

기계식 및 재래식 죽초액의 아질산염 소거 및 전자공여 작용

이범수 · 최상호¹ · 은중방^{1,*}
전남대학교 식품공학과, ¹생물공학연구소

The Nitrite Scavenging and Electron Donating Ability of Bamboo Smoke Distillates made by steel kiln and earth kiln

Fan-Zhu Lee, Sang-Ho Choi¹ and Jong-Bang Eun^{1,*}

Department of Food Science and Technology and
¹Biotechnology Research Institute, Chonnam National University

Fresh bamboo was charred in the mechanical steel kiln and traditional earth kiln, and then its smoke was condensed to produce bamboo smoke distillates (BSD). BSD made by mechanical steel kiln (MBSD) was purified by distillation. There is significant difference ($p < 0.05$) in total phenol content among them, 663.40 ppm in MBSD, 571.62 ppm in PMBSD, and 485.16 ppm in TBSD. The nitrite scavenging activity and electron donating ability of BSDs were measured and the content of total phenol content was determined. The nitrite scavenging activity of BSD increased with increasing concentration of BSD at the same pH and decreased with increasing pH. There is significant difference ($p < 0.05$) in nitrite scavenging activity among MBSD, purified MBSD (PMBSD), and BSD made by traditional earth kiln (TBSD) and the activity was the highest in MBSD and the lowest in TBSD. The electron donating ability of BSDs increased with increasing the concentration of BSD and the reaction time. There is significant difference in the electron donating ability of BSDs at the same period and different concentration among the BSDs, the highest in MBSD and the lowest in TBSD.

Key words: bamboo smoke distillates, nitrite scavenging, total phenolics, electron donating ability

서 론

대나무를 밀폐된 공간에서 탄화시켜 숯을 제조하는 과정에서 생성되는 기체(수증기와 연기)를 냉각시켜 얻어진 갈색의 액체를 죽초액이라 하며 이를 용기에 밀폐하여 냉암소에 3~6개월간 정치시키면 세 개 부분으로 분리되는데 일반적으로 밑부분을 타르라 하고 상층부분을 경유질이라 하며 중간부분을 죽초액이라 한다^(1,2). 죽초액 제조를 위해서는 재래식 토요, 개량식 탄화로, 이동식 탄화로 및 기계식 탄화로에 의한 방법 등을 이용하는데 그 중에서 재래식 토요와 기계식 탄화로를 이용한 탄화방법이 많이 이용되고 있다^(2,3). 재래식 토요 제법은 지형지물을 이용하여 흙과 돌로 요을 축조하고 거기에서 숯을 제조하는 방법이며, 기계식 탄화로에 의한 제조는 철관, 스테인레스, 세라믹 단열재, 내화점토 등을 소재로 만들어진 탄화로에 온도센서가 부착되어 자동 혹

은 반자동으로 탄화과정을 통제할 수 있다. 통상적으로, 재래식 토요에 의한 탄화는 600~800°C에서 2주간 진행되는 반면 기계식 탄화로에 의한 탄화는 높은 강도의 숯을 얻기 위하여 1000~1200°C의 고온에서 5일간 진행된다. 일반적으로 죽초액의 수율은 가열온도와 가열비율에 의하여 좌우되며⁽⁴⁾, 또한 죽초액의 특성과 화학적 조성도 제조방법에 따라 차이가 있다⁽⁵⁾.

한편, 죽초액에는 주요성분으로 acetic acid가 2.46~3.57%, 기타 유기산이 0.18~0.47% 함유되어 있으며 이외에도 알코올류, 페놀류, 카보닐류, 중성화합물, 염기성 성분 등 270여종의 성분을 함유하고 있다^(1-3,5). 최근에 이러한 죽초액을 소나 돼지에게 급여하면 육질이 부드러워지고 지방과 콜레스테롤의 축적이 적어져 이를 인간이 섭취하면 고혈압이나 동맥경화와 같은 성인병의 예방에 도움이 된다고 하여 화제가 되고 있다⁽¹⁾. 뿐만 아니라 죽초액과 제조공정이 비슷한, 참나무를 탄화시키는 과정에서 발생한 목초액은 예로부터 한방 치료에서 아토피성 피부병의 치료제로 이용하여 왔다⁽⁶⁾. 그리고 식품가공에서는 예로부터 목초액 중의 훈취성분을 정제·분리하여 훈연액을 제조하여 햄이나 소시지 제조에서 스모크향을 첨가하는 식품첨가제로 이용하여 왔다^(7,8). 연구에 의하면 목초액은 간의 해독작용과 간 기능회복 효과, 혈당

*Corresponding author : Jong-Bang Eun, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, 300 Yongbong-dong, Buk-gu, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-2145
Fax: 82-62-530-2149
E-mail: jbeun@chonnam.ac.kr

