

복령의 인공 재배법 개선과 항산화활성에 관한 연구

강안석* · 강태수 · 손형락 · 서상명 · 강미선 · 김광포¹ · 이정숙²

*강원도 농업기술원, ¹농업과학기술원
²(주)일화 중앙연구소

Studies on Improvement of Artificial Cultivation and Antioxidative Activity of *Poria cocos*

An-Seok Kang*, Tae-Su Kang, Hyeong-Rak Shon, Sang-Myoung Seo,
Mi-Sun Kang, Kwang-Po Kim¹ and Jung-Suk Lee²

*Kangwon Provincial Agricultural Research and Extension Services, Chunchon 200-150, Korea

¹National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea

²Central Research Institute of Food Research and Development,
Ilhwa Co. Ltd., Guri 491-030, Korea

ABSTRACT: This study was carried out to improve an artificial culture techniques and antioxidative activity of the crude extract isolated from sclerotia of *Poria cocos*(Fr.) Wolf. In the test of different spawns and inoculation method, the sclerotia formation, number of sclerotia and production yield were excellent in the both sides inoculation method of log spawn, whereas the both side inoculation method of sawdust spawn was poor in sclerotia formation and yield. The optimal spawn and inoculation method for the quality and productivity of *P. cocos* was in the order of log spawn (both sides inoculation > log spawn(cutting section inoculation) > sclerotia (both sides inoculation) > sawdust spawn (both sides inoculation). The physiological activity substance, crude extract content of *P. cocos* NIAST 13007 was about 83%. As the concentration of crude extracts increased, the relative viscosity tended to be increased. However, as the concentration of sodium chloride increased, the relative viscosity did not affected. In antioxidative activities, electron donating ability (EDA) of *P. cocos* was about 10% of butylated hydroxytoluene (BHT). Thiobarbituric acid (TBA) value was similar to that of the vitamin C, however the peroxide value (POV) was lower than those of BHT and vitamin C.

KEYWORDS: *Poria cocos*, Artificial cultivation, Antioxidative activity, Pachyman

복령 [*Poria cocos*(Fr.) Wolf]은 담자균아강 다공균목 구멍장이버섯과의 복령속에 속하며, 주로 소나무를 벌채한 후 3~5년이 경과하면 그 뿌리 주변에서 기생 또는 부생하는 갈색부후균으로 부정형의 균핵(sclerotia)을 형성한다(육, 1981; 이, 1986). 복령은 색깔에 따라 백복령과 적복령으로 구분되며 백복령은 육질이 견고하여 상품으로 취급되는 반면, 적복령은 연하고 부드러운 하품으로 평가되고 있으며, 맛은 달콤하고, 향과 독이 없다.

옛부터 복령은 생약재종의 하나로 위, 심장, 폐, 비장, 신장 등 5장에 좋아 한방에서 치료제로 사용되어 왔으며, 그 밖에도 이뇨, 위장병, 결핵, 당뇨 등에도 탁월한 효과가 있는 것으로 알려져 있다(김 등, 1984; 水野 와 川合, 1992).

최근에는 복령의 항암효과에 대한 연구(Chihara 등, 1970; Kanayama 등, 1983; Nauri 등, 1980; Saito 등, 1968)가 활발하게 진행되고 있으며 특히 복령의 성분중 복령당이라 불리는 pachyman은 항종양활성이 없으나 이 물질의 구조가 변하여 pachyman이 되면, 매우 강한 항암활성을 나타내

어 육종암(Sarcoma 180)에 감염된 mouse에 96.88%의 항종양 억제효능이 있다고 알려져 있다(千原, 1980).

Pachyman은 β -1,3-glucan으로 β -1,6분지를 가지고 있는 고분자 다당류이며, pachyman의 구조중에 β -1,6분지가 제거된 β -1,3-glucan이 복령다당이라 불리는 pachyman이다. 이러한 구조의 변형은 여러 가지 방법으로 가능한데, Chihara 등(1970)은 Smith 분해법에 의해 pachyman을 pachyman으로 구조를 변형시켜 생리활성을 증대시킨 바 있다.

그밖에도 복령내에는 조섬유, 조단백 및 조지방을 비롯한 미량의 pachymic acid, ergosterol, triterpenoid adenine, histidine 등(Shibata 등, 1958)이 함유되어 있어 여러가지의 생리활성을 나타낼수 있을 것으로 기대되나 이에 대한 면밀한 연구가 매우 부족한 실정이다.

