characteristics of *Gastrodiae* Rhizoma by steaming-drying cycles. *Korena J Herbol* 29:55-62
- Rocculi P, Romani S, Gómez Galindo, F, Dalla Rosa M. 2009. Effect of minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes: A review. *Food* 3:18-30
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *Am J Enol Vitic* 16:144-158
- Song YE, Choi SR, Song EJ, Seo SY, Lee IS, Han HA, Lee KK, Song YJ, Kim YH, Kim MK, Park SY. 2016. Quality characteristics of fermentation *Gastrodia elata* Blume by saccharifying methods. *Korean J Food Nutr* 29:698-705
- Song YE, Lee IS, Song EJ, Choi MK, Han HA, Shin SH, Choi SR, Lee KK, Kim MK, Park SY. 2017. Changes of off-odor constituent and parishin derivatives of fermentation of *Gastrodia elata* rhizome by lactic acid bacteria strains. *Korean J Food Nutr* 30:973-982
- Tang C, Wang L, Li J, Liu X, Cheng M, Xiao H. 2015. Analysis of the metabolic profile of parishin by ultra-performance liquid chromatography/quadrupole-time of flight mass spectrometry. *Biomed Chromatogr* 29:1913-1920
- Taniguchi H, Yosioka I, Yamasaki K, Kim IH. 1981. Studies on the constituents of *Gastrodia elata* Blume. *Chem Pharm Bull* 29:55-62
- Wang X, Wang H, Cao GS, Ma CJ, Xin YZ. 2018. Research and analysis of the dynamic changes of seven chemical compounds from *Gastrodia elata* affected by different steaming time spans. *Chin J Hosp Pharm* 38:595-598
- Wu Z, Gao R, Li H, Liao X, Tang X, Wang X, Su Z. 2022. How steaming and drying processes affect the active compounds and antioxidant types of *Gastrodia elata* Bl. *f. glauca* S. chow. *Food Res Int* 157:111277
- Xie YK, Li XY, Chen C, Zhang WP, Yu XL, Xiao HW, Lu FY. 2023. Effects of steam and water blanching on drying characteristics, water distribution, microstructure, and bioactive components of *Gastrodia elata*. *Plants* 12:1372
- Xie YK, Li XY, Zhang Y, Zheng ZA, Huang LQ, Liu DH, Xiao HW, Liu YH. 2021. Effects of high-humidity hot air impingement steaming on *Gastrodia elata*: Steaming degree, weight loss, texture, drying kinetics, microstructure and active components. *Food Bioprod Process* 127:255-265
- Yu SJ, Kim JR, Lee CK, Han JE, Lee JH, Kim HS, Hong JH, Kang SG. 2005. *Gastrodia elata* Blume and an active component, *p*-hydroxybenzyl alcohol reduce focal ischemic brain injury through antioxidant related gene expressions. *Biol Pharm Bull* 28:1016-1020
- Zhang B, Liu M, Liu G, Li D, Zhou B. 2021. Oral absorption mechanism of the polysaccharides from *Gastrodia elata* Blume base on fluorescence labeling. *Food Res Int* 144: 110342
- Zhang X, Ning Z, Ji D, Chen Y, Mao C, Lu T. 2015. Approach based on high-performance liquid chromatography fingerprint coupled with multivariate statistical analysis for the quality evaluation of *Gastrodia* Rhizoma. *J Sep Sci* 38:3825-3831
- Zhou J, Pu X, Yang Y, Yang T. 1983. The chemistry of *Gastrodia elata* BL. IV. The phenolic compounds of some Chinese species of *Gastrodia*. *Acta Botanica Yunnanica* 5:443-444

Received 13 November, 2023

Revised 06 February, 2024

Accepted 13 February, 2024