강하 효과, 숙취해소와 피로회복 효과, 항산화 효과 등이 있는 것으로 알려져 있다^(1,3). 그리하여 국내에서는 목초액을 이용하여 superoxide dismutase(SOD) 활성을 증강시켜주는 기능성 음료를 개발하여 성황리에 시판하고 있다. 그런데 대나무를 이용하여 제조한 죽초액의 효능 및 이들의 식품학적 이용가능성 등에 대한 연구는 국내에서 아직까지 미흡한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 죽초액을 기능성 식품소재 내지는 식품첨가물로 사용하기 위한 일환으로 재래식 토요와 기계식 탄화로를 이용하여 별채직후의 신선한 왕대(*Phyllostachys bambuoides sieb. et zucc.*)를 탄화소재로 죽초액을 각각 제조하고 전보⁽⁶⁾에 이들의 이화학적 특성을 분석·비교한 뒤를 이어 이들의 생리활성으로 아질산염 소거작용, 전자공여 작용에 대하여 알아보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서는 기계식 탄화로와 재래식 토요를 이용하여 직경이 10~15 cm인 3년 생 왕대(*Phyllostachys bambuoides sieb. et zucc.*)를 탄화소재로 죽초액을 제조하였다. 즉, 별채직후의 신선한 왕대를 2m전후로 잘라서 각각 기계식 탄화로와 재래식 토요에 탑재하여 탄화시키면서, 이 과정에서 발생하는 연기의 온도가 100°C 전후되는 것을 응축시켜 조죽초액을 얻었다. 다음 이 조죽초액을 폴리에틸렌플라스틱통에 담아 밀봉하여 암소에서 12개월 정치하여 타르를 분리시키고 중간부분의 맑은 액을 취하여 여지(Whatman No. 6.)로 여과하여 기계식 죽초액(기계식 탄화로에 의하여 얻어진 죽초액)과 재래식 죽초액(재래식 토요에 의하여 얻어진 죽초액)을 각각 얻었으며, 이를 실험에 이용하였다(Fig. 1). 그리고 기계식 죽초액은 증류장치((주)썬텍(SUNTAC), 한국)를 이용하여 104°C에서 상압증류를 실시함으로써 정제죽초액(이하 “기계식 정제죽초액”이라 함)을 얻었다. 증류장치는 히터, 스테인레스 스틸 플라스크, 온도 센서, 콘덴서 등 부분으로 구성되었으며 플라스크내의 증류온도는 온도센서에 의하여 104°C에서 자동으로 공제되며 증류액은 condensing을 거쳐

얻어진다. 저비등점과 고비등점을 가진 유해한 물질들을 제거하기 위하여 증류액은 증류초기의 20~30%와 증류후반의 20~30%를 버리고 중간부분의 것을 채취하였다. 이렇게 얻은 정제죽초액은 플라스틱통에 담아 밀봉하여 냉암소에 저장하였으며 실험하기 전에 여지(Whatman No. 6.)로 여과한 후 사용하였다.

총 페놀성 화합물의 측정

총 페놀성 화합물의 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdate와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 Folin-Denis 법⁽⁹⁾을 변형하여 측정하였다. 즉, 죽초액을 1 ppm으로 희석시킨 다음 0.2 mL를 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 mL로 만든 후, 여기에 0.2 mL Folin-ciocalteau phenol reagent를 첨가하여 잘 혼합하고 실온에 3분간 방치하였다. 정확히 3분간 반응시킨 후 Na₂CO₃ 포화용액 0.4 mL를 가하여 혼합하고 증류수를 첨가하여 4 mL로 만든 다음 실온에서 1시간 방치하여 얻은 상층액을 spectrophotometer(SHIMADZU UV-1201, Shimadzu Co., Ltd., Japan)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그리고 tannic acid(Sigma St. Louis, MO, USA)를 이용하여 검량선을 작성하고 이에 근거하여 총페놀성 화합물의 함량을 환산하였다.

아질산염 소거작용의 측정

죽초액의 아질산염 소거활성은 Kim 등⁽¹⁰⁾의 방법에 의거하여 측정하였다. 즉 죽초액을 각각 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0% 되게 증류수를 첨가하여 제조한 다음 각 농도의 죽초액 용액 1 mL를 1 mM의 NaNO₂ 용액 2 mL에 첨가하고 0.1 N HCl(pH 1.2)과 0.2 M 구연산 완충용액(pH 3.0, 4.2 그리고 6.0)을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 조절하여 반응액을 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL 씩 취하여 2% 초산 용액 5 mL, Griess시약 0.4 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치시켰다가 spectrophotometer를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산의 양을 산출하였다. 이때 대조구는 Griess시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 상기와 같은 방법으로 측정하였으며, 아질산염 소거작용은 죽초액을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 소거율(%)로 나타내었다. 즉,

$$\text{아질산염 소거율(\%)} = \frac{(1 - \frac{A - C}{B}) \times 100}{B}$$

A는 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 방치시킨 후의 흡광도, B는 NaNO₂ 용액의 흡광도, C는 시료 자체의 흡광도이다.