복령의 인공재배에 관한 국내의 연구는 지금까지 활발하게 이루어져 왔으며(차와 박, 1985; 박 등, 1980; 홍, 1992) 1994년에는 복령 1호에 대한 균주의 분리·동정 및 인공 재배법(농업과학기술원, 1994)이 확립된바 있으나 아직 농가에서는 복령의 인공재배에 대한 경험과 기술의 부족 등으

*Corresponding author

로 실패하는 사례가 많은 실정이다. 그러므로 복령에 대한 안전한 인공재배법의 기술 확립에 대한 면밀한 연구가 절실히 요구되고 있는 시점이다.

따라서 본 연구는 복령의 인공재배법에 대한 방법을 개선하고, 복령의 생리활성을 검토하고자 복령의 종균종류 및 접종방법에 따른 균핵형성정도 및 생산성을 조사하였으며, 아울러 복령 균핵으로부터 복령당을 분리하여 이의 물성 및 항산화활성을 검토하여 얻은 주요 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시균주

실험에 사용한 균주는 농업과학기술원으로부터 분양받은 복령 1호(ASI 13007)로 potato dextrose agar(PDA) 배지에서 2개월에 한번씩 계대배양하면서 실험에 사용하였다.

종균(툽밥, 증목, 균핵) 제조

복령의 인공재배를 위하여 3종의 종균(툽밥종균, 증목 및 균핵)을 다음과 같이 준비하였다.

복령접종원은 소나무툽밥과 미강을 4:1(v/v)로 혼합하고 수분을 70%로 조절한 후, 250 ml에 150 g씩 충전하여 121°C에서 50분간 멸균한 다음, 실온까지 식혔다. 냉각된 배지에 PDA 평판배지에서 배양시킨 복령균을 직경 5 mm의 cork borer를 이용하여 일정하게 균사체를 절취하여 접종한 다음 27~28°C에서 25~30일간 배양하였다. 복령종균은 접종원 제조방법과 동일하게 1000 ml의 pp(polypropylene)병에 배지를 600 g씩 충전하여 121°C에서 90분간 살균 후 냉각시켰다. 그 다음 무균적으로 접종원을 8~10 g씩 접종하고, 27~28°C로 조절된 배양실에서 35~40일간 배양한 다음 종균으로 사용하였다.

증목종균(log spawn)의 준비는 수분함량이 약 40~50%인 소나무원목을 30 cm 길이로 절단하고, 이 단목을 pp film에 넣은 후 밀봉하여 121°C에서 90분간 멸균하였다. 그 후 무균상 내에서 툽밥종균을 접종하여 27~28°C의 배양실에서 80~90일간 배양하여 단목 접종용 증목으로 사용하였다.

복령균핵(sclerotia)은 강원도 농업기술원에서 인공재배한 복령 1호의 균핵을 수확하여 습도조절이 가능한 저온실(4°C)에서 보관하였고, 접종시 균핵은 가로, 세로, 두께가 각각 3 cm, 3 cm 및 1 cm가 되게 일정하게 절단하여 이를 균핵 접종용 종균으로 사용하였다.

종균 및 접종방법에 따른 복령생산

복령의 종균종류 및 접종방법에 따른 균의 활착율을 검토하고자 기존의 방법인 툽밥종균 양면접종법, 복령균핵 절편을 단목의 양면에 접촉하는 방법(이하 균핵 양면접종), 배양이 완료된 증목의 양면을 증목의 폭에 맞도록 절단하여 단목의 절단면인 상,하 양끝부분에 못 등을 이용하여 부착시키는 접종방법(이하 증목 절단면접종), 그리고 증목을 단

목의 양면에 접촉하는 증목 양면접종방법으로 97년 5월에 접종한 다음, 땅에 매몰후 97년 3월부터 98년 10월에 걸쳐 수량을 조사하였다.

