

마카(*Lepidium meyenii*) 보충이 생쥐에서 Scopolamine으로 손상된 기억력 회복에 미치는 효과

이흥미 · 박은진* · 전인숙 · 강용수* · 진동일** · †정해정

대진대학교 식품영양학과, * 유진종합식품(주), ** 충남대학교 동물자원생명과학과

Effect of Maca Supplementation on Scopolamine-Induced Memory Impairment of Mice

Hong-Mie Lee, Eun-Jin Park*, In-Sook Jeon, Yong-Soo Kang*, Dong-Il Jin** and †Hai-Jung Chung

Dept. of Food Science & Nutrition, Daejin University, Pocheon 487-711, Korea

*Eugene Food & Beverage Co. Ltd., Pocheon 487-711 Korea

**Dept. of Animal Science & Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

With an increase in the number of people suffering from ageing-related diseases in our rapidly aging society, interests in natural products such as maca(*Lepidium meyenii*), which has properties of enhancing cognition and sexual performance, have increased. This study was conducted to assess the effects of 7 weeks of maca extract supplementation(0.5~2.0 g/kg BW) on scopolamine-induced amnesia in mice and on sperm count in male mice. All doses of maca supplementation significantly protected against scopolamine-induced amnesia as determined by a Morris water maze, but not according to passive avoidance tests. Maca supplementation did not affect acetylcholinesterase activity in the whole brain, nor the testicular sperm count of male mice. This study suggests that maca may have some neuroprotective properties in mice, which will be further examined by future studies.

Key words: acetylcholinesterase, maca, Morris water maze, passive avoidance test, sperm count.

서 론

소득 수준과 생활 수준이 향상됨에 따라, 영양이나 기호적 측면 외에도 다양한 생리작용을 위해 식품을 섭취하기 위해 각종 건강기능식품이 개발되고 있다. 마카(*Lepidium meyenii*)는 십자화과(Brassicaceae)에 속하며, 안데스 산맥의 해발 4,000 m 이상 고지에서 재배되는 식물로 뿌리 부분이 페루의 안데스 지방에서 식용 및 약용식물로 이용되고 있다(Balick & Lee 2002; Wikipedia 2010).

마카는 각종 영양소뿐만 아니라(Piacente 등 2002) alkaloid, sterol, glucosinolate 등의 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있어서, 남성과 여성의 성기능 강화, 뇌기능 향상, 양성 전립

선 종양 억제, 항산화 기능, 우울증, 스트레스 개선 및 운동 능력 향상 등이 알려져 있고, 그 기능들의 과학적 규명을 위한 연구가, 특히 페루를 중심으로 진행 중이다(Ronceros 등 2005; Rubio 등 2006a; Wang 등 2006; Kwon 등 2010). 그에 따라 일본, 미국 및 유럽에서 건강기능식품으로 인정받아 시판되고 있는데 반해, 우리나라에서는 아직 널리 이용되고 있지 않은 상태이다.

고산지대의 식물은 척박한 토양과 혹독한 기후에서 생존을 유지하기 위해 필요한 여러 성분들을 생산할 수밖에 없기 때문에 결국 그 성분들이 인간의 건강에도 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 마카의 생리효과에 대해서는 성기능과 뇌기능 면에서 과학적으로 가장 많이 연구되어 있다. 정자 수 감소

† Corresponding author: Hai-Jung Chung, Dept. of Food Science & Nutrition, Daejin University, Sundan-dong, Pocheon-si, Gyeonggi-do 487-711, Korea. Tel: +82-31-539-1861, Fax: +82-31-539-1860, Email: haijung@daejin.ac.kr

현상의 억제(Bustos 등 2005; Rubido 등 2006b), 고환이 제거된 흰쥐에서 발기력 증가와 발기까지 경과시간 감소(Zeung 등 2000), 성경험이 없는 생쥐 및 흰쥐에서 교미 행위 증가(Cicero 등 2001) 및 성인 남자에서 성욕, 정자 수, 정액량, 정자 운동성 증가(Gonzales 등 2001) 등 남성 성기능 증가가 보고된 바 있다. 특히 마카의 이러한 성기능 강화는 남성과 여성에서 모두 성호르몬의 증가를 통한 것이 아니기 때문에 경구 투여 시 안전성에서 유리하다(Brooks 2007).