전자공여작용의 측정

Lee 등⁽¹¹⁾의 방법에 의거하여 죽초액이 α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)에 대한 전자공여 작용(electron donating ability)을 반응시간에 따르는 흡광도의 변화로 나타내었다. 즉 죽초액을 각각 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2%되게 알코올에 용해시켜 제조한 다음 각 농도의 죽초액을 0.2 mL씩 취하고 여기에 5×10⁻⁴ M DPPH 용액 3.5 mL를 가하여 10초 동안 진

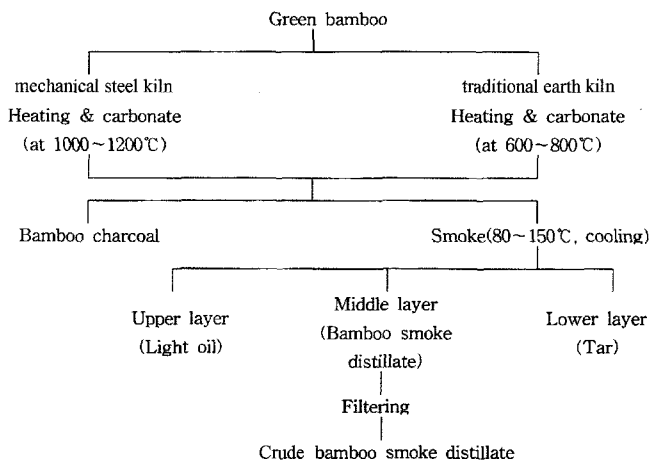


Fig. 1. Schematic diagram for processing bamboo smoke distillates.

탕한 후 517 nm에서 10분간, 1분 간격으로 흡광도를 측정하여 그 변화를 살펴보았다. 항산화제로 알려져 있는 BHA와 BHT는 각각 5.0×10^{-4} M, α -tocopherol 1.0×10^{-4} M로 제조하여 상기의 방법과 같이 DPPH에 대한 전자공여 작용 효과를 조사하여 죽초액과 비교하였다.

통계처리

모든 실험은 최소 3회 반복을 실시하였으며 그 결과치를 평균값과 표준편차로 나타내었다. SAS program(Statistic Analytical System 8.1, USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료 종류별 아질산염 소거효과와 전자공여 작용의 유의적인 차이를 검정하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

죽초액의 총 페놀성 화합물 함량

식품내의 지질이나 체내의 생체막에 존재하는 지질은 활성산소의 존재하에 free radical과 연쇄반응을 일으켜 산화되는데 이는 식품의 품질변화의 근원이 되고 생체노화의 근원이 된다^(12,13). 이러한 산화반응을 방지하기 위하여 free radical scavenger를 이용하여 연쇄반응의 전과단계에서 peroxy radical 등과 탈수소반응을 통해 수소원자를 공여함으로써 radical이 비교적 안정한 형태를 형성하게 된다. 이러한 free radical scavenger를 항산화제라고 하며 널리 이용되고 있는 물질로는 페놀성 화합물이 대표적이다⁽¹⁴⁾. 식품에서 free radical scavenger로 많이 이용되고 있는 페놀성 화합물로는 butylated hydroxy anisol(BHA)과 butylated hydroxy toluene(BHT) 등 합성 항산화제가 있으나 이들은 50 mg/kg/day 이상 섭취하면 생체효소 및 지방의 변화로 인체에 암을 유발할 수 있다는 보고가 있어⁽¹⁵⁾ 천연 항산화제에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 그리고 천연에 존재하는 항산화제의 대부분이 페놀성 물질(flavonoids, caffeic acid의 유도체 등)이라는데 주목되어 근래에 페놀성 화합물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기계식 죽초액, 기계식 정제 죽초액 및 재래식 죽초액의 총 페놀성 화합물의 함량은 각각 663.40, 571.62 및 485.16 ppm이었다. 총 페놀성 화합물의 함량은 기계식 죽초액이 재래식에 비하여 높게 나타났으며 이들 죽초액간의 함량차이는 유의차($p < 0.05$)가 있는 것으로 나타났다(Table 1). 일반적으로 나무의 주요성분인 cellulose, hemicellulose, lignin은 300°C 이상에서 열분해를 일으키며 페놀성분들은 주로 lignin

Table 1. The content of total phenolic compounds in bamboo smoke distillates

	Contents (mg/mL)
SK	663.4 ± 3.17 ^a
PSK	571.62 ± 2.83 ^b
EK	485.16 ± 3.59 ^c

SK: bamboo smoke distillates produced by mechanical steel kiln.
 PSK: bamboo smoke distillate produced by mechanical steel kiln and purified by distillation.
 EK: bamboo smoke distillates produced by traditional earth kiln.
 a-b: Means within a column with a different superscript letter are different ($p < 0.05$).

