

지황의 건조 방법에 따른 무기성분, 환원당, Catalpol 및 Benzo[α]pyrene의 함량 변화

장준복* · 길기정* · 이건희* · 지윤선* · 김보람* · 강기현* · 김미리** · 송미란*** · 박종윤*** · 도은수*†

*중부대학교 한방제약과학과, **충남대학교 식품영양학과, ***충남금산군농업기술센터

Change of Inorganic Component, Reducing Sugar, Catalpol and Benzo[α]pyrene Contents of *Rehmannia glutinosa* Libosch. var. *purpurea* Makino by Drying Methods

Jun Pok Chang*, Gi Jung Kil*, Gun Hee Lee*, Yoon Sun Ji*, Bo Ram Kim*, Ki Hyun Kang*, Mee Ree Kim**, Mi ran Song***, Jong Yoon Park*** and Eun Soo Doh*†

*Department of Oriental Pharmaceutical Science, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea.

**Department of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

***Gumsan Ginseng & Medicinal Crop Experiment Station, CNARES, Chungnam 312-804, Korea.

ABSTRACT : This experiment was carried out in order to collect the basic data on the standardization of the manufacturing process of *Rehmannia glutinosa* Libosch. var. *purpurea* Makino drying. By the drying methods of *R. glutinosa*, the content of water, inorganic components, reducing sugar, catalpol and benzo[α]pyrene were investigated. The water content was 15.6~17.2% when *R. glutinosa* was dried by cold-warm air moisture absorption drying method (CAMAD) at 60 °C during 6 days. Among of the inorganic components of *R. glutinosa* the K content was the most followed by P, Na, Ca and Mg. The reducing sugar content of *R. glutinosa* by the hot air drying method (HAD) was much more than that by the CAMAD. The catalpol content of *R. glutinosa* was not different by the drying temperature when it was dried by the CAMAD. The catalpol content of the large size tuber (about 50.0 g/unit) showed a tendency to increase from 60 °C until 70 °C drying temperature, but that of the small size tuber(about 4.0 g/unit) was decreased as being a trend as the drying temperature high when *R. glutinosa* was dried by the HAD, But the catalpol content *R. glutinosa* had a tendency to drop significantly at drying temperature above 80 °C. The benzo[α]pyrene content was little detected when *R. glutinosa* was dried by both the SLD and the CAMAD, and the sampling by the HAD indicated within the scope of 5 μg/kg which was the scope to regulate by Korean food and drug administration. In conclusion, it seemed that an appropriate drying temperature of *R. glutinosa* by the CAMAD and the HAD was about 60 °C and about 70 °C, respectively, when we consider the catalpol content and benzo[α]pyrene detection in the manufacturing process of drying *R. glutinosa*.

Key Words : *Rehmannia glutinosa*, Inorganic Components, Reducing Sugar, Catalpol, Benzo[α]pyrene

서 언

지황 (*Rehmannia glutinosa* Libosch. var. *purpurea* Makino 또는 동속식물의 뿌리)은 현삼과 (Scrophulariaceae)에 속하는 다년생 속근초로 잎은 긴 타원형으로 주름이 많고 흰색의 부드러운 잔털이 밀생하고 있다 (Park *et al.*, 2002). 중국이 원산지로서 국내에서도 재배되고 있으며, 충남 금산, 경북 군위, 전남 화순, 충북 제천 등지에서 많이 재배되고 있다. 2009년을 기점으로 국내 건강보조식품 제조회사 및 소비자의 국내산 고 품질 지황의 선호도 증가로 최근 재배면적이 100 ha 이상으로

증가하고 있는 추세이다 (You *et al.*, 2011). 지황 뿌리의 신선한 것을 생지황, 건조시킨 것을 건지황, 찌서 말린 것을 숙지황이라고 하며 (Hong *et al.*, 1993 ; Hwang *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2006; Shih *et al.*, 1999), 한방에서 지황은 포제방법에 따라 성미 (性味)와 효능이 다르기 때문에 임상에서는 구별하여 이용되는데, 생지황은 청열생진 (淸熱生津), 양혈지혈 (涼血止血)의 효능이 있으며, 건지황은 청열양혈 (淸熱涼血), 자음생진 (滋陰生津)의 효능이 있고, 숙지황은 자음보혈 (滋陰補血), 익정진수 (益精填髓)의 효능이 있다 (Takagi *et al.*, 1982; Tang and Eisenbrand, 1992; Zhang

