

추출 온도와 시간이 옷나무 추출물의 항산화활성에 미치는 영향

박혜진 · 윤건목 · 이상훈 · 장귀영 · 김민영 · Li Meishan · 이준수 · 정현상[†]

충북대학교 식품공학과

Effects of Extraction Temperature and Time on Antioxidant Activities of *Rhus verniciflua* Extract

Hye Jin Park, Gun Mook Yoon, Sang Hoon Lee, Gwi Yeong Jang, Min Young Kim, Li Meishan, Junsoo Lee, and Heon Sang Jeong[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

ABSTRACT *Rhus verniciflua* was extracted at different temperatures and times, and the extracts were evaluated for contents of total phenolics and flavonoids, and antioxidant activities using DPPH and ABTS radical scavenging activities. Extraction temperatures and times were 80, 100, 120, 140 and 160°C, and 1, 3 and 5 hr. The total phenolic and flavonoid contents as well as antioxidant activities by DPPH and ABTS increased as the extraction temperature increased. The total phenolic contents did not significantly increase at less than 100°C with different extraction times. However, they were increased at 3 hr and decreased at more than 120°C. The total flavonoid contents reached a high value of 8.04 mg CE/g at 140°C. The antioxidant activity by DPPH increased as the extraction temperature increased and reached high values of 34.28 mg TE/g at 140°C. The total antioxidant activity by ABTS was similar to DPPH. These results presumed that the optimum extraction temperature and time in the process of *Rhus verniciflua* extraction are 140°C for 3 hr.

Key words: *Rhus verniciflua*, extraction temperature and time, polyphenol, flavonoide, antioxidant activity

서 론

옷나무과(Anacardiaceae)에 속하는 옷나무(*Rhus verniciflua*)는 원산지는 중앙아시아 고원지대이며 세계적으로 약 600여종이 존재하고 중국, 일본 등 동북아시아에서 많이 자라는 낙엽교목으로 이 수액을 옷 또는 건칠(*Rhus verniciflua* Stokes)이라 하여 한방에서는 구충, 복통, 통경, 변비 등의 약제로 사용되며, 그 외에도 도료 및 공업용으로 사용되고 있다(1). 또한 생체기능을 조절하는 유용한 성분을 함유하고 있어서 건강유지에 유익하다고 알려졌으며 일반성분으로 urushiol, gallic acid, butin, sulfuretin, garbanzol, fisetine 등이 밝혀졌다(2,3).

국내에 자생하고 있는 *Rhus*속 식물에는 옷나무(*Rhus verniciflua* Stokes), 개옷나무(*Rhus trichocarpa* Miq.), 검양옷나무(*Rhus succedanea* L.), 산검양옷나무(*Rhus sylvestris* Sieb. et Zucc.), 덩굴옷나무(*Rhus ambigua* Lav.), 오메자나무(*Rhus chinensis* Mill. *Rhus javanica* L.) 등 6종이 있다(4). 옷나무는 예로부터 한방에서 수액이 위장의 소화, 간의 어혈 및 심장의 정혈 기능을 도와주며, 당뇨병, 부인

병, 구충, 복통 및 빈혈의 치료에 효과가 있다고 하여 약재로서 많이 사용하였다(5-8). 한편 최근 식품 및 천연물 자원으로 부터 생리활성 물질의 검색 및 그 작용기전에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이러한 규명을 통해 천연물을 이용한 의약품 및 기능성 식품으로 개발하고 활용하려는 의도가 중요하게 논의되고 있다(9).

식품의 열처리 가공은 식품가공이나 조리 시 가열하는 조작으로 살균이나 멸균, 효소반응의 정지, 식품성분의 열변성을 일으키기 위해서 가열하는 작업으로 식품의 저장수명을 연장시키고 품질을 향상시키기 위하여 사용되지만 열처리 가공 중 열에 민감한 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등의 문제점들이 발생되어 제한적으로 사용되고 있다. 하지만 최근에 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성이 증가한다는 연구가 진행되고 있으며, 이러한 생리활성물질 대표적인 물질이 폴리페놀이다(10). 열처리에 따른 페놀성 물질 함량 증가 원인은 식물체에 배당체로 존재하는 페놀성 물질이 불용성 성분으로부터 유리되기 때문이며, 항산화활성의 증가 요인은 열처리 시 항산화활성을 갖는 페놀성 물질의 증가와 비효소적 갈변반응인 maillard 반응의 중간 생성물 중 일부가 항산화활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(11).