의 열분해에 의하여 생성된다. 그리고 열분해 산물의 수율 및 조성성분들의 함량은 가열비율, 반응생성물의 잔류시간, 가열 최고온도 및 압력에 의존한다⁽⁴⁾. 그런데, 재래식 토요탄화로는 600~800°C의 비교적 낮은 온도에서 탄화가 진행되기 때문에 페놀성 화합물이나 해로운 유기산의 함량이 적고 이들의 중합생성물인 타르도 비교적 적으며 이 방법은 주로 죽초액(또는 목초액)을 제조하기 위하여 이용된다. 그러나 기계식 탄화로에서는 높은 강도의 숯을 짧은 시간내에 얻기 위하여 1000~1200°C의 고온에서 탄화가 이루어진다. 때문에 기계식 죽초액의 총 페놀성 물질이 재래식에 비하여 높게 나타난 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 증류·정제과정에서 일부 페놀성 물질들이 소실되는 것을 알 수 있었다.

아질산염 소거작용

식품이나 인체내에서 질산염은 질산환원효소와 환원세균 등의 작용에 의하여 아질산염으로 전환되며, 아질산염은 식품이나 생체내의 낮은 산성조건(단순 amine류의 경우 pH 3.0에서, amide의 경우 pH 3이하)하에서 제2급 및 3급 amine 그리고 그 amide와 nitroso화 반응을 일으켜 발암물질인 nitrosamine을 생성할 수 있다^(16,17). Nitroso화 반응을 억제하기 위해서는 nitrosamine 생성 기질물질인 amine의 생성을 억제하거나 아질산염을 소거하는 방법이 있다^(15,18-20). 일반적으로 아질산염의 소거에는 ascorbic acid, α -tocopherol, sulfur dioxide, maillard반응 생성물, 페놀성 화합물 등이 많이 이용된다^(15,18-20). 그런데 죽초액에는 페놀성 물질들이 다량 함유되어 있으므로^(15,21,22) 본 연구에서는 기계식 죽초액과 기계식 정제죽초액 및 재래식 죽초액을 농도별, pH 조건별 아질산염 소거 효과를 비교 검토하였다. 각각의 죽초액의 아질산염 소거 효과는 동일한 pH하에서 농도가 증가할수록 증가하였고 pH가 증가할수록 감소하였다(Fig. 2). pH 1.2에서 기계식 죽초액을 3.0% 첨가하였을 때 아질산염 소거효과는 67.12%이었고 6.0% 첨가하였을 때에는 94.86%였다. 기계식 정제죽초액과 재래식 죽초액은 각각 4.0, 6.0% 전후에서 51.54와 50.31% 소거효과를 나타내었다. 그리고 각 농도에서 죽초액간의 아질산염 소거효과는 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). pH 3.0에서도 아질산염 소거효능은 각각의 죽초액의 농도가 증가됨에 따라 증가되었으며 여전히 기계식 죽초액의 효과가 가장 좋았고 다음으로 기계식 정제죽초액, 재래식 죽초액의 순이었으며 각 농도에서 죽초액간의 아질산염 소거 효과는 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). pH 4.2에서는 각각의 죽초액간의 아질산염 소거효과는 농도의 증가에 따라 증가하다가 3.0%에서 효과가 최대에 이르렀다. pH 6.0에서 세 가지 죽초액의 아질산염 소거 효과는 크게 떨어져 20% 이하의 수준에 머무름을 알 수 있었고 1.0, 2.0% 농도에서는 기계식 정제죽초액과 재래식 죽초액간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$).

결과적으로 기계식 죽초액, 기계식 정제 죽초액과 재래식 죽초액 모두 농도가 증가할수록 아질산염 소거 효과도 증가하였으며 pH 1.2에서 효과가 가장 뚜렷하게 나타났다(Fig. 2). 그리고 죽초액간에 아질산염 소거 효과는 기계식 죽초액 > 기계식 정제죽초액 > 재래식 죽초액의 순으로 나타났다. 이는 각 죽초액의 총 페놀성 화합물 함량과 같은 경향으로써 죽