†Corresponding author: (Phone) +82-41-750-6722 (E-mail) esdoh@joongbu.ac.kr

Received 2011 November 11 / 1st Revised 2011 December 13 / 2nd Revised 2011 December 22 / Accepted 2011 December 22

et al., 2008). 일반적으로 생지황은 저장, 보관 등 안정성 확보에 어려움이 있어 이를 건조시킨 건지황이 일반적으로 널리 임상에 이용되고 있다. 숙지황의 약성 및 효능이 생지황 및 건지황과 차이가 나는 것은 그 제조과정에서 함유성분의 함량 및 성상이 변화되기 때문인 것으로 알려져 있다. 지황의 주성분은 iridoid로서 rehmaglucin A, B, C 및 D, iridoid 배당체로서 catalpol, dihydrocatalpol, aucubin, leonuride, melittoside, rehmannioside A, B, C 및 D 등, 당류로서 raffinose, mannatriose 등 그리고 lysine, histidine 등의 아미노산과 β -sitosterol과 stigmasterol 등이 알려져 있고, 성분 중 catalpol은 생지황 및 건지황의 품질관리를 위한 지표물질로 이용되어 왔다 (Nishimura et al., 1990; Kim et al., 2000; Morota et al., 1989; Nishimura et al., 1989; Oshio & Inouye, 1981; Sasaki et al., 1989; Shoyama et al., 1986; Shoyama et al., 1987; Takagi et al., 1982). 또한 최근 Lee 등 (2011)은 국내산 지황으로부터 β -sitosterol을 비롯한 24종의 화합물을 분리한 바 있다. 생지황과 유사한 화학적 성상을 지닌 건지황의 제조는 매우 중요하다. 지황의 품질에 관해서는 여러 연구자들에 의하여 검토되었으나 당류가 많기 때문에 짙은 유연하며 점성이 있고 흡습성이 강하여 품질의 변동이 매우 많은 것으로 알려져 있다. 특히 지황의 지표물질인 catalpol 함량은 생지황, 건지황 등에 따라 다를뿐만 아니라 산지나 건조방법 등에 따라 현저한 차이가 있으며, 시중에 유통되고 있는 건지황 중의 catalpol 함량은 시료에 따라 심한 편차를 보이고 일부의 건지황에서는 거의 검출되지 않고 있다 (Kim et al., 2000). 특히 지표성분 catalpol은 효소나 열에 의하여 분해되기 쉬운 것으로 알려져 있으며, 건지황의 함량 차이는 제조할 때 찌지 않고 그대로 건조하거나 찌서 건조하는 제조과정 및 건조방법 등의 차이에 기인하는 것으로 알려져 있다 (Kim et al., 2000; Oshio et al., 1984). 그러나 건지황의 제조과정에서 건조기를 활용하여 건조할 경우 어느 정도의 온도에서 얼마 동안 건조할 것인지 등 표준화된 공정이 아직 설정되지 않은 채 시중에 유통되고 있어 안전성의 문제가 대두되고 있다. 그러므로 지황의 주성분인 catalpol 함량 유지와 benzo[α]pyrene 으로부터의 안전성을 고려한 건지황 제조공정의 표준화가 필요한 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 현재 농가에서 활용하고 있는 냉온풍제습건조기와 열풍건조기를 활용하여 catalpol 함량 등 성분의 변화, benzo[α]pyrene 함량 등을 조사하여 농가에서 안전하게 건지황을 제조할 수 있는 제조 공정 표준화를 위한 기초적 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 건조기기

본 실험에 사용한 지황은 2010년 충남 금산군 농업기술센

터 특화작목에서 시험 재배한 품종으로 중부대학교 한방제약 과학과에서 감정하여 사용하였다. 생지황 시료는 크기별 (대 : 약 50 g/개, 소 : 약 4 g/개)로 나누어 건조하였으며, 건조를 위해 냉온풍제습건조기[주]세진플랜트, 한국]와 열풍건조기[주]중앙정밀, 한국]를 사용하였다.

2. 수분함량

생지황을 크기별로 각각 200 g씩을 취하여 냉온풍제습건조기 ($45 \pm 1^\circ\text{C}$)에 넣고 6일 동안 매일 중량을 측정하여 수분함량을 구하였다.