본 연구에서는 다양한 생리활성 성분들을 함유하고 있으며, 그 효능 또한 다양하여 식품소재로서의 응용이 기대되어

Received 30 July 2013; Accepted 11 September 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr, Phone: 82-43-261-2570

지는 작물인 옷나무를 식품 용도 또는 식품 소재로 활용할 수 있는 기초 자료로 제공하고자 추출 조건에 따른 항산화활성을 비교하여 효율적인 추출 조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용한 옷나무는 충북 옥천군에서 유통되는 우루시율이 제거된 수피(bark), 목질부(xylem) 및 옷나무 전체를 구입한 후, 20 mesh로 분쇄하여 실험재료로 사용하였다.

추출물 제조

옷나무 부위별 시료에 중량 대비 20배의 증류수(w/v)를 첨가한 다음 식품열처리 장치(JISCO, Seoul, Korea)를 이용하여 80, 100, 120, 140 및 160°C에서 1, 3 및 5시간 동안 추출하였다. 대조군으로는 초음파 추출기(Ultrasonic cleaner, SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)로 실험실에서 추출하였다. 추출액은 감압여과(Whatman No.4, Maidstone, UK)한 후 정용하여 분석용 시료로 사용하였다.

총 페놀 함량 측정

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 페놀 함량은 Dewanto 등(12)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 즉 각 추출물 100 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치시킨 다음 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 100 µL를 가하고 30분간 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 총 페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 150 µL를 가하고 6분간 방치한 후 1 M NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin hydrate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성한 후 총 플라보노이드 함량은 시료 g 중의 mg catechin equivalent(CE)으로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성 측정

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 항산화활성을 측정하기 위하여 전자공여능(electron donating ability,

EDA)은 Choi 등(14)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma-Aldrich Co.) 용액 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후, 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 mg trolox eq/g으로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능에 의한 총 항산화력 측정

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(12)에 의하여 측정하였다. 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS, Sigma-Aldrich Co.) 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 60분 후에 흡광도의 변화를 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 동량 첨가하였다. 총 항산화력은 시료 g당 mg AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 표현하였다.

통계처리

모든 실험의 각 항목은 3회 반복 실시하여 측정된 평균과 표준편차를 산출하고, 각 실험군 간 평균치의 통계적 유의성은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 $P < 0.05$ 수준으로 Duncan's multiple range test로 검증하였다. 실험결과에 대한 시료 처리 간의 차이 유무를 통계분석은 SAS(statistical analysis system) program(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 활용해 one-way ANOVA(analysis of variance) 검증을 통하여 분석하였다.

결과 및 고찰

총 페놀 함량 변화

추출 온도 및 시간에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 페놀 함량의 변화는 Fig. 1과 같다. 추출 온도가 증가함에 따라 옷나무 추출물의 총 페놀 함량은 유의적으로 증가하였으며, 1시간 동안 추출한 옷나무 추출물의 총 페놀 함량은 추출 온도 160°C에서 47.82 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 추출 시간 3시간 및 5시간 처리구에서는 추출 온도 140°C에서 각각 51.39 및 44.55 mg GAE/g의 함량을 나타내었으며, 그 이상의 온도에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같이 총 페놀 함량이 온도 의존적으로 증가하는 것은 Yang 등(15)의 인삼의 총 페놀 함량은 무처리 2.68 mg/g에서 열처리 온도와 처리 시간이 증가함에 따라 29.46 mg/g으로 증가하였고, Kim 등(16)의 과채류를 열처리한 결과 온도 증