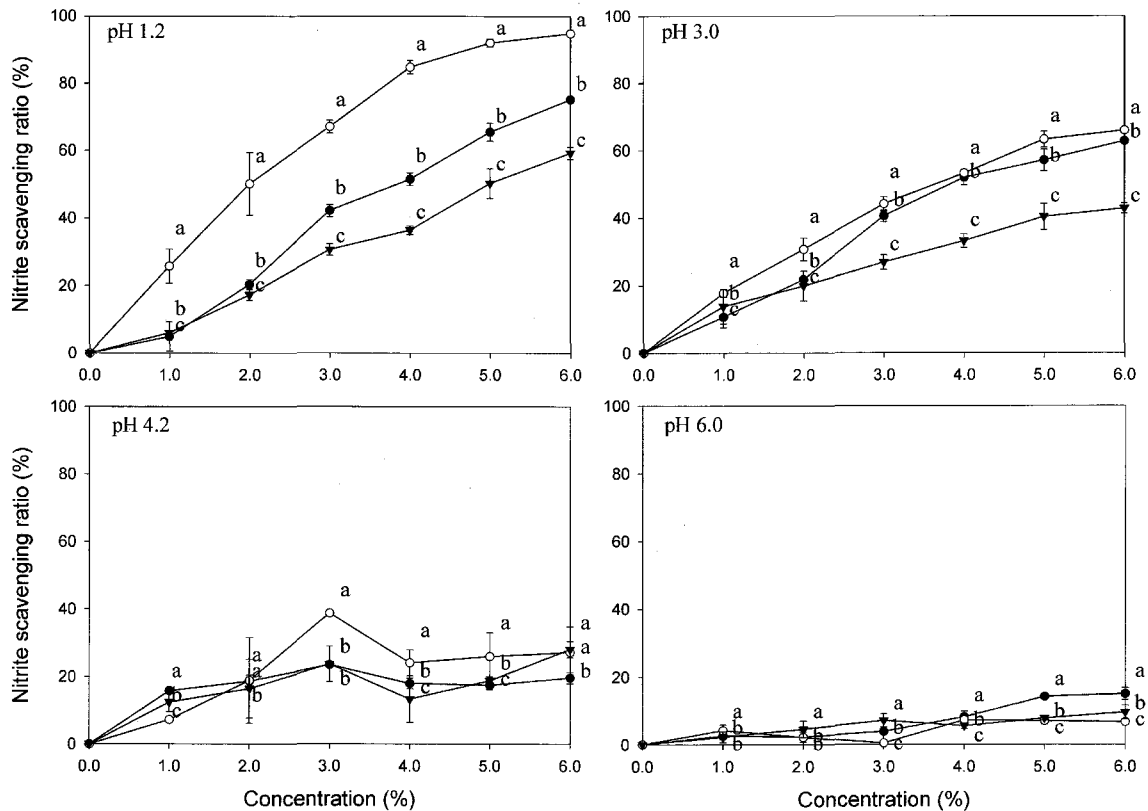


Fig. 2. Effect of nitrite scavenging activity at different pH and concentration of bamboo smoke distillates.

-●-: bamboo smoke distillates produced by mechanical steel kiln, -○-: purified bamboo smoke distillates produced by mechanical steel kiln, -▼-: bamboo smoke distillates produced by traditional earth kiln, a-b: Means within a concentration with a different superscript letter are different ($p < 0.05$).

초액에 함유되어 있는 페놀성 물질이 nitrosamine 생성의 기질인 amine과 경쟁적으로 작용하기 때문인 것으로 생각된다. Kang 등⁽²³⁾은 여러 가지 형태의 페놀성 화합물의 아질산염 소거 효과에 대한 연구에서 아질산염 소거 효과가 pH 1.2에서 가장 크게 나타났으며 이때 phenolic acid류가 flavonoids보다 높은 활성을 나타내었다고 하였으며 Cooney와 Ross⁽²⁴⁾는 페놀화합물인 페놀, guaiacol 및 resorcinol의 nitroso화 반응에 미치는 영향에 대하여 강력한 억제효과가 있었다고 보고하였다. Lee와 Eun 등⁽⁵⁾, Mun 등⁽²¹⁾, Mun⁽²²⁾의 연구에 의하면 죽초액의 유기물 중에 상당량의 페놀성 화합물이 존재하며 그 중에서도 페놀, guaiacol, cresol 등의 함량이 상당히 높았다. 이로부터 미루어 보아 죽초액의 아질산염 소거에 대한 강력한 효과는 죽초액에 함유되어있는 페놀성 화합물들에 의하여 기인하는 것으로 생각된다.

전자공여 작용

식품이나 체내의 생체막에 존재하는 지질의 산화를 방지하기 위하여 흔히 항산화제를 이용하게 되는데 항산화제의 종류는 다양하다. 이러한 항산화제의 항산화 활성을 평가하는 방법에는 주로 linoleic acid와 같은 지방산을 반응기질로 이용하여 과산화 지질을 정량하는 방법, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)와 같은 안정한 free radical을 이용하여 LOO·의 model계에서 radical에 대한 항산화 물질의 반응성을 radical의 감소량이나 감소 속도로부터 직접 평가하는 방

법 등이 있다⁽¹⁴⁾.

본 연구에서는 죽초액의 항산화 척도가 되는 전자공여 작용을 측정하기 위하여 농도를 달리하면서 DPPH의 안정한 radical이 반응시간에 따라 감소되는 정도를 흡광도의 변화로 나타내었다. 기계식 죽초액은 0.2%와 0.4%의 농도에서 반응초기의 흡광도가 0.85와 0.73이었고 그 후 완만하게 반응이 진행되어 10분 후에는 각각 0.74와 0.56이었다. 그러나 0.6, 0.8, 1.0%에서는 반응초기의 흡광도가 0.55, 0.51, 0.42로서 이미 50% 전후의 radical들이 소거되었으며 반응 10분 후에는 0.31, 0.23, 0.12로서 70% 이상의 radical들이 소거되었다. 1.2%의 농도에서는 반응초기의 흡광도가 0.27로서 이미 70% 이상의 radical이 소거되었으며 10분 후에는 0.07로서 거의 대부분의 소거되었다(Fig. 3). 기계식 정제죽초액은 0.2와 0.4%의 농도에서 반응초기의 흡광도가 0.94와 0.89이었고 그 후 완만하게 감소하였지만 0.6, 0.8, 1.0, 1.2%에서는 반응초기에 흡광도가 각각 0.73, 0.68, 0.62, 0.56이었고 반응 2분 후에는 각각 0.48, 0.45, 0.31, 0.29로서 이미 50% 이상의 radical이 소거되었다(Fig. 3). 그런데 재래식 죽초액의 경우 반응농도가 각각 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%일 때 초기의 흡광도가 각각 0.92, 0.88, 0.85, 0.76, 0.71이었고 그 후로는 완만히 감소하여 10분 후의 흡광도가 0.88, 0.81, 0.74, 0.64, 0.54이었으며 감소율이 10% 내외 밖에 미치지 못하였다. 1.2%의 재래식 죽초액의 경우 초기의 흡광도가 0.59이었고 반응 2분 후 0.46으로서 대략 50%의 radical들이 소거되었을 뿐이다(Fig. 3). 세