3. 무기성분 분석

생지황을 크기별로 나누어 냉온풍제습건조기 ($60 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 6일간, 열풍건조기 ($80 \pm 1^\circ\text{C}$)에서 2일간 그리고 비닐하우스에서 60일간 건조하였다. 건조된 지황을 70% EtOH와 H₂O로 추출하여 동결건조한 지황 시료 1g에 습식분해액 (HNO₃: H₂SO₄: HClO₄ = 10:1:4) 25 mL를 넣어 시료가 완전히 분해되어 잔사가 남지 않을 때까지 냉각관을 장치하여 최소 3시간 heating mantle로 끓인 후 whatman No.5 여과지를 이용하여 증류여과로 잔사를 분리하였다. 증류수를 넣어서 여액이 최종적으로 100 mL가 되게 희석하고, 최종 희석액 1~2 mL을 ICP spectrometer (OPTIMA 5300 DV, Perkin Elmer)에 투입하여 함유된 칼슘, 인, 아연, 철, 나트륨 등 11가지의 원소의 함량을 다음 식에 의해 계산하였으며, 분석에 사용된 ICP-MS의 분석 조건은 Table 1과 같다.

$$\text{원소의 농도 (mg/g)} = \frac{C \times V}{Ms}$$

C: 측정된 원소의 농도, mg/L

V: 분해된 용액의 최종부피, mL

Ms: 시료의 전건 중량, g

4. 환원당 정량

생지황 시료는 냉온풍제습건조기를 이용하여 40, 45, 50, 55, 60°C에서 6일간, 열풍건조기를 이용하여 60, 65, 70°C에서 2일간, 그리고 비닐하우스내에서 60일간 자연일광 건조하였다. 건조한 지황을 70% EtOH와 H₂O로 추출하여 동결건조한 다음 DNS법 (Dubois et al., 1956)으로 환원당 함량을 측정하였다. 즉, 지황분말시료 1g을 증류수 100 mL에 정용하여 시료액을 제조하였다. 시료액 1 mL에 DNS 시약 3 mL을 혼합하여 끓는 물에서 5분간 반응시키고, 얼음물에서 15분간 급속 냉각하였다. 반응액은 증류수를 가하여 25 mL로 정용한 후 UV/Vis-spectro-photometer (Shimadzu mini-1240, Tokyo, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선을 이용하여 환원당량을 계산하였다. 환원당 함량의 검량선은 glucose를 이용하여 작성하였다.

Table 1. Analysis condition of ICP-MS.

Content	Values
Plasma Flow	16.5 L/min
Forward power	1.35 kW
Auxiliary Flow	0.6 L/min
Nebulizer Flow	0.78 L/min
Solution uptake rate	0.6 mL/min
Spray chamber temperature	15°C
Detector mode	Pulse
Replicate integrations	5
Mass range	8-240 amu
Dwell Time	320 us
Number of scan sweeps	85
Spectrometer Unit	Torch unit-quartz plasma torch
Gas controller	Three flow lines
- cooling gas	2.0~20 L/min
- plasma gas	0.2~1.4 L/min
- Carrier gas	0.2~1.5 L/min
Radio Frequency(RF)	27.12 MHz \pm 0.05%
power generator	0.008 nm (range 160~320 nm)
Resolution :	0.018 nm (320~800 nm)
	0.004 nm (670~850 nm)

5. Catalpol 함량분석

생지황 시료는 냉온풍제습건조기를 이용하여 40, 45, 50, 55, 60°C에서 6일간, 열풍건조기를 이용하여 60, 65, 70°C에서 2일간, 그리고 비닐하우스내에서 60일간 자연일광 건조하였다. Catalpol 함량분석은 Zhu 등 (2003)의 연구 방법에 따라서 최적의 조건을 선정하였다. 생지황을 건조방법 및 건조온도 별로 건조한 지황을 분말화한 후 2g을 취하여 30% 메탄올 100 mL를 넣고 충분히 혼합한 다음 2시간 동안 초음파 진탕 추출하였다. 추출액을 여과 (filter paper No.4)한 후 여과액을 13,000 rpm에서 10분간 원심분리한 상정액을 syringe filter (0.45 μ m)로 여과하여 기기분석에 사용하였다. Catalpol 함량 분석은 HPLC (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 이동상의 조건은 1% acetonitrile, 유속은 1 mL/min로 하였고, HPLC column은 Agilent TC-C₁₈ (Analytical, 4.6 \times 150 mm, 5 μ m, Agilent, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였다. Sample injection volumn은 10 μ L로 하였고 검출기는 UV detector를 사용하였으며, 분석파장은 206 nm로 측정하였다.