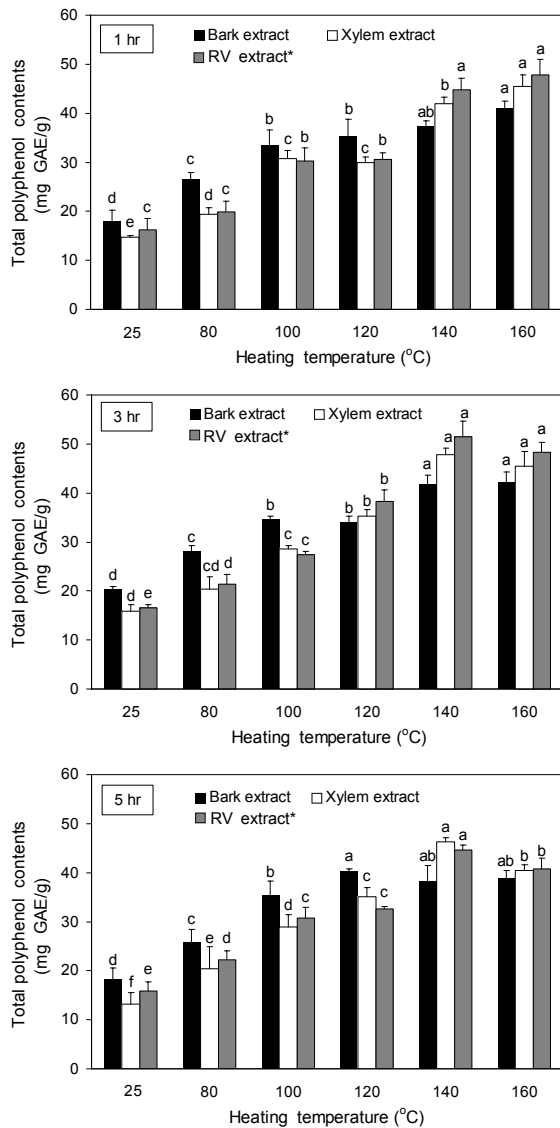


Fig. 1. Change in total phenolic contents in the extracts of *Rhus verniciflua* with different extraction temperatures and times. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($P < 0.05$). *RV extract: *Rhus verniciflua* extract.

가에 따라 총 페놀 함량이 증가하였다는 결과와 일치하였다. 추출 시간에 따른 영향을 살펴보면 실온, 80 및 100°C에서는 시간에 따른 유의적 차이가 없었으나, 120°C 이상의 높은 온도에서는 3시간까지는 증가하였지만 5시간에서는 감소하였다.

수피 추출물의 경우 각각의 추출 온도에서 1시간 및 3시

간 동안 추출하였을 때, 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 추출 온도 160°C에서는 각각 41.16 및 42.06 mg GAE/g으로 높은 함량을 나타내었고, 5시간의 처리구에서는 120°C까지 증가하여 40.24 mg GAE/g의 높은 함량을 나타내었으나 140 및 160°C에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 열처리에 따른 총 페놀 함량의 증가는 단백질과 결합된 고분자의 페놀성 화합물이 열처리에 의해 저분자의 페놀성 화합물로 전환되었거나(17,18), 고온에 의해 옷나무 조직의 결합형 페놀 성분들이 유리형으로 전환되어 용출이 용이해져 총 페놀 함량이 증가하였을 것으로 생각된다. 추출 시간에 따른 총 페놀의 함량은 약간의 증감은 있었으나 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 목질부 추출물의 경우 또한 추출 온도가 증가함에 따라 총 페놀 함량이 증가하여 1시간 동안 추출한 목질부 추출물은 추출 온도 160°C에서 45.54 mg GAE/g의 높은 함량을 나타내었으며, 추출 시간 3시간 및 5시간의 처리구에서는 140°C까지는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 각각 47.79 및 46.22 mg GAE/g의 함량을 나타내었지만 160°C에서는 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 시간에 따른 영향은 실온부터 100°C까지는 유의적 차이가 없었으나, 120 및 140°C에서는 3시간까지는 증가하였고 5시간에서는 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같이 총 페놀 함량이 시간에 따라 감소하는 이유는 탄닌 등의 polyphenol 물질이 장시간의 열처리에 불용화되어 추출액 중으로의 이행이 감소되고(19), 추출 시간이 길어질수록 열에 의한 변성으로 인하여 항산화활성이 감소된다고 판단하였다(20). 여기서 160°C의 추출 온도에서 총 페놀 함량이 감소한 것은 탄화에 의한 것으로 판단되며, 추후 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

추출 온도와 시간이 옷나무 부위별 추출물의 총 페놀 함량에 미치는 영향을 분석한 결과, 옷나무 추출물은 온도(F값 275.72, $P < 0.001$)로 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며(Table 1), 그 다음으로 시간(F값 11.02), 그리고 온도와 시간의 상호작용효과(F값 7.35, $P < 0.001$)로 나타났다. 수피 추출물도 온도(F값 55.34, $P < 0.001$)가 가장 큰 영향을 미치며, 목질부 추출물도 온도(F값 225.22, $P < 0.001$)가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 옷나무 부위별 총 페놀 함량을 증가시킬 수 있는 추출 조건은 140°C, 3시간으로 판단된다.