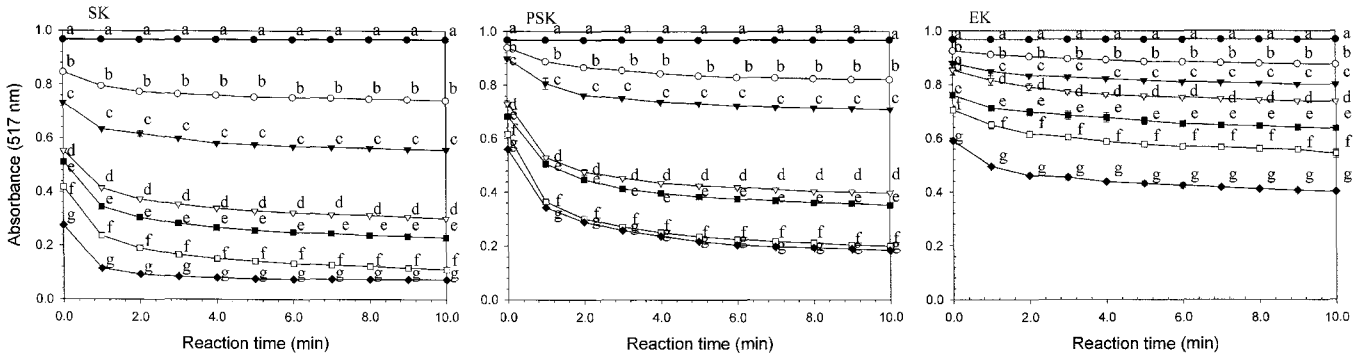


Fig. 3. Changes of absorbance by the electron donating ability of different concentration of bamboo smoke distillates.
 SK: bamboo smoke distillates produced by mechanical steel kiln, PSK: bamboo smoke distillate produced by mechanical steel kiln and purified by distillation, EK: bamboo smoke distillates produced by traditional earth kiln, a-b: Means within a reaction time with a different superscript letter are different ($p < 0.05$), -●-: Control -○-: 0.2% -▼-: 0.4% -▽-: 0.6% -■-: 0.8% -□-: 1.0% -◆-: 1.2%.

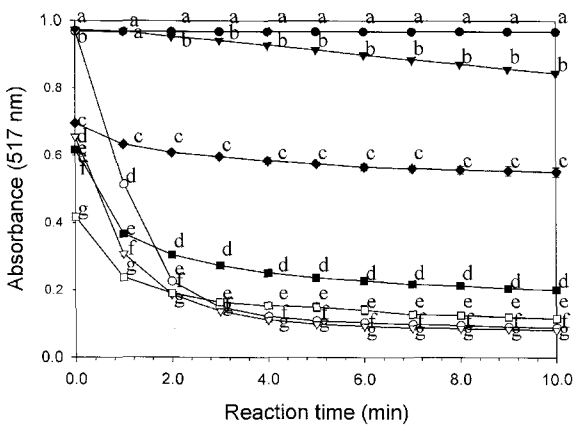


Fig. 4. Changes of absorbance by the electron donating ability of different bamboo smoke distillates at 1.0% concentration.
 -●-: Control, -○-: BHT (Butylated hydroxy anisole), -▼-: BHT (Butylated hydroxy toluene), -▽-: α -tocopherol, -■-: PSK (Bamboo smoke distillate produced by mechanical steel kiln and purified by distillation), -□-: SK (Bamboo smoke distillates produced by mechanical steel kiln), -◆-: EK (Bamboo smoke distillates produced by traditional earth kiln), a-b: Means within a reaction time with a different superscript letter are different ($p < 0.05$).

가지 죽초액은 반응이 개시된 다음 각 시간대에서 농도별 전자공여 작용은 $p < 0.05$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내었다(Fig 3).