6. Benzo[α]pyrene 함량 분석

생지황 시료는 냉온풍제습건조기를 이용하여 40, 45, 50, 55, 60°C에서 6일간, 열풍건조기를 이용하여 60, 65, 70, 80, 90, 100°C에서 2일간, 그리고 비닐하우스내에서 60일간 자연 일광 건조하였다. 지황의 benzo[α]pyrene 함량은 식품의약품 안전청 (2007) “건강기능식품 중 benzo[α]pyrene 시험지침”에 근거하여 다음과 같이 분석하였다. 건조된 지황 약 500~600 g을 분쇄하고 균질하게 잘 혼합하여 약 5.0 g을 정밀하게 측정

하여 적당한 용기에 담고 물 100 mL를 넣은 후 90 분간 초음파 추출하였다. 여기에 hexan 약 100 mL 및 내부표준액 1 mL을 넣어 homogenizer로 5 분간 균질하게 섞은 다음 30분 간 초음파 추출하였다. hexan층을 분액 깔대기에 옮기고 다시 물층에 hexan 약 50 mL씩을 넣고 2회 반복하여 진탕 추출한 후 hexan층을 취하여 분액 깔대기에 합하였다. 합한 hexan층에 물 약 50 mL를 넣어 세척하고, 이 hexan층을 무수황산나트륨을 넣은 여과지를 사용하여 탈수 여과한 다음 45°C의 수욕상에서 감압 (약 700 mmbar)하여 hexan 약 2 mL가 될 때까지 농축하였다. Florisil cartridge는 미리 디클로로메탄 10 mL 및 hexan 20 mL를 순서대로 초당 2~3 방울의 속도로 유출시켜 활성화시킨 후 사용하였다. 활성화된 cartridge에 위의 추출용액을 넣어 hexan·디클로로메탄 혼합액 (3 : 1) 20 mL를 초당 2~3 방울의 속도로 용출시켰다. 이 용출된 액을 35°C 이하의 수욕상에서 질소가스 하에 날려 보낸 후 잔류물을 acetonitrile 1 mL에 녹인 다음 공경 0.45 μ m 이하의 membrane filter로 여과하여 검액으로 하였다. 따로 benzo[α]pyrene 표준품 및 3-메틸콜란트렌 표준품 적당량을 정밀하게 달아 각각 acetonitrile에 녹여 mL당 1 μ g을 함유하는 표준원액 및 내부표준원액을 만들었다. 이 표준원액 및 내부표준원액은 5~15°C에서 저장하며 30일 이내에 사용하였다. 이 표준원액과 내부표준원액 적당량을 정확하게 취하여 acetonitrile로 mL당 3, 5, 10, 20 및 40 ng의 benzo[α]pyrene과 각각 50 ng의 내부표준물질이 함유 되도록 희석하여 표준액으로 하였다. Benzo[α]pyrene 함량 분석을 위한 장비는 Waters HPLC Alliance 2695/2475 FLD (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. 이동상은 Acetonitrile/Water gradient, Flow는 0.4 mL/min, column은 Capcell Pak (2.1 \times 250 mm, 5 μ m, Shiseido, Japan)을 사용하였고, column 온도는 40°C, Sample injection volumn은 10 μ L로 하였으며, 검출기는 UV detector를 사용하였고 분석파장은 들뜸파장 (λ_{em}) = 294 nm, 형광파장 (λ_{ex}) = 404 nm로 하여 측정하였다.

7. 통계분석

분석결과는 3회 반복 측정치의 평균 \pm 표준편차로 표시하였고, 평균값의 P < 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test (DMRT)에 의하여 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

1. 수분함량

지황의 건조일수에 따른 수분함량은 Table 2에 나타내었다. 냉온풍제습건조기를 활용하여 45 \pm 1°C에서 6일간 수분함량을 조사한 결과, 건조 6일 후에 괴경이 큰 것은 17.2%, 작은 것은 15.6%로 나타났다. 지황의 건조일수와 수분함량은 직선적

Table 2. Water content of *R. glutinosa* by drying periods.

Drying periods (days)	Water content (%)	
	L	S
1	41.8±1.30	28.7±0.90*
2	28.1±0.60	21.8±0.70
3	24.6±1.30	20.4±1.70
4	21.9±0.40	18.9±1.60
5	19.8±1.70	17.3±1.20
6	17.2±0.80	15.6±0.90

*All values were mean±SD (n = 3).
L : large tuber (about 50.0 g/unit), S : small tuber(about 4.0 g/unit).
Drying methods and temperature : cold-warm air moisture absorption drying, 45 ± 1°C.