총 플라보노이드 함량

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 플라보노이드

Table 1. Analysis of variance for total phenolic contents in the extracts of *Rhus verniciflua*

Factors	df	Bark		Xylem		Whole	
		Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value
X ₁	4	1,058.71	55.34***	3,948.59	225.22***	4,301.40	275.72***
X ₂	2	14.15	1.48	29.82	3.40	85.96	11.02
X ₁ × X ₂	8	118.02	3.08	143.22	4.08	229.35	7.35***

X₁: extraction temperature (°C), X₂: extraction time (hr). *** $P < 0.001$.

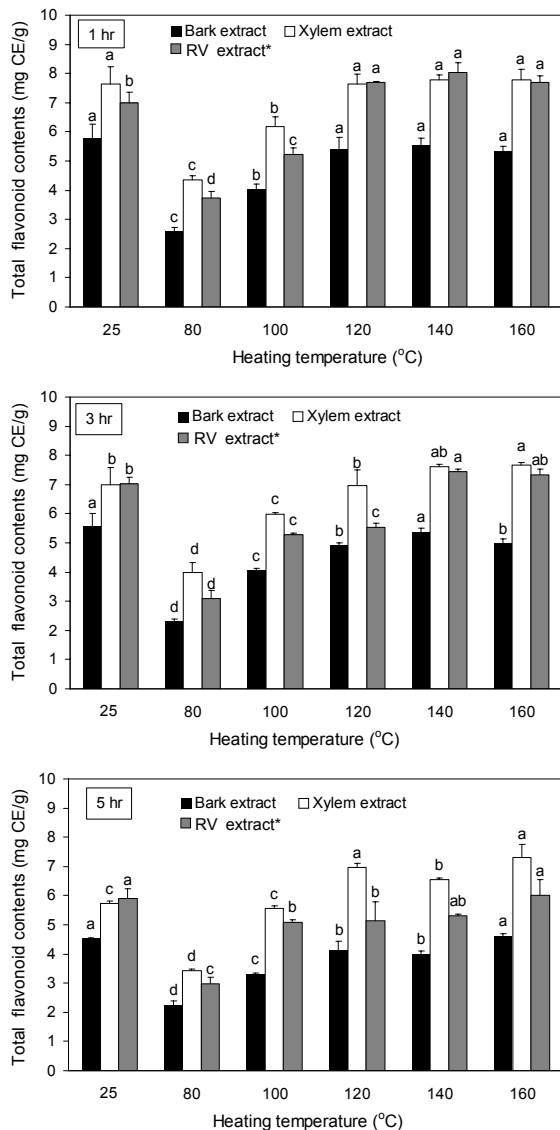


Fig. 2. Change in total flavonoid contents of in the extracts of *Rhus verniciflua* with different extraction temperatures and times. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($P < 0.05$). *RV extract: *Rhus verniciflua* extract.

드 함량 변화는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 옷나무 추출물의 총 플라보노이드 함량은 100°C 이하의 추출 온도에서는 실온에서 추출한 시료에 비하여 낮은 함량을 나타내었으나 그 이상의 추출 온도에서는 온도 증가에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 1시간 및 3시간 추출할 경우 140°C에서 8.04

및 7.45 mg CE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었지만 160°C에서는 약간 감소하였다. 5시간 추출할 경우에는 160°C에서 6.02 mg CE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 전반적으로 추출 시간에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 온도가 증가할수록 총 플라보노이드 함량이 증가하는 결과는 감국의 가열 시 총 페놀과 총 플라보노이드 함량이 증가되었다는 보고와 일치하였다(21).

수피 추출물의 경우 옷나무 추출물과 유사한 경향을 나타내었는데 1시간 및 3시간 동안 추출할 경우 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 140°C에서 5.53 및 5.37 mg CE/g의 가장 높은 함량을 나타내었지만 160°C에서는 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 시간에 따른 함량 변화는 옷나무 추출물과 유사하게 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 목질부 추출물의 경우 추출 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며 1시간 및 3시간 처리구에서 120°C 이상의 온도에서는 대조구와 유사한 함량을 나타내었지만 5시간 처리구에서는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 160°C에서 7.29 mg CE/g의 높은 함량을 나타내었다. 추출 시간에 따른 총 플라보노이드의 함량은 모든 온도에서 1시간 동안 추출한 처리구에서 높게 나타났으며, 추출 시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