죽초액간의 전자공여 작용 차이를 알아보기 위하여 죽초액의 농도를 1.0%로 하여 시판되고 있는 항산화제인 BHA와 BHT(각각 5.0×10^{-4} M), α -tocopherol(1.0×10^{-4} M)과 비교하면서 반응시간에 따르는 흡광도의 변화를 조사하여 Fig. 4에 나타내었다. 기계식 죽초액, 기계식 정제 죽초액, 재래식 죽초액은 1.0%에서 반응기간동안 BHT보다 전자공여 작용효과가 뚜렷이 높았으나 재래식 죽초액의 경우는 BHA나 α -tocopherol의 수준에는 미치지 못하였다. 그러나 기계식 죽초액과 기계식 정제죽초액은 각각 1.0%에서 모두 BHA나 α -tocopherol 수준의 전자공여 작용효과를 보였다. 뿐만 아니라 기계식 죽초액은 반응초기의 흡광도가 0.42로서 BHA나 BHT보다 훨씬 높았을 뿐만 아니라 α -tocopherol의 0.65보다도 훨

씬 높은 수치를 나타내었다. 반응 2분 후의 기계식 죽초액과 BHA 및 α -tocopherol의 흡광도는 각각 0.19, 0.23, 0.19로서 거의 같은 수준에 이르렀으며 그 후로는 완만히 감소하여 10분 후에는 각각 0.12, 0.09, 0.08이었다. 그리고 죽초액간에 동일한 농도에서 각 반응시간에서의 전자공여 작용은 유의적인 차이($p < 0.05$)를 보였으며 죽초액의 전자공여 작용은 반응초기에 급속히 일어남을 알 수 있었다(Fig. 4). 페놀성 물질들에서 항산화활성을 갖는 것으로는 flavonoid가 대부분이고 단순한 monocyclic phenol류, phenyl propanoid류, 페놀성 quinone류도 상당수 알려져 있다. Lee와 Eun⁽⁵⁾ 및 Mun 등⁽²¹⁾의 연구에 의하면 죽초액의 페놀성 성분에는 주로 monophenol류들이 존재한다고 하였으며 본 실험에서 사용한 죽초액의 총 페놀성 화합물의 함량이 비교적 높게 나타나므로 죽초액의 항산화 활성은 상기의 페놀성 물질에 의하여 나타나는 것으로 생각된다.

결론

기계식 탄화로에 의하여 제조한 죽초액과 그것을 증류·정제하여 얻은 기계식 정제 죽초액 및 재래식 토요에서 제조한 재래식 죽초액의 아질산염 소거 효과와 전자공여 작용 효과에 대하여 조사하였다. 각각의 죽초액의 아질산염 소거 효과는 산성조건에서 뚜렷하였으며 pH가 높아질수록 효과는 떨어졌다. 전자공여 작용은 농도와 반응시간이 증가할수록 더 뚜렷이 나타났다. 뿐만 아니라 기계식 죽초액은 재래식 죽초액에 비하여 아질산염 소거 효과와 전자공여 작용이 큰 것으로 나타났다. 이러한 효과는 죽초액에 함유되어 있는 페놀성 화합물에 의하여 얻어지는 것으로 생각되며 재래식 보다 기계식으로 제조된 죽초액에 페놀성 물질이 많이 함유되어서 나타난 것으로 생각된다. 그리고 기계식 죽초액은 증류·정제과정을 거치면 총 페놀성 화합물의 함량이 감소하는데 이로 인하여 아질산염 소거 효과와 전자공여 작용효과가 모두 떨어지는 것으로 생각된다. 그러므로 보다 효과적인 정제방법은 유해한 물질을 제거하는 동시에 페놀성 물질 등 여러 가지 활성물질들이 최대한 제거되지 않는 방법이 효과적인 것으로 생각되며 앞으로 이에 대한 연구가 필요하리라 여겨진다.

요 약

신선한 왕대(*Phyllostachys bambuoides sieb. et zucc.*)를 기계식 탄화로와 재래식 토요를 이용하여 탄화시켜 기계식 죽초액과 재래식 죽초액을 얻고 기계식 죽초액을 증류·정제하여 정제 죽초액을 얻은 다음 각각의 죽초액의 아질산염 소거와 전자공여 효과 및 이들의 페놀성 화합물의 함량을 조사하였다. 죽초액을 1~6%까지 6단계로 희석하여 각 농도에서의 아질산염 소거효과를 비교하였을 때 동일한 pH 하에서 농도가 증가할수록 활성이 증가하였다. 각각의 죽초액이 pH 1.2와 pH 3.0에서 뚜렷한 소거활성을 보였으나 pH가 증가할수록 점차적으로 낮아져 pH가 6.0일 때에는 미미한 상태였다. 각각의 죽초액이 일정한 농도와 pH에서 아질산염 소거 효과는 유의적인 차이($p < 0.05$)를 나타내었으며 기계식 죽초액, 기계식 정제 죽초액, 재래식 죽초액의 순이었다. 기계식 죽초액, 기계식 정제 죽초액, 재래식 죽초액의 총 페놀성 화합물의 함량은 유의적인 차이($p < 0.05$)를 보였고 각각 663.4, 571.62, 485.16 ppm이었으며 증류·정제과정에서 함량이 감소되었다. 각각의 죽초액을 0.2~1.2%까지 6단계로 희석하여 각 농도별 반응시간에 따르는 전자공여 작용 효과를 비교하였다. 농도가 증가할수록, 반응시간이 길어질수록 각각의 죽초액의 전자공여 작용 효과가 뚜렷하였고 일정시간 내에서 각 농도에서의 전자공여 작용 효과는 죽초액간에 유의적인 차이를 보였으며 기계식 죽초액이 가장 컸고 다음으로 기계식 정제 죽초액, 재래식 죽초액의 순이었다. 이와 같은 결과는 재래식 죽초액이나 기계식 정제 죽초액보다 기계식 죽초액에 페놀성 화합물이 더 많이 함유되어서 나타난 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 2001년도 한국과학재단의 연구비지원에 의하여 수행된 연구(2001-1-22000-006-1)의 일부로서 이에 감사드립니다. 아울러 본 실험에 도움을 준 전남대학교 식품공학과 99학번 김명심, 00학번 김연아 학생에게도 감사드립니다.