관계가 성립하므로 Table 2에서 보는 바와 같이 45 ± 1°C에서는 수분함량이 15% 정도에 도달하기 위해서는 적어도 6일 이상이 소요될 것으로 판단되며, 건조일수를 짧게 하기 위해서는 건조온도를 상향하는 것이 바람직할 것으로 판단되나 이는 주성분인 catalpol 함량이나 benzo[α]pyrene 함량과 함께 고려하여야 할 것으로 생각된다.

2. 무기성분 함량

지황의 무기질함량의 측정결과를 Table 3에 나타내었다. 지황의 무기성분 함량은 K이 5.29~12.68 mg/g으로 가장 높았고, Ca 0.05~1.20 mg/g, Mg 0.04~0.38 mg/g, Na 0.62~1.54 mg/g, P 0.67~2.78 mg/g, Se 0.03~0.06 mg/g으로 K > P > Na > Ca > Mg의 순이었다. K, P 및 Na의 경우 냉온풍제습건조나 열풍건조가 자연일광건조 보다 무기성분 함량이 높게 나타났으며, 건조방법별로 약간 다르지만 괴경의 크기에 따라서도 함량에 차이가 있는 것으로 나타났다. 또한 추출용매에 따라서는 물 추

출물이 70% EtOH 추출물보다 일반적으로 무기성분의 함량이 높게 나타내었다. 그러나 그 외의 성분들은 건조방법이나 추출방법 및 괴경의 크기에 따른 뚜렷한 차이는 없는 것으로 판단된다.

3. 환원당 함량

식물체 중에 존재하는 여러 종류의 당질은 화학적으로 크게 환원당과 비환원당으로 나누어지며, 환원당은 약재 및 식품의 품질변화나 갈변현상 등과 관계가 깊다 (Lee et al., 2006). 지황의 건조조건에 따른 환원당 함량은 Table 4와 같다. 70% EtOH 추출물의 경우 괴경이 큰 것은 냉온풍제습건조나 열풍건조 모두 건조온도가 높아질수록 환원당함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 괴경의 크기에 따른 환원당 함량에 차이가 없는 것으로 판단된다. 한편, 물 추출물의 경우 환원당 함량은 자연일광건조가 가장 높았고 열풍건조, 냉온풍제습건조의 순으로 나타내었다. 70% EtOH 추출물의 경우와는 달리 냉온풍제습건조시에는 낮은 온도에서 환원당함량이 높은 경향이었으며, 괴경의 크기에 따라서도 함량에 차이가 있었다. 열풍건조가 냉온풍제습건조 보다 환원당 함량이 높았는데, 이는 건조방법별로 건조온도의 차이에 기인한 것으로 추측된다,

4. Catalpol 함량

Catalpol은 생지황과 건지황의 지표성분으로 알려져 있다 (Hwang et al., 2001). 지황의 건조조건에 따른 catalpol함량은 Table 5에 나타내었다. Catalpol함량은 냉온풍제습건조의 경우 괴경이 큰 경우 건조 온도에 따른 차이는 없는 것으로 판단된다. 또한 괴경의 크기가 작은 경우에는 건조온도에 따라 약간의 차이는 있으나 일정한 경향을 나타내지 않았다. 열풍건조시 catalpol함량은 괴경이 큰 경우는 70°C까지는 건조온도가

Table 3. Inorganic components of *R. glutinosa* by drying methods.

Drying methods	Ext. sol.	Size	Inorganic components (mg/g)										
			K	Ca	Mg	Na	Cu	Mn	Fe	Zn	Al	P	Se
CAMAD	70% EtOH	S	7.24	0.34	0.04	1.12	-	-	1.49	-	0.13	1.10	0.06
		L	5.29	0.05	0.15	0.73	-	-	-	-	-	0.70	0.03
	H ₂ O	S	11.68	0.12	0.34	0.62	-	-	-	-	-	2.27	0.03
		L	7.25	0.23	0.17	0.68	-	-	-	-	-	1.10	0.03
HAD	70% EtOH	S	5.96	0.09	0.21	1.54	-	-	0.17	-	-	1.86	0.04
		L	8.71	1.14	0.38	1.44	-	-	0.90	-	-	1.85	0.03
	H ₂ O	S	8.69	0.14	0.36	1.01	-	-	-	-	-	2.78	0.03
		L	12.68	0.21	0.33	0.84	-	-	0.02	-	-	2.70	0.03
SLD	70% EtOH	S	5.99	1.20	0.15	0.84	-	-	-	-	-	1.17	0.03
		L	5.73	0.28	0.24	0.76	-	-	-	-	-	0.67	0.03
	H ₂ O	S	8.66	0.68	0.17	1.18	-	-	-	-	-	1.94	0.05
		L	7.78	0.53	0.25	0.65	-	-	-	-	-	1.20	0.03