추출 온도와 시간이 옷나무 부위별 추출물의 총 플라보노이드 함량에 미치는 영향을 분석한 결과 Table 2와 같이 옷나무 추출물은 온도(F값 273.04, $P < 0.001$)가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 시간(F값 117.28, $P < 0.001$), 온도와 시간의 상호작용효과(F값 17.54, $P < 0.001$) 순으로 나타났다. 수피 및 목질부 추출물도 온도, 시간 및 온도와 시간의 상호작용효과 순으로 영향을 미치는 것으로 나타나 부위별 총 플라보노이드 함량에 영향을 미치는 가장 큰 요인은 추출 온도로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 수피 추출물에서보다 목질부 및 옷나무 추출물에서 더 많이 추출되어 총 페놀의 결과와는 약간 다른 양상을 나타내었다. 이상의 결과에서 부위별 총 플라보노이드 함량을 증가시킬 수 있는 추출 조건은 140°C, 1시간으로 판단된다.

DPPH에 의한 전자공여능

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 DPPH에 의한 전자공여능(EDA)을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 옷나무 추출물의 경우 1시간, 3시간 및 5시간 동안 추출할 경우 추출 온도가 증가함에 따라 140°C까지는 온도 의존적으로 증가하여 각각 32.82, 34.23 및 34.11 mg TE/g의 함량을 나

Table 2. Analysis of variance for total flavonoid contents in the extracts of *Rhus verniciflua*

Factors	df	Bark		Xylem		Whole	
		Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value
X ₁	4	45.51	320.27***	82.94	279.43***	86.37	273.04***
X ₂	2	6.78	95.45***	4.68	31.58***	18.55	117.28***
X ₁ × X ₂	8	2.04	7.21***	1.20	2.04	11.09	17.54***

X₁: extraction temperature (°C), X₂: extraction time (hr). *** $P < 0.001$.

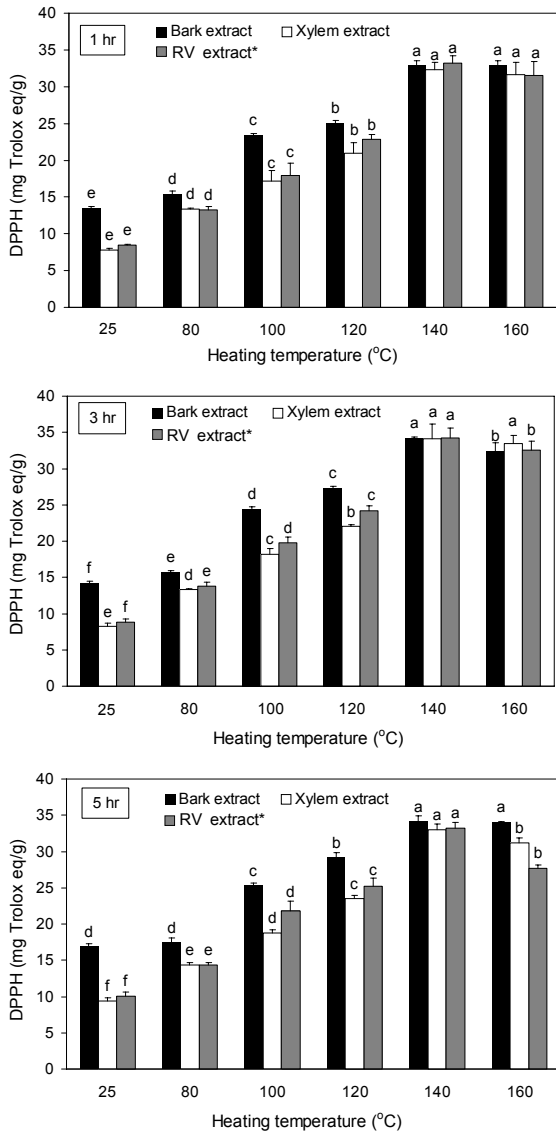


Fig. 3. Change in DPPH radical scavenging activity in the extracts of *Rhus verniciflua* with different extraction temperatures and times. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($P < 0.05$). *RV extract: *Rhus verniciflua* extract.

타내었으며, 160°C에서는 더 이상 증가하지 않았다. 추출 온도에 따라 항산화활성이 증가하는 결과는 Woo 등(22)의 열처리한 국산 감초추출물의 항산화활성 양상과 유사하였으며 열처리에 따라 항산화효과를 나타내는 총 페놀 함량이 증가되었기 때문으로 판단된다. 추출 시간의 영향을 살펴

면 추출 온도 120°C까지는 추출 시간의 증가에 따라 항산화 활성이 증가하였으며 140 및 160°C에서는 3시간까지는 증가하다가 5시간부터는 감소하였다.