복령 조다당의 분리

복령 1호(ASI 13007) 균핵의 외피를 제거하고, 일정크기로 세절한 후 원적외선 건조기(KFD-10113)로 60°C에서 12시간동안 건조하였다. 건조된 분말은 1%(w/v)의 NaOH 용액으로 완전히 용해한 다음, 원심분리(2,500×g)하였다. 그 다음 상등액을 회수하여 0.1 N HCl로 중화하고, 이때 생성된 침전물만 회수하였다. 침전물은 다시 소량의 증류수에 용해하여 투석막(MWCO 12,000)에 넣고 2~3일간 흐르는 수도물에서 투석한 다음, 투석내액 용량의 2배량에 해당하는 에탄올을 가하고 4°C에서 하루 동안 방치한 후 냉동 원심분리기(2,500×g)로 원심분리하고, 침전물을 회수하여 60°C에서 24시간동안 건조하였으며, 이로부터 복령 추출물인 조다당을 얻었다. 추출물의 고분자 당성분을 확인하기 위하여 당의 일반정성법인 anthron법과 페놀황산법을 실시하였고, 저분자 물질의 함유 여부를 확인하기 위하여 thin layer chromatography(Merck, Kieselgel 60F254)를 행하였는데, 이때 발색제는 silver nitrate 용액을 사용하였다. 또, 복령 조다당의 함량계산은 건조된 복령분말로부터 상기의 과정으로 추출하여 건조한 다음 건조중량을 측정하여 계산하였다.

점도의 측정

복령 균핵으로부터 분리한 조다당의 상대점도(η_r , relative viscosity)는 Ostwald 점도계를 이용하여 대조구의 유속과 밀도에 대한 시료의 유속과 밀도를 구하여 다음의 (1)식으로 계산하였다.

$$\eta_r = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \quad (1)$$

여기서 η_r 은 상대점도이며, η_1 , ρ_1 및 t_1 은 각각 시료의 점도, 밀도 및 유속이고 η_2 , ρ_2 및 t_2 는 용매의 점도, 밀도 및 유속이다. 이때, 각 시료는 1%(w/v) NaOH 용액에 녹여 사용하였다.

항산화활성 측정

항산화 효과는 전자공여능(electron donating ability, EDA), TBA가(thiobarbituric acid value) 및 과산화물가(peroxide value, POV)로 측정하였다.

EDA는 Blois법(1958)에 준하여 시료 0.2 ml(10 mg/ml)에 4.1×10^{-5} M의 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma D-9132)용액 1.0 ml를 가한 후 10초 동안 진탕하고, 10분간 반응시켜 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 다음 (2)식에서와 같이 계산하여 백분율로 표시하였으며, 시판되고 있는 합성항산화제인 BHT(butylated hydroxy toluene)를 표준품으로

사용하였고, 대조구는 시료만 첨가하지 않은 용액을 사용하였다.

$$(\%) = [(A - B) / A] \times 100 \quad (2)$$

TBA가 측정은 Mitsuda(1966)와 Sidwell(1954)의 방법에 준하여 기질용액으로 0.03 M의 linoleic acid를 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)와 ethanol 혼합용매(4:1,v/v)로 조제한 다음 0.1 M phosphate buffer 19.2 ml와 1%(w/v) 시료 용액 0.8 ml를 기질용액 20 ml에 첨가하여 혼합한 뒤 40±1°C의 항온기에서 진탕반응시키면서 1일부터 7일까지 경시적으로 시료를 취하였다. 채취한 시료 2 ml에 35%의 TCA(trichloroacetic acid)용액 1.0 ml와 0.75%의 TBA(sigma T-5500)시약 2.0 ml를 가하여 혼합한 후, 끓는 수조에서 40분간 반응시킨 다음 냉각시켰다. 그 후 acetic acid와 chloroform을 각각 1.0 ml와 2.0 ml를 가한 뒤 원심분리하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준품으로 천연 항산화제인 비타민 E를 사용하였고, 대조구의 경우는 시료를 제외한 기질용액을 사용하였다.

과산화물가는 로단철법(金田와 植田, 1983)에 준하여 0.1 M의 linoleic acid 20 ml와 0.1 M의 phosphate buffer(pH 7.0) 20 ml의 혼합액에 시료액(10 mg/ml)을 가해서 50 ml로 하였다. 45°C의 항온조에서 차광보존하면서 경시적으로 반응액 0.1 ml를 취하여 75%의 ethanol 4.7 ml에 가하였고, 여기에 30% NH₄SCN 0.1 ml와 20 mM FeCl₂-35% HCl 0.1 ml를 가하여 3분간 방치한 후, 500 nm에서 흡광도를 측정하여 구하였다. 이때, 표준품으로는 BHT와 비타민 C를 사용하였으며, 대조구는 시료가 첨가되지 않은 기질용액을 비롯한 기타 반응시약이 첨가된 것으로 하였다.