L : large tuber (about 50.0 g/unit), S : small tuber (about 4.0 g/unit).
CAMAD : Cold-warm air moisture absorption drying for 6 day, 60°C, HAD: Hot air drying for 2 day, 60°C, SLD: Sun light drying for 60 day.

건조에 따른 지황의 성분변화

Table 4. Reducing sugar content of *R. glutinosa* by drying methods.

Drying method	Ext. sol.	Temp. (°C)	Reducing sugar content (%)	
			L	S
CAMAD	70% EtOH	40	8.41±0.19 ^b	8.52±0.00 ^{*,b,**}
		45	7.52±0.00 ^d	7.59±0.06 ^c
		50	8.15±0.11 ^{bc}	8.56±0.06 ^b
		55	7.93±0.17 ^c	9.07±0.10 ^a
		60	9.70±0.11 ^a	8.67±0.11 ^b
HAD	70% EtOH	60	8.71±0.23 ^b	9.85±0.19 ^a
		65	8.85±0.33 ^b	9.59±0.16 ^a
		70	10.59±0.17 ^a	9.48±0.16 ^a
SLD	70% EtOH	-	7.69±0.19	8.71±0.17
CAMAD	H ₂ O	40	13.01±0.06 ^a	13.41±0.11 ^a
		45	8.41±0.22 ^c	10.86±0.12 ^b
		50	8.19±0.00 ^c	9.37±0.06 ^c
		55	8.52±0.00 ^b	10.97±0.59 ^b
		60	8.98±0.17 ^b	8.81±0.31 ^c
HAD	H ₂ O	60	10.97±0.11 ^b	10.97±0.11 ^b
		65	10.04±0.28 ^c	11.48±0.27 ^b
		70	12.37±0.06 ^a	15.59±0.34 ^a
SLD	H ₂ O	-	13.74±0.11	10.48±0.12

*Values express as mean±SD (n = 3).

L : large tuber (about 50.0 g/unit), S : small tuber (about 4.0 g/unit).

CAMAD : Cold-warm air moisture absorption drying for 6 day, HAD: Hot air drying for 2 day, SLD : Sun light drying for 60 day.

**Values within in columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

Table 5. Catalpol content of *R. glutinosa* by drying methods.

Drying methods	Temp. (°C)	Catalpol content (mg/g)	
		L	S
CAMAD	40	21.77±1.78 ^a	21.63±0.24 ^{*,ab,**}
	45	20.44±0.57 ^a	22.23±1.39 ^{ab}
	50	22.27±0.36 ^a	22.74±0.09 ^a
	55	24.05±2.48 ^a	20.20±1.09 ^b
	60	22.33±0.58 ^a	20.27±0.84 ^{ab}
HAD	60	21.86±0.69 ^b	24.12±1.31 ^a
	65	23.24±1.13 ^b	20.19±1.84 ^b
	70	25.91±0.57 ^a	20.25±0.74 ^b
	80	14.12±0.04 ^c	14.27±0.44 ^c
	90	4.69±0.56 ^d	9.09±0.29 ^d
SLD	100	0.12±0.03 ^e	1.68±0.21 ^e
		20.42±1.36	21.38±0.70

*Values express as mean±SD (n = 3).

L : large tuber (about 50.0 g/unit), S : small tuber (about 4.0 g/unit).

CAMAD : Cold-warm air moisture absorption drying for 6 day, HAD : Hot air drying for 2 day, SLD : Sun light drying for 60 day.

**Values within in columns having the same letters are not significantly different at the 0.05 level as determined by DMRT.

높아질수록 많아졌으나, 괴경이 작은 경우에는 건조온도가 높아질수록 오히려 감소하는 경향이였다. 열풍건조시 괴경의 크기와 관계없이 80°C 이상에서는 catalpol 함량이 급격히 감소

하는 것을 알 수 있었으며, 그러므로 80°C 이상의 온도에서 catalpol이 파괴되는 것으로 생각된다. Song 등 (2007)의 연구에서 열처리 온도와 시간이 증가함에 따라 catalpol 함량은 감

Table 6. Benzo[a]pyrene content of *R. glutinosa* by drying methods.