문 헌

- Ikeshima, Y. Manufacturing process and application of bamboo charcoal and bamboo vinegar, pp. 121-158, Harnlim Journal Co., Seoul (1987)
- Kim, G.E., Park, S.B. and Ahn, K.M. Charcoal and wood vinegar-Function and manufacturing process, pp. 36-50, Harnlim Journal Co., Seoul (1999)
- Ahn, K.M. and Pak, S.B. Production and application of forest products. The Forest and Forestry Technology. Forest Service (2000)
- Hwang, B.H., Koo, J.O., Kim, Y.S., Kim, Y.S., Mun, S.P., Moon, C.K., Paik, K.H., Ahn, W.Y., Lee, B.G., Lee, J.Y., Lee, H.J. and Cho, N.S. Wood Biomass, pp. 31-87, Shinjinmunhwasu, Seoul (1998)
- Lee, F.Z. and Eun, J.B. Physical and chemical characteristics of bamboo smoke distillates made by mechanical steel kiln and traditional earth kiln. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 31: 251-256 (2002)
- Kim, H.S. and Kim, S.H. Medicines physiology and clinical effectiveness of wood vinegar and their are study direction. A collection of learned papers of Chinese medical science Res. Inst. of Daejeon Univ. 17: 831-835 (1998)
- Susumu, J., Shoichi, Y. and Toru, U. Components of wood vinegar liquors and their smoke flavors. Mokuzai Gakkaishi. 35: 555-563 (1989)
- Sadakichi, K., Koichi, H. and Konosuke, K. Studies on the smoke odor. I. Smoke odor components of wood vinegar liquor and smoke liquid. Mokuzai Gakkaishi. 16: 382-387 (1970)
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1980)
- Kim, S.B., Ahn, B.W., Yeum, D.M. Lee, D.H., Park, Y.H. and Kim, D.S. Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components, 2. Nitrite scavenging effects of seaweed extracts. J. Korean Fish. Soc. 20: 469-475 (1987)
- Lee, J.W., Do, J.H. and Shim, K.H. Antioxidant activity of the water soluble browning reaction products isolated from korean red ginseng. 1. DPPH radical and hydrogen peroxide scavenging. J. Ginseng Res. 23: 176-181 (1999)
- Choi H.S. Peroxide and nutrition of lipids. J. Korean Soc. Food Nutr. 23: 867-878 (1994)
- Pratt, D.E. Natural antioxidants from plant material, Vol. 2, pp. 54-72. In: Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health. Huang, M.-T., Ho, C.-T. and Lee, C. (eds.). American Chemical Society, Washington, DC, USA (1992)
- Higasi, G.S. Appraisalment of antioxidative activity from vegetables. Japan J. Food Ind. 57: 56-64 (2000)
- Kyrtopoulos, S.A. N-nitroso compound formation in human gastric juice. Cancer Surveys. 8: 423-442 (1989)
- Ashton, M.R. The occurrence of nitrates in foods. The British Food Manufacturing Industries Research Association, Literature Survey, No. 7. (1970)
- White, J.W. Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite. J. Agric. Food Chem. 23: 886-891 (1975)
- Byers, T. and Perry, G. Dietary carotenes, vitamin C and vitamin E as protective antioxidants in human cancers. Annu. Rev. Nutr. 12: 135-159 (1992)
- Gray, J.I. and Dugar, J.R. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. J. Food Sci. 40: 981-984 (1975)
- Forman, D. Are nitrates a significant risk factor in human cancer? Cancer Surveys. 8: 443-458 (1989)
- Mun, S.P., Koo, C.S., Park, S.B. and Kwon, S.D. Characteristic of bamboo smoke distillates made by three kinds carbonization kiln. Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting. pp. 252-257 (2000)
- Mun, S.P. Analysis of volatile components from wood vinegar and bamboo vinegar by SPME method. Proceedings of the Korean Society of Wood Science and Technology Annual Meeting. pp. 292-296 (2001)
- Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 232-239 (1996)
- Cooney, R.V. and Ross, P.D. N-nitrosation and N-nitration of morpholine by nitrogen dioxide in aqueous solution: Effects of vanillin and related phenols. J. Agric. Food Chem. 35: 789 (1987)