결과 및 고찰

종균의 종류 및 접종방법에 따른 복령 생산

종균의 종류와 접종방법에 따라 복령 균핵이 형성되는 정도와 수, 그리고 단위 면적당 수량을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. The effects of various spawns and inoculation methods on the sclerotia formation, number of sclerotia and yield of *P. cocos*

Observation	Spawns and inoculation methods			
	Sawdust		Log	
	both sides	both sides	cutting sides	both sides
Sclerotia formation	+	++	++	+++
Number of sclerotia (ea./3.3 m ²)	9	15	14	21
Sclerotia yield (kg/3.3 m ²)	6.7	7.2	10.8	21.0
Mean weight (kg/ea.) ^b	0.74	0.48	0.77	1.00

^a+: poor ++; good +++; excellent.

^bMean weight = sclerotia yield/number of sclerotia.

Table 2. Size of sclerotia produced by various spawns and inoculation methods

Items	Spawn and inoculation method			
	Sawdust		Log	
	both sides	both sides	cutting sides	both sides
Length (cm)	20.1	13.6	17.1	17.3
Thickness (cm)	10.8	9.4	14.8	9.8
Ratio of T/L (cm/cm) ^a	0.54	0.69	0.87	0.57

^aThickness/length.

종목 양면접종법이 균핵형성도 좋았고, 균핵수도 21개로 가장 많았으며, 그 다음은 균핵양면접종과 종목절단면 접종이었고, 종균양면접종이 가장 저조하였다. 또한 종목양면접종법이 균핵수량도 21 kg/3.3 m²로 가장 많았고 개체중도 가장 무거웠다.

접종방법에 따라 형성된 균핵의 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다.

균핵의 길이(경장)는 톱밥 양면 접종구가 20.1 cm로 가장 길었으며, 종목 절단면 접종과, 양면접종은 비슷하였으며, 균핵양면 접종은 13.6 cm로 가장 짧았다. 균핵의 길이와 두께(폭)의 비를 조사한 결과, 종목 절단면 접종이 0.87(cm/cm)로 가장 원형에 가까운 균핵의 형태를 보였으며, 톱밥종균 접종이 0.54(cm/cm)로 가장 타원형에 가까운 형태임을 알 수 있었다.

복령재배시 종균의 종류 및 접종 방법에 따른 복령 생산 실증 실험의 결과, 품질 및 수량성을 기준으로 볼 때, 가장 좋은 종균 및 접종방법은 종목 양면접종 > 종목 절단면접종 > 균핵 양면접종 > 톱밥 양면접종의 순으로 판단되었다.

조다당의 분리 및 물성

복령 1호 균핵으로부터 추출분리한 복령 조다당의 함량은 건조중량법으로 측정된 결과 평균 83% 정도이었다. 일반적으로 복령내에 복령당이 차지하는 함량에는 차이가 있으나 93%까지 함유(성 등, 1998)되어 있는 것으로 알려져 있어 본 실험의 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.

한편, 복령 조다당의 농도에 따른 상대점도를 측정할 결과, Fig. 1에서와 같이 0.1~0.5%의 농도범위에서 농도가 증가할수록 상대점도도 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 또, 조다당의 점도 특성을 조사한 결과, 염류농도의 변화에 따라 점도는 Fig. 2에서와 같이 염(NaCl)의 첨가농도가 증가함에 따라 복령당의 점도는 미미한 증가를 보였으나 1.5 M 이후에서는 감소하였으며, 염류의 첨가에 의해 복령당의 점도는 큰 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 일반적으로 고분자 점질물에 염을 첨가하면 점도는 저하하는 경향을 보이는데, 지금까지 알려진 다당류중 광범위한 염농도 범위에서도 안정한 점도 특성을 갖는 것으로는 xanthan gum점도가 알려져 있다(1995, 강).

한편, 온도의 변화에 따른 상대점도를 측정할 결과(Fig.