Drying methods	Temp. (°C)	BaP (µg/kg)		Color
		L	S	
CAMAD	40	0.022±0.003	0.050±0.001*	Light brown
	45	0.018±0.001	0.056±0.001	Light brown
	50	0.033±0.002	0.050±0.002	Light brown
	55	0.033±0.001	0.076±0.001	Light brown
	60	0.030±0.002	0.052±0.002	Light brown
HAD	60	0.093±0.010	0.065±0.002	Dark brown
	65	0.126±0.016	0.367±0.011	Dark brown/brown
	70	0.189±0.007	0.221±0.010	Dark brown/brown
	80	0.139±0.007	0.089±0.005	Dark brown
	90	0.098±0.004	0.105±0.011	Dark brown
100	0.125±0.012	0.153±0.013	Dark brown	
SLD	-	0.000±0.000	0.000±0.000	Dark brown

*Values express as mean±SD (n = 3).

L : large tuber (about 50.0 g/unit), S : small tuber (about 4.0 g/unit).

CAMAD : Cold-warm air moisture absorption drying for 6 day, HAD : Hot air drying for 2 day, SLD : Sun light drying for 60 day.

소한다고 보고하였다. 또한 지황은 열처리하는 과정에서 catalpol이 파괴되어 감소한다고 하였다 (Lee and Seo, 2004; Shih *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2005). 본 실험에서도 열풍 건조의 온도에 따라 catalpol 함량이 감소하여 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 지황의 건조온도는 catalpol 함량만을 기준으로 할 때는 냉온풍제습건조시에는 50~60°C, 열풍건조시에는 65~70°C로 조정하여 건조하는 것이 적절할 것으로 생각된다.

5. Benzo[α]pyrene 함량

내분비계장애물질로 알려진 대표적 PAHs 화합물 중 하나인 벤조피렌 (benzo[α]pyrene)은 최근 국제암연구소 (LARC: International Agency for Research on Cancer)에서 Group 1의 인체 발암물질로 분류하고 있다 (Hu *et al.*, 2008). PAHs의 일종인 벤조피렌은 황색의 결정성 고체로 300~600°C의 온도에서 불완전연소 할 때 생성되어 체내에서 암, 돌연변이, reproductive disorders, systemic toxicity, endocrine disruption 등을 유발하는 화학물질로 보고되고 있다 (U.S. EPA METHOD, 1999). 식품 중 벤조피렌은 주로 음식을 고온에서 조리, 가공 시 탄수화물, 단백질 및 지방의 탄화에 의해 생성되며, 농산물 등 조리, 가공하지 않은 식품에도 존재한다 (Kim and Lee, 2009). 지황의 건조조건에 따른 benzo[α]pyrene 함량은 Table 6에 나타내었다. 냉온풍제습건조법으로 40~60°C, 열풍건조법으로 60~100°C 그리고 자연일광에서 건조하였으며, 건조 조건별 벤조피렌 함량은 각각 0.018±0.001~0.076±0.001 µg/kg, 0.065±0.002~0.367±0.011 µg/kg, 무검출로 나타나 괴경의 크기 및 온도와 관계없이 벤조피렌함량은 모두 식품공전기준인 5.0 µg/kg (5 ppb)에 훨씬 미달되어 안전한 것으로 판단된다.

감사의 글

농촌진흥청 2010년도 지역농업 특성화 기술 지원연구과제로 수행한 연구의 일부로 이에 감사드립니다.

LITERATURE CITED

- Dubois MK, Gilles KA, Hamilton JK, Roberts PA and Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28:350-356.
- Hong SP, Kim YC, Kim KH, Park JH and Park MK. (1993). Characteristic component of *Rehmanniae radix preparata* compared to *Rehmanniae radix* and *Rehmanniae radix crudus*. *Analytical Science & Technology*. 6:401-404.
- Hu SJ, Jin SH and Choi DG. (2008). Analysis of benzo[α]pyrene in red ginseng beverage. *Journal of Food Hygiene and Safety*. 23:26-30.
- Hwang SY, Hwang BY, Choi WH, Jung HJ, Huh JD, Lee KS and Ro JS. (2001). Quantitative determination of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde in the *Rehmanniae radix preparata* samples at various processing stages. *The Korean Society of Pharmacognosy*. 32:116-120.
- Kim DS and Lee KB. (2009). Changes in benzo[a]pyrene content during processing of corn oil. *Korean Journal of Food Preservation* 16:75-81.
- Kim JW, Choi HY, Cho JH, Ahn DK, Yook CS, Byun MW, Lee J, Im MH and Kim DH. (2005). Studies on the stability of catalpol components and genotoxic safety of γ-irradiated *Rehmanniae radix crude*. *The Korean Society of Pharmacognosy*. 35:75-80.
- Kim NJ, Jung EA, Kim HJ, Sim SB and Kim JW. (2000). Quality evaluation of various dried roots of *Rehmannia*