수피 추출물의 경우 1시간 동안 추출하였을 경우 추출 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내어 160°C에서 32.95 mg TE/g의 함량을 나타내었으며, 3시간 및 5시간 동안 추출한 처리구에서 추출 온도 140°C에서 각각 34.23 및 34.11 TE/g으로 높은 항산화활성을 나타내었으나 160°C에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 시간에 따른 영향은 옷나무 추출물과 마찬가지로 120°C까지는 추출 시간에 따라 증가하였으나 140 및 160°C에서는 3시간까지는 증가하다가 5시간에서는 감소하였다. 목질부 추출물의 경우는 추출 시간 1시간, 3시간 및 5시간 동안 처리구에서 모두 추출 온도가 증가함에 따라 증가하였으며 추출 온도 140°C에서 각각 33.21, 34.28 및 33.24 TE/g으로 높은 항산화활성을 나타내었고, 160°C에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 시간의 영향은 수피 추출물과 마찬가지로 120°C까지는 추출 시간에 따라 증가하였으나 140 및 160°C에서는 3시간까지는 증가하다가 5시간에서는 감소하였다. 항산화활성의 증가는 열처리 시 maillard 반응에 의해 항산화활성을 가진 물질이 증가하기 때문이라 생각되며(23), Choi 등(24)과 Turkmen 등(17)의 연구에서도 식물체를 열처리할 경우 결합형의 폴리페놀 성분이 유리형으로 전환되어 활성이 증가한다고 보고한 것과 같이 부위별 옷나무를 열처리할 경우 유리형 페놀화합물이 증가하여 항산화효과가 증가하였을 것으로 판단된다.

추출 온도와 시간이 옷나무 부위별 추출물의 항산화활성에 미치는 영향을 분석한 결과 옷나무 추출물은 온도(F값 518.66, $P < 0.001$)가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 그 다음으로는 온도와 시간의 상호작용효과(F값 7.27), 시간(F값 4.48) 순으로 나타났다(Table 3). 수피 및 목질부 추출물 모두 온도, 시간 그리고 온도와 시간의 상호작용효과 순으로 영향을 미치는 것으로 나타나 옷나무 부위별 추출물의 항산화활성에 영향을 미치는 요인은 온도로 나타났다. 본 실험 결과 부위별 항산화활성을 증가시킬 수 있는 추출 조건은 140°C, 3시간으로 판단된다.

ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력

추출 조건에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 항산화력(AEAC)을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 옷나무 추출물에서의 총 항산화력은 추출 시간 1시간 처리구에서 추출 온도가

Table 3. Analysis of variance for DPPH radical scavenging activity in the extracts of *Rhus verniciflua*

Factors	df	Bark		Xylem		Whole	
		Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value
X ₁	4	1,864.45	1,549.67***	2,652.62	626.57***	2,298.74	518.66***
X ₂	2	32.70	54.37***	12.40	5.86	9.92	4.48
X ₁ × X ₂	8	13.28	5.52	17.85	2.11	64.40	7.27

X₁: extraction temperature (°C), X₂: extraction time (hr). *** $P < 0.001$.