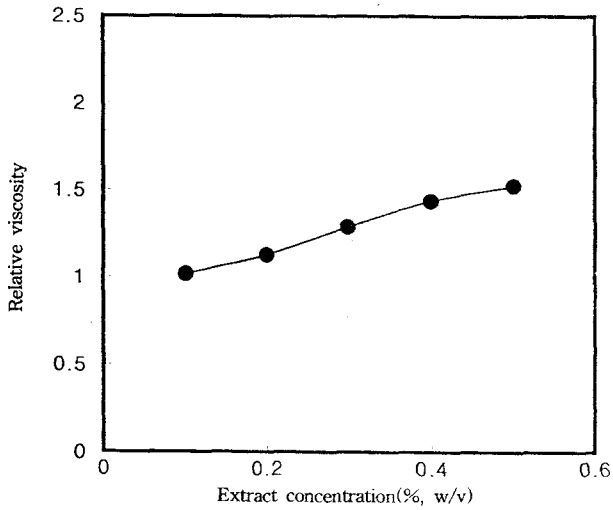


Fig. 1. Relative viscosity on different concentration of the crude extract.

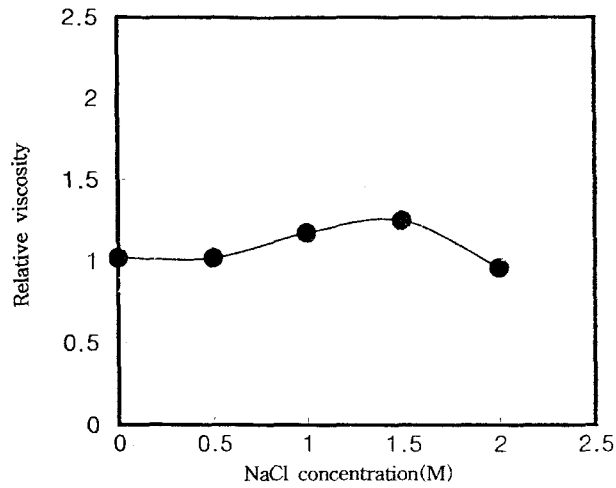


Fig. 2. Relative viscosity on NaCl concentration of the crude extract.

3) 그림에서 보는바와 같이 온도가 높을수록 복령당의 상대 점도도 낮아지는 경향을 나타내었다. 대개 버섯 유래의 고분자 물질은 구조의 변화에 따라 그 물성도 변하며, 이는 궁극적으로 생리활성에도 영향을 미치는 것(Yanaki 등, 1986; Kojima 등, 1986)으로 알려져 있다.

복령 조다당의 항산화 활성

복령 조다당의 항산화 효과를 검토한 결과, 전자공여능(EDA)에 의한 항산화 활성은 Table 3에서와 같이 합성산화제로 잘 알려진 butylated hydroxytoluene(BHT)의 약 10% 정도의 미미한 항산화 효과를 나타내었다.

한편, TBA에 의한 항산화 효과를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다.

복령으로부터 분리한 복령 조다당의 TBA는 반응시간에 따라 상승하는 경향을 보였으며 천연 항산화제로 알려진 비타민 E와 유사한 효과를 나타내었다. 또, POV에 의한

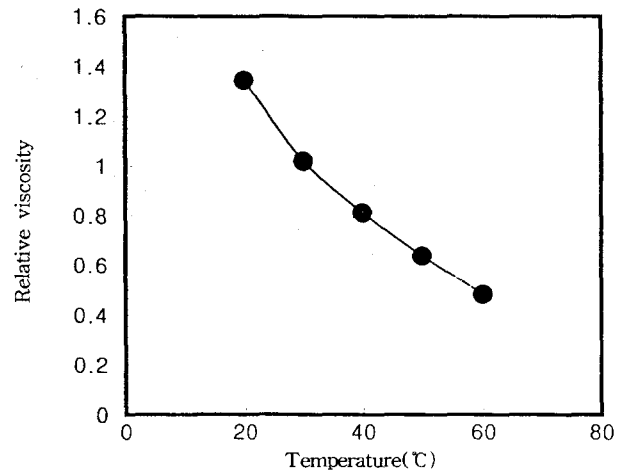


Fig. 3. Relative viscosity on different temperature of the crude extract.