- glutinosa*. The Korean Society of Pharmacognosy. 31:130-141.
- Lee CK and Seo JM.** (2004). Changes of the constituents in the *Rehmanniae radix preparata* during processing. Journal of Food Science and Nutrition. 33:1748-1752.
- Lee GB, Yang JB and Ko MS.** (2006). Food Analysis. Yuhansa. Seoul, Korea. p. 175-176.
- Lee SY, Yean MH, Kim JS, Lee JH and Kang SS.** (2011). Phytochemical studies on *Rehmanniae Radix*. The Korean Society of Pharmacognosy. 42:127-137.
- Morota T, Sasaki H, Nishimura H, Sugama K, Chin M and Mitsuhashi H.** (1989). Two iridoid glycosides from *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry. 28:2149-2153.
- Nishimura H, Sasaki H, Morota T, Chin M and Mitsuhashi H.** (1989). Six iridoid glycosides from *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry. 28:2705-2709.
- Nishimura H, Sasaki H, Morota T, Chin M and Mitsuhashi H.** (1990). Six glycosides from *Rehmannia glutinosa* var. *purpurea*. Phytochemistry. 29:3303-3306.
- Oshio H and Inouye H.** (1981). Iridoid glycosides of *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry. 21:133-138.
- Oshio H, Naruse Y and Inouye H.** (1984). Quantitative analysis of iridoid glycoside of *Rehmanniae radix*. Shoyakugaku Zasshi. 35:291-294.
- Park NK, Kim SL, Hur HS and Park CH.** (2002). Development of *R. radix preparata* with new variety "Jiwhang 1". The Korean Society of International Agriculture. 14:3-39.
- Sasaki H, Nishimura H, Chin M and Mitsuhashi H.** (1989). Hydroxycinnamic acid esters of phenethylalcohol glycosides from *Rehmannia glutinosa* var. *purpurea*. Phytochemistry. 28:875-879.
- Shih CK, Son YJ and Lee YJ.** (1999). Changes in the carbohydrate contents of *Rehmanniae Radix* during processing. The Korean Association of Herbology. 14:1-11.
- Shoyama Y, Matsumoto M and Nishioka I.** (1986). Four caffeoyl glycosides from callus tissue of *Rehmannia glutinosa*. Phytochemistry. 25:1633-1636.
- Shoyama Y, Matsumoto M and Nishioka I.** (1987). Phenolic glycosides from diseased roots of *Rehmannia glutinosa* var. *purpurea*. Phytochemistry. 26:983-987.
- Song DS, Woo KS, Seong NS, Kim KY, Jeong HS and Lee HB.** (2007). Changes in quality of *Rehmanniae radix preparata* with heating conditions. Journal of Food Science and Nutrition. 36:773-778.
- Takagi K, Kimura M, Harada M and Otsuka Y.** (1982). Pharmacology of medicinal herbs in east asia. Nanzando company Limited. Tokyo, Japan. p.74-75.
- Tang W and Eisenbrand G.** (1992). Chinese drugs of plant origin. Springer-Verlag. Berlin, Germany. p.849-854.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1998). 610-Polycyclic aromatic hydrocarbons: Methods for organic chemical analysis of municipal and industrial waste water. Washington, U.S. EPA. p. 849-854.
- You BR, Kim HR, Kim HJ, Lee JY, Lee SY, Song MR, Park JY and Kim MR.** (2011). Catalpol content and antioxidant activities in various cultivars of *Rehmannia glutinosa*. Journal of Food Science and Nutrition. 40: 481-485.
- Zhang RX, Li MX and Jia ZP.** (2008). *Rehmannia glutinosa*: Review of botany, chemistry and Pharmacology. The Journal of Ethnopharmacology. 117:199-214.
- Zhu Mei-fen, Hong SP, Kim CS and Lee JH.** (2003). Determination methods of *Rehmanniae Radix* by HPLC. The Korean Association of Herbology. 18:203-209.