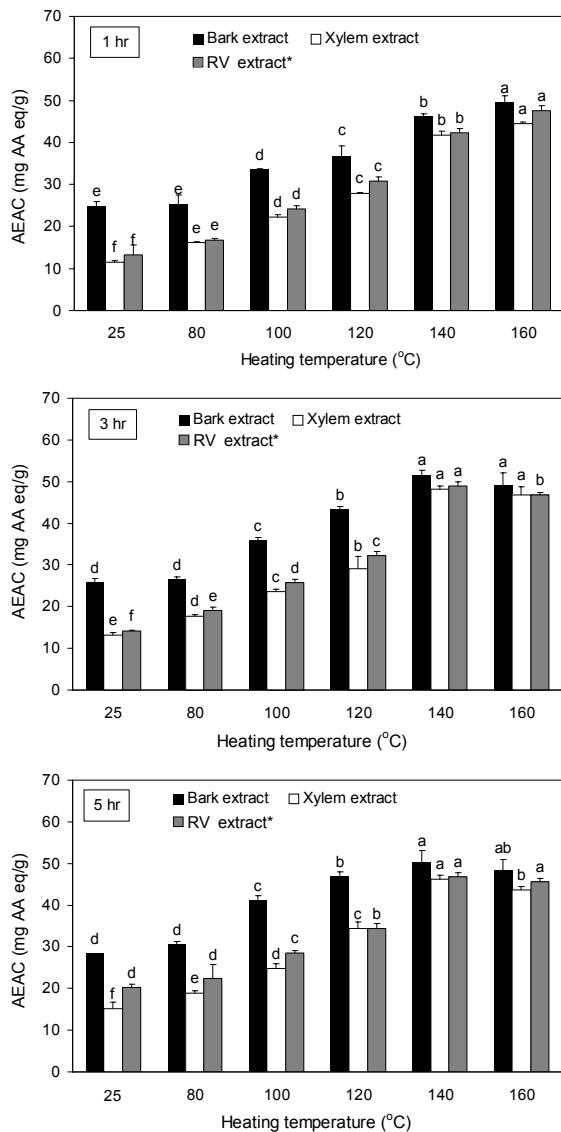


Fig. 4. Change in ABTS radical scavenging activity in the extracts of *Rhus verniciflua* with different extraction temperatures and times. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($P < 0.05$). *RV extract: *Rhus verniciflua* extract.

증가함에 따라 유의적으로 증가하여 160°C에서 47.61 mg AEAC/g을 나타내었으며, 추출 시간 3시간 및 5시간 처리구에서는 140°C까지는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 각각 48.99 및 46.84 mg AEAC/g의 총 항산화력을 나타내

었으며, 160°C에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 열처리 온도의 증가에 따라 시료의 총 항산화력이 증가한다는 연구와 일치하였고(25), 이러한 결과는 열처리로 인한 구성성분들이 분해 또는 중합되어 항산화물질들이 생성되면서 총 페놀 및 플라보노이드, 전자공여능 등이 증가하고 총 항산화력 역시 증가하는 것으로 판단되고, 총 페놀 함량이 높게 나타난 처리구에서 총 항산화력도 높게 나타났으며, 이는 추출 온도에 따라 증가한 페놀화합물에 의해 항산화효과가 증가한 것으로 생각된다. 추출 시간의 영향은 120°C까지는 추출 시간이 증가함에 따라 증가하였으나 추출 온도 140°C에서는 3시간까지는 증가하다가 5시간에서는 감소하였고, 160°C에서는 추출 시간이 증가함에 따라 감소하였다.

수피 추출물의 경우 추출 시간 1시간 처리구에서는 온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였는데 160°C에서 49.58 mg AEAC/g으로 나타났으며, 추출 시간 3시간 및 5시간 처리구에서는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 140°C에서 각각 51.58 및 50.31 mg AEAC/g으로 높은 총 항산화력을 나타내었지만 160°C에서는 감소하였다. 추출 시간에 따른 영향은 옷나무 추출물과 같은 경향을 나타내어 120°C까지는 추출 시간에 따라 증가하였으나 140°C에서는 3시간까지는 증가하다가 5시간에서는 감소하였고, 160°C에서는 추출 시간에 따라 감소하였다. 목질부 추출물 역시 수피 추출물과 마찬가지로 1시간 추출 시 추출 온도 증가에 따라 증가하여 160°C에서 44.41 mg AEAC/g으로 나타났으며, 추출 시간 3시간 및 5시간 처리구에서는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 140°C에서 각각 48.08 및 46.15 mg AEAC/g으로 높은 총 항산화력을 나타내었으며, 160°C에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 추출 시간에 따른 영향은 옷나무 추출물 및 수피 추출물과 유사하게 나타났다.

추출 온도와 시간이 옷나무 부위별 추출물의 총 항산화활성에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 4와 같이 옷나무 추출물은 온도(F값 883.75, $P < 0.001$)가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 그 다음으로 시간(F값 28.39, $P < 0.001$) 그리고 온도와 시간의 상호작용효과(F값 7.82, $P < 0.001$)로 나타났다. 수피 및 목질부 추출물도 온도, 시간 그리고 온도와 시간의 상호작용효과 순으로 나타나 부위별 옷나무 추출물의 총 항산화력은 온도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 실험 결과 부위별 총 항산화활성을 증가시킬 수 있는 추출 조건은 140°C, 3시간으로 판단되었다.

Table 4. Analysis of variance for ABTS radical scavenging activity in the extracts of *Rhus verniciflua*

Factors	df	Bark		Xylem		Whole	
		Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value	Sum of squares	F-value
X ₁	4	3,024.57	262.19***	5,627.79	986.67***	5,246.14	883.75***
X ₂	2	205.70	35.66***	83.01	29.11***	84.27	28.39***
X ₁ × X ₂	8	144.95	6.28***	86.77	7.61***	92.85	7.82***

X₁: extraction temperature (°C), X₂: extraction time (hr). *** $P < 0.001$.