Table 3. Antioxidative activity of crude extract by electron donating ability (EDA)

Sample	Concentration (mg/m)	EDA (%) ^a
BHT (butylated hydroxy toluene)	10	94.1
Crude extract	10	9.2

^aEDA (%) = [(A - B)/B] × 100.

A: absorbance at 525 nm of control, B: absorbance at 525 nm of sample.

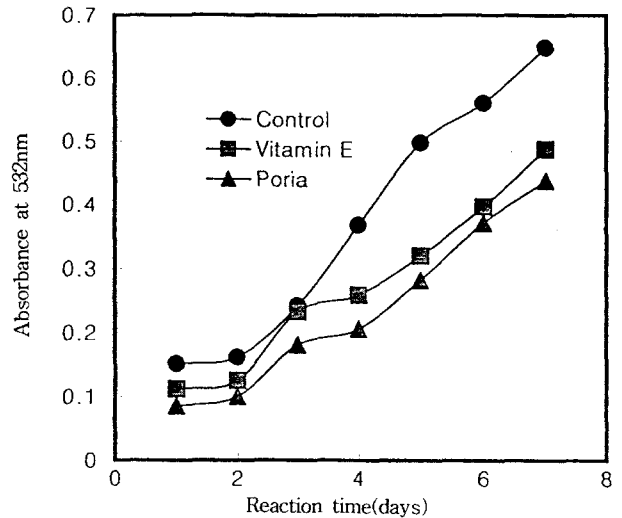


Fig. 4. Antioxidative activity of the crude extract by TBA method.

항산화 효과를 측정된 결과(Fig. 5), 비타민 C나 BHT보다 약한 활성을 보여, 항산화 활성 측정방법에 따라 복령당의 항산화 활성값이 변화함을 알 수 있었다.

일반적으로 인체에서 산화를 일으키는 원인은 산소유리기이며, 이들은 체내에서 불포화지방산 등과 결합하여 생성되는 산화생성물이 세포를 손상시키는 등, 여러가지의 질환을 유발시키는 원인이 되고 있는데, 이 산소유리기는 체내

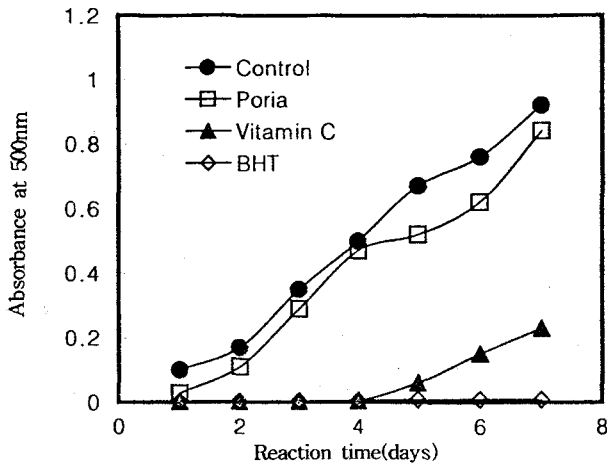


Fig. 5. Antioxidative activity of the crude extract by peroxide value method.

에서 생성되는 superoxide dismutase(SOD), glutathion peroxidase 및 catalase 등의 효소작용에 의해 분해되고, 식품으로부터 섭취한 영양소(vitamin-E, vitamin-C, carotene)에 의해 중화되는 것으로 알려져 있다(Barnen, 1975; 건강보조식품심포지움, 1997). 그러나 복령을 비롯한 버섯류의 경우, 항산화 활성을 나타내는 물질의 구조나 기작에 관한 규명이 매우 미흡한 실정이므로 앞으로 이와 관련된 면밀한 연구의 필요성이 절실히 요구된다.

적 요

복령의 인공재배기술을 개선하고 복령추출물의 생리활성을 검토하고자 본 연구를 수행하였다.