마카는 스코폴라민으로 유도된 손상으로부터 생쥐의 뇌를 보호하는 것이 보고되었는데(Rubio 등 2006), 스코폴라민은 무스카린성 아세틸콜린 수용체의 저해제로서, 이것으로 유도된 콜린성 뉴런의 손상은 알츠하이머 질환의 동물모델로 이용된다(Bartus 등 2000). 아세틸콜린은 기억력과 학습 능력에 관련된 중요한 신경전달물질로서, choline acetyltransferase에 의해서 acetyl CoA와 choline으로부터 합성되고, acetylcholinesterase (AChE)에 의하여 분해됨으로써 그 농도가 적정 수준으로 조절된다. 현재 알츠하이머의 치료제로 개발된 것은 AChE의 저해제로서 뇌 조직에서 ACh의 분해를 막아 아세틸콜린의 농도를 유지시킴으로써 저해된 인지기능을 개선시키는 효과를 가지지만, 낮은 체내 이용률과 간독성과 같은 부작용으로 사용이 제한적이다(Rogers 등 1998). 따라서 천연식물이나 그 성분 중에서 AChE의 저해작용이 있는 물질을 찾으려는 노력이 계속되고 있다(Lee 등 2003; Kang 등 2005; Wang 등 2006).

마카는 수백 년 동안 섭취해 왔기 때문에 안정성이 확인되었고, 열수 추출로 생리활성이 보존되는 것이 확인되었기 때문에(Kwun 등 2009) 유기용매를 사용하지 않을 수 있어서 식품원료로 활용이 유리하다. 21세기에 접어들면서 의학기술의 발달로 평균 수명이 증가되면서 뇌기능과 성기능 향상에 대한 관심이 증가하고 있다(Han & Kim 2003). 마카의 기능은 성기능과 뇌기능이 가장 잘 알려져 있는데, 거의 모두가 특정 연구팀에서만 보고되어 있는 실정이므로, 최근 들어 관심이 증가되고 있는 국내에서 마카에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구팀에서 최근에 마카의 생리활성을 최적으로 하는 추출 방법(Kwun 등 2009)과 마카 추출액 첨가에 따른 시럽의 항산화성 정도(Chung 등 2009) 및 마카 추출물을 첨가한 제품의 항산화능(Chung 등 2010)을 보고한 바 있지만, 생체 내에서의 기능은 국내에서 연구가 보고된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 여러 가지 마카의 기능 중에서 정자 수로 측정된 성기능과 스코폴라민에 의해 유도된 기억력 손상에 미치는 마카 추출물 보충의 영향을 생쥐에서 측정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 추출

Maca (*Lepidium meyenii*)는 페루에서 재배되어 분말 상태로 가공된 것을 수입하였다(A.T.S. Corp., Korea). 선행 연구 결과(Kwun 등 2009)에서 시간과 에너지의 효율적 측면을 고려한 최적 추출 방법으로 결정된 바대로 100°C에서 3시간 동안 마카 분말과 증류수의 비율을 1:20(w/v)으로 하여 추출하였다. 추출물은 원심분리한 후, 분획물을 동결 건조하여 분말로 만든 후 실험에 사용하였다.

2. 동물 사육 및 기억력 손상 유발

실험동물은 (주)오리엔트바이오(Seoul, Korea)로부터 구입한 9주령 SPF/VAF CrjBgi: CD-1(ICR) 수컷 생쥐였다. 1주일간 적응시킨 후, 군 당 평균 체중이 동일하도록 15마리씩 5군으로 배분하여 5마리씩 한 cage에 사육하였다. 실험동물은 고행사료(카길에그푸리나, Korea)와 증류수를 자유롭게 섭취하도록 하였고, 사육실 조건은 온도 22~26°C, 상대습도 50±10% 및 12시간 광주기(09:00~21:00)로 유지되게 하였다. 각 군은 무작위로 다섯 가지 처리군 중에 하나에 배당되었다: 정상대조군(Control, 스코폴라민 및 마카 무투여), 스코폴라민(scopolamine hydrobromide, Sigma) 보충군(Scopolamine군, 마카 무투여), 마카 0.5 g/kg 보충 후 SCP 투여군(Maca0.5+S), 마카 1.0 g/kg 보충 후 SCP 투여군(Maca1.0+S) 및 마카 2.0 g/kg 투여 후 SCP 투여군(Maca2.0+S). 다섯 군 중에서 정상대조군을 제외한 네 군은 마카 추출액을 경구 투여하였는데, 마카 추출액의 투여량은 2일 간격으로 측정된 체중에 따라 계산하였고, 6주에 걸쳐 매일 동일 시간(오후 2~4시)에 투여하였다. 정상대조군은 같은 방법으로 증류수를 경구 투여하였다. 기억력 테스트 시작 30분 전에, 정상대조군을 제외한 네 군은 스코폴라민(1.0 mg/kg BW)을, 정상대조군은 생리식염수를 복강주사로 투여하였다.

3. 수미로 시험

Morris에 의해 처음 고안되어 흰쥐의 공간지각 능력검사에 사용되는 수미로를 생쥐용으로 제작하였다(Morris R 1984). 수미로는 지름 70 cm와 높이 45 cm의 원통형으로 스텐레스 스틸로 주문 제작(대중기기산업, 대한민국)되었다. 수미로는 사분원으로 나누어지고, 그 중 한 사분원의 중앙에 탈출 플랫폼(지름 10.3 cm, 높이 19 cm)을 장착하였으며, 물은 플랫폼 위로 1.5 cm까지 채워서 실험하였다. 물에 White Cloudy(아라비아검, 테르펜계 탄수화수소류, 자당지방산에스테르로 구성된 현탁액, 주식회사 보락, Korea)를 섞어서 탈출 플랫폼이 보이지 않도록 하여 실험동물의 시각이 아닌 기억력을 측정하도록 하였다. 선행 연구(Rubio 등 2007)에서는 수미로의 수온이 26±1°C로 제시되었으나, 본 연구의 실험동물들은 탈출 플랫폼의 위치를 스친 경우에도 수영을 계속하여, 수온을 14±1°C

로 낮춤으로써 탈출 플랫폼이 충분한 보상이 되도록 조정하였다. 학습으로는 연속된 2일간 3회 입수시켜 탈출 플랫폼을 찾아보게 하였고, 일단 탈출 플랫폼에 도달하면 그 위에서 15초간 휴식을 취하는 보상을 주었다. 입수에서 다음 입수까지는 5분간 휴식을 취하게 하였다. 모든 학습과 테스트를 위해 수미로 장치는 실험실 내에서의 위치, 조명과 실험자의 위치를 실험 전 기간을 통해 동일하게 하여 동물로 하여금 공간적 지각의 기준을 삼을 수 있도록 하였다. 테스트 당일 스크폴아민 투여 후, 탈출 플랫폼을 기준으로 학습 때와 다른 방향에서 출발시킨 후, 플랫폼을 찾을 때까지의 탈출 시간(escape latency)을 측정하여 시간이 짧을수록 기억력이 좋은 것으로 판단하였다. 120초 이내에 실패할 경우 15초 휴식 후 다시 플랫폼 위에 올려놓아 15초 동안 재탐색 기회를 주고, 10분간 휴식 시간을 취하게 한 후 탈출 시간을 재측정하였다. 이와 같은 방법으로 한 마리당 3회 반복 실험하였다. 연습과 테스트는 연속된 4일간 하루 중 동일 시간대에 동일한 시작 위치에서 실시하였다(Kang 등 2004; Rubio 등 2007).

4. 수동회피시험

수미로 시험이 종료되고 일주일이 경과되었을 때, 수동회피시험(step-down avoidance test)은 생쥐의 야행성을 이용한 기억력 측정 방법으로서 가로, 세로가 각각 17 cm인 흰색방과 검은색 방, 두 방이 연결되어 있고, 흰색 방은 전구를 달아 조명이 되도록 아크릴 재질의 장치를 이용하였다(대중기기, 한국). 학습은 실험동물을 밝은 방에서 20초간 적응시킨 후, 어두운 방의 문을 열어 유인하고, 동물의 네 다리가 어두운 방에 들어가자마자 두 방의 경계가 되는 문을 닫아 밝은 방으로 돌아가는 것을 차단하였다. 차단과 동시에 어두운 방에서 0.3 mA의 전류를 10초간 흐르게 하여 충격을 주었다. 전기 충격 18시간 후에 생쥐를 밝은 방에 다시 놓았을 때, 어두운 방의 전기충격 기억을 기억하여 어두운 방으로 가고 싶은 본성을 억제함으로써 밝은 방에서 체류하는 시간(step through latency)을 측정하였다(Jung 등 2006; Choi 등 2009).

5. Acetylcholinesterase 효소의 활성 측정

Ellman 등의 방법(1961)을 토대로 Quantichrom™ Acetylcholinesterase Assay Kit(Bio Assay systems)를 사용하였다. 수미로 실험과 수동회피 시험이 종료 후, 경추 탈구로 희생시킨 생쥐의 전뇌를 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.5)로 10배 희석하여 1분간 sonicator로 균질 분쇄하였다. 균질액은 14,000 rpm에서 5분간 원심분리한 후, 상청액을 취하여 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.5)로 다시 100배 희석하였다. 희석된 균질액을 10 μ l씩 96 well plate에 넣고 assay reagent를 190 μ l씩 가하여 잘 혼합 후, 혼합 시작 2분과 10분 후 의료용 면역흡

광측정기(Sunrise, Tecan Austria GmbH)로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도로부터 다음 식을 이용하여 효소활성을 구하였다.

$$AChE = \frac{O.D._{10} - O.D._2}{O.D._{cal} - O.D._{H_2O}} \times n \times 200$$

O.D.₁₀, O.D.₂: 각각 반응 시작 10분 후와 2분 후의 광학활성
O.D._{cal}, O.D._{H₂O}: 각각 표준용액과 증류수의 광학활성

6. 뇌 균질액의 단백질 분석

Quick Stert™ Bradford Protein Assay kit(Bio-rad, USA)을 사용하였다. 인산완충액으로 100배 희석한 뇌균질액 20 μ l씩 담겨 있는 1.5 ml cuvette에 1 ml씩 Bradford 염료 시약을 첨가하여 잘 혼합하고 5분 방치 후 1시간 내 595 nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. 정소 내 정자 수의 측정

전뇌를 제거한 생쥐의 복부를 절개한 후, 양쪽 정소의 무게를 측정하고 백막(tunica albuginea)을 제거하여 50 ml 시험관에 넣어 생리식염수 10 ml와 함께 균질기로 2,000 rpm에서 10초간 분쇄 후, 2분간 sonicator로 정자의 꼬리를 절단하였다. 정소 균질액의 용량을 측정하고 혈구측정기(hemocytometer)에 10 μ l를 넣어 정자 두부를 센 후 정소 g당 정자 수를 계산하였다(임경순 등 2000).

8. 통계처리

실험 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences version 18.0)를 이용하여 평균과 표준편차로 표시하였다. 분산분석(ANOVA)을 실시하여 실험군 간의 초기 및 최종 체중, 뇌 무게 및 정소 무게, 총 정자 수, 정소당 정자 수, AChE 활성, 수미로 탈출 시간(escape latency) 및 검은방 체류 시간(step through latency)에서의 차이에 대한 유의적 차이를 검증하였다. 유의적 차이가 있는 항목은 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였고, 각 실험군의 비교는 $p < 0.05$ 수준에서 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 수미로 시험으로 측정된 뇌 손상 보호 효과

스크폴아민군(SCP)은 탈출 시간이 25.7±12.4초로 11.0±4.8초인 정상대조군(Nomal)에 비해 탈출 플랫폼을 찾는 데 걸리는 시간이 길어져 스크폴아민으로 인한 기억력 손상이 확인되었다(Fig. 1). 마카를 0.5 g/kg(0.5MSCP군), 1.0 g/kg(IMSCP군) 및 2.0 g/kg(2MSCP군)을 투여 받은 군은 각각 11.5±6.8초,

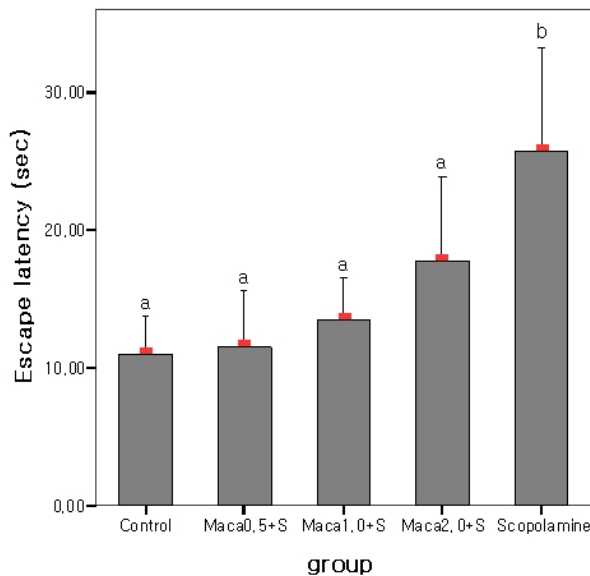


Fig. 1. Effect of maca on scopolamine-induced impairment in Morris water maze task performance. Following four consecutive days training, mice were tested for spatial memory of the platform by determining escape latency. Four subsets of mice received scopolamine(1.0 mg/kg body weight, i.p.) 45 min prior to testing. Bars with different alphabets were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

13.4±5.5초 및 17.8±10.4초로 스코폴아민군에 비해 탈출에 걸리는 시간이 짧아 마카의 투여가 스코폴아민에 의한 기억력 손상을 예방한 것을 보여주었다. 또한 마카의 투여량이 0.5 mg, 1.0 mg 및 2.0 mg으로 증가함에 따라 용량의존적 반응은 보이지 않았으므로(Fig. 1) 비용과 노력면에서 0.5 g/kg 이상으로 투여할 필요가 없음을 물론 더 적은 용량으로 동일 효과를 낼 수 있는지를 추후 연구에서 확인할 것으로 보인다. 한편, 흰쥐에서 5 g/kg까지 독성을 나타내지 않고 안전하다고 알려진 선행 연구(Chung 등 2005)에 따라, 본 실험에서 사용한 마카 투여 용량은 0.5~2.0 g/kg으로 정하였다. 수미로는 국내외에서 동물의 기억력을 측정법으로 널리 쓰이고 있어 각종 질환과 노화에 따른 뇌 기능 손상과 약물 및 천연물의 뇌기능 증진 효과를 입증하고 있다. 본 연구에서와 같은 마카의 기억력 손상에 대한 보호 작용은 Rubio 등(2007)의 결과와 일치하나 국내 연구로는 처음이다.

2. 수동회피시험으로 측정된 뇌 손상 보호 효과

스코폴아민군에서는 밝은 방에서의 체류 시간이 37.2±38.8초로서 정상대조군의 81.7±43.0초보다 유의적으로 짧았으므로, 1 mg/kg BW의 스코폴아민 투여에 의해 수동회피에 필요한

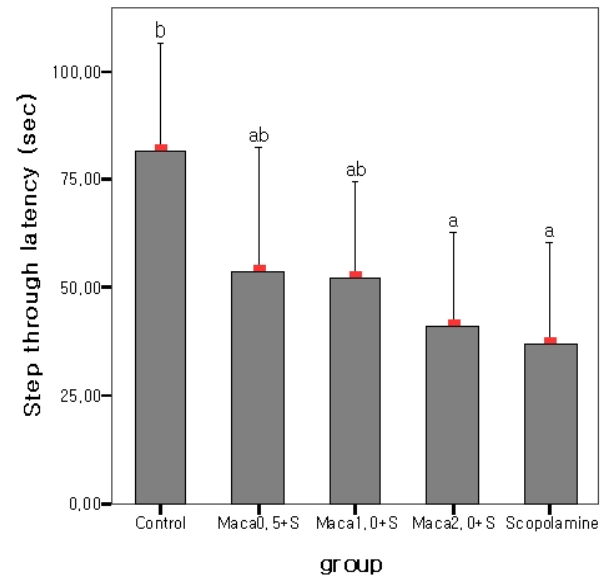


Fig. 2 Effect of maca on scopolamine-induced impairment in passive avoidance. Eighteen hour after passive avoidance training, mice were tested for avoidance of the dark compartment by measuring step-through latency. Four subset of animals received scopolamine (0.5, 1.0, and 2.0 mg/kg body weight, i.p.) 45 min prior to voidance testing. Bars with different alphabets were significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

기억력에 관여하는 뇌기능이 손상되었음을 확인할 수 있었다. 그러나 마카의 투여량이 0.5 g/kg, 1.0 g/kg 및 2.0 g/kg으로 증가함에 따라 밝은 방에서의 체류 시간이 53.7±47.2초, 52.1±38.9초 및 41.0±38.0초로 나타나 유의적으로 높지 않았으므로 이 용량의 마카 추출액 투여로는 스코폴아민이 수동회피를 위한 뇌기능 손상을 회복시킬 수 없음을 제시한다(Fig. 2). 한편, 수동회피시험으로 측정된 생쥐의 학습 능력이 스코폴아민으로 손상되는 것을 마카 보충에 의해 보호된 것을 보고한 선행 연구에서는 본 연구에서와 동일한 마카의 추출 방법(열수 추출)과 용량(0.5~2.0 g/kg) 및 스코폴아민 투여 시간(30분 전)과 투여 용량(1.0 mg/kg)을 사용하였다. 따라서 본 실험이 Rubio 등(2007)의 연구 결과와 다른 원인은 사용한 마카의 종류의 차이에 있을 가능성이 있겠다.

3. Acetylcholinesterase 저해 효과

아세틸콜린에스테라제 효소 활성은 스코폴아민 투여군에서 8.16±2.52 U/mg protein으로 측정되어 정상대조군의 8.21±1.81 U/mg protein과 비교하여 유의적으로 다르지 않으므로 스코폴아민에 의한 저해 효과가 나타나지 않았다(Table 1). 또한 체중 당 0.5 g, 1.0 g, 2.0 g의 마카를 투여 받은 군에서 뇌

Table 1. Effect of maca supplementation on acetylcholinesterase activity (means±SEM)

	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Brain weight (mg)	AChE Activity (U/mg protein)
Control	27.3±1.10	40.8±2.90	470±30.9	8.21±1.81
Scopolamine	27.4±1.37	39.4±2.48	465±39.5	8.16±2.52
Maca 0.5 g/kg+scopolamine	27.6±1.40	39.1±2.74	479±35.0	8.40±2.57
Maca 1.0 g/kg+scopolamine	27.9±2.11	41.1±4.30	479±34.8	7.94±2.05
Maca 2.0 g/kg+scopolamine	27.4±1.37	40.6±3.70	477±29.9	9.05±3.44
<i>P</i> value	0.339	0.181	0.325	0.322

균질액의 아세틸콜린에스터라제 활성은 각각 8.40±2.57 U/mg protein, 7.94±2.05 U/mg protein, 9.05±3.44 U/mg protein으로 대조군과의 유의적인 차이가 없었다. 따라서 스코폴라민 투여는 본 실험에서와 같이 3일간 시간이 경과한 경우, 아세틸콜린에스터라제 활성을 저해 효과가 사라지는 것으로 확인된다.

선행 연구에서 본 연구에서와 같은 스코폴라민의 투여로 아세틸콜린에스터라제의 활성이 7 U/mg protein에서 11 U/mg protein으로 유의적으로 감소되었는데, 이는 스코폴라민의 투여 시점의 차이에 의한 것으로 보인다(Rubio 등 2007). AChE 저해에 대한 스코폴라민의 이용은 Bursto 등이 제안하고, 다른 선행 연구에서 확인된 바이나(Bursto 등 1982; Kang 등 2005; Yamada 