요 약

추출 온도와 시간에 따른 옷나무 부위별 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화활성을 측정하였다. 옷나무 추출물의 총페놀 함량은 추출 온도 160°C에서 47.82 mg GAE/g으로 가장 높았으며, 100°C 이하의 추출 온도에서는 유의적인 차이가 없었으나 120°C 이상의 추출 온도에서는 추출 시간 3시간까지는 증가하다가 5시간에서는 감소하였다. 총 플라보노이드는 추출 온도가 증가함에 따라 증가하여 140°C, 1시간에서 8.04 mg CE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거활성은 추출 시간의 증가에 따라 증가하여 140°C, 3시간에서 34.23 mg TE/g으로 가장 높았으며, 그 이후에는 감소하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 DPPH 라디칼 소거활성과 유사하였고 140°C에서 3시간 추출한 수피 추출물에서 51.58 mg AEAC/g으로 높게 나타났다. 총 페놀과 총 플라보노이드 함량과 DPPH와 ABTS 라디칼 소거활성을 감안할 때 옷나무 부위별 효율적인 추출 조건은 추출 온도 140°C와 추출 시간 3시간이었다.

REFERENCES

- Shin MK. 1986. *Coloured Limsangbonchohak*. Namsandang, Seoul, Korea. p 165-718.
- Choi HS, Kim MK, Park HS, Yun SE, Mun SP, Kim JS, Sapkota K, Kim S, Kim TY, Kim SK. 2007. Biological detoxification of lacquer tree (*Rhus verniciflua* Stokes) stem bark by mushroom species. *Food Sci Biotechnol* 16: 935-942.
- Park HJ, Kwon SH, Kim GT, Lee KT, Choi JH, Choi JW, Park KY. 2000. Physicochemical and biological characteristics of flavonoids isolated from the heartwoods of *Rhus verniciflua*. *Kor J Pharmagn* 31: 345-350.
- Lee C. 2001. Studies on the correlation analysis to collection of *Rhus lacquer* by several factors of *Rhus verniciflua*. *MS Thesis*. Sangji University, Wonju, Korea.
- Kim IT, Park YM, Shin KM, Ha J, Choi J, Jung HJ, Park HJ, Lee KT. 2004. Anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of the extract from *Kalopanax pictus*, *Pueraria thunbergiana* and *Rhus verniciflua*. *Ethnopharmacol* 94: 165-173.
- Jung NC. 1998. Biological activity of urushiol and flavonoids from lactree (*Rhus verniciflua* Stokes). *PhD Dissertation*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Na CS, Jung NC, Oh KI. 1998. In vitro cytotoxic activity of urushiol in the sap of *Rhus verniciflua* Stokes. *J Kor For Soc* 87: 260-269.
- Na CS, Choi BR, Choo DW, Choi WI, Kim JB, Kim HC, Park YI, Dong MS. 2005. Effect of flavonoid fractions extracted from *Rhus verniciflua* Stokes on the reproductive parameters in SD male rats. *J Toxicol Pub Health* 21: 309-318.
- Lee DS, Park H. 1972. Studies on chemical constituent of barley in Korea. 1. Varietal difference in protein and carbohydrate contents of polished barley. *Korean J Food Sci Technol* 4: 90-94.
- Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci Technol* 10: 94-100.
- Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Technol* 11: 340-346.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Choi Y, Kim M, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
- Kim HY, Woo KS, Hwang IK, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effects of cooking methods total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of Deoduk (*codonopsis lanceolata*) and Doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 798-803.
- Kim NM, Sung HS, Kim WJ. 1993. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J Food Sci Technol* 25: 204-209.
- Kim YK, Lee HY, Oh DH. 2004. Changes in antioxidative activity and total polyphenols of crude and defatted garpe seed extract by extraction condition and storage. *Korean J Food Preserv* 11: 455-460.
- Yu JS, Woo KS, Hwang IG, Chang YD, Jeong HJ, Lee CH, Jeong HS. 2008. Quality characteristics of *Chrysanthemum indicum* L. flower tea in relation to the number of panfiring. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 647-652.
- Woo KS, Hwang IG, Noh YH, Jeong HS. 2007. Antioxidant activity of heated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 689-695.
- Lee JW, Do JH. 2006. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 30: 41-48.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. 2006. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts. *Korean J Food Sci Technol* 38: 355-360.