종균의 종류 및 접종법에 따른 검토결과, 종목 양면접종법이 균핵형성정도, 균핵 갯수, 균핵 생산수율 및 개당 평균중량에서 가장 좋았으며, 톱밥 양면접종법이 균핵형성 및 생산수율에서 가장 낮았다. 복령의 품질과 생산성을 종합하여 판단할 때, 최적 종균 및 접종방법은 종목 양면접종 > 종목 절단면접종 > 균핵 양면접종 > 톱밥 양면접종의 순이었다. 복령균핵으로부터 분리한 생리활성물질인 조 복령당의 함량은 83%이었고, 농도가 증가함에 따라 상대점도가 상승하였으며, 염의 첨가 농도에는 큰 영향을 받지 않았다. 항산화 활성(EDA, POV, TBA)을 측정된 결과, TBA의 경우에는 천연 항산화제인 비타민 E와 유사한 활성을 나타내었으나, POV와 EDA에 의한 항산화활성 측정 결과에서는 BHT나 비타민 C보다 낮은 활성을 나타내었다.

참고문헌

강태수. 1995. 영지균사체의 액체배양에 의한 세포외 생물고분자의 생산에 관한 연구. 강원대학교 박사학위논문.
김영훈, 신길구, 김재성, 배원식. 1984. 국역 동의보감. 남산당.
박종진, 함형배, 이민웅. 1980. 복령의 인공재배에 관한 연구.

한국균학회지 8: 133-142.
성재모, 유영복, 차동열. 1998. 버섯학. 교학사.
육창수. 1981. 한국본초학. 계인문화사.
이상인. 1986. 본초학. 학림사.
차동열, 박용환. 1985. 복령의 인공재배법 개발에 관한 시험. 시험연구보고서. 농촌진흥청.
홍인표. 1992. 복령 *Poria cocos*의 생리적 특성 및 인공재배에 관한 연구. 동국대학교 박사학위 논문.
金田尙志, 植田伸夫. 1983. 過酸化脂質實驗法. 義齒藥出版.
水野卓, 川合正允. 1992. きのこの化學·生化學. 學會出版センター.
千原吳郎. 1980. 癌と免疫増強. 講談社サイエンティフィック.
Barnen, A. L. 1975. Toxicological and biochemistry of BHA, BHT. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 52: 59.
Blois, M. S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1202.
Chihara, G., Hamura, J., Maeda, Y., Arai, Y. and kukumoto, F. 1970. Antitumor polysaccharide derived chemically from natural glucan (pachyman). *Nature* 225: 943-944.
Kanayama, H., Adachi, N. and Togami, M. 1983. A new antitumor polysaccharide from the mycelia of *Poria cocos* Wolf. *Chem. Pharm. Bull.* 31: 1115-1118.
Kanayama, H., Fukai, Y. and Adachi, N. 1984. On the submerged culture of mycelia of *Poria cocos*. *Trans. Mycol. Soc. Japan* 25: 101-107.
Kanematsu, A. and Natori, S. 1970. Triterpenoids of hoelen (Fuling), sclerotia of *Poria cocos* II. *Chem. Pharm. Bull.* 18: 779-783.
Kojima, T., Tabata, K., Itoh, W. and Yanaki, T. 1986. Molecular weight dependence of the antitumor activity of schizophyllan. *Agric. Biol. Chem.* 50: 231-232.
Mitsuda, H., Yasumoto, K. and Iwami, K. 1966. Antioxidative action of indole compounds during the autoxidation of linoleic acid. *Eiyo To Shikuryo* 19: 210-217.
Nauri, T., Takahashi, K., Kobayashi, M. and Shibata, S. 1980. A polysaccharide produced by laboratory cultivation of *Poria cocos* Wolf. *Carbohydrate Research* 87: 161-163.
Saito, H., Misaki, A. and Harada, T. 1968. A comparison of the structure of the structure of curdlan and pachyman. *Agr. Biol. Chem.* 32: 1261-1269.
Shibata, S., Natori, S., Fujita, K., Kitagawa, I. and Watanabe, K. 1958. Metabolic products of fungi XV. Pachymic acids, a constituent "Bukuryo" (Fu Ling), a sclerotium of *Poria cocos*. *Chem. Pharm. Bull.* 6: 608-611.
Sidwell, C. G., Salwin, H., Benca, M. and Mitchell Jr, J. H. 1954. The use of thiobarbituric acid as a measure of fat oxidation. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 31: 603-609.
Sosulski, F. W. and Cadden, A. M. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *J. Food Sci.* 47: 1472-1477.
Yanaki, T., Itoh, W. and Tabata, K. 1986. Correlation between the antitumor activity of schizophyllan and its triple helix. *Agric. Biol. Chem.* 50: 2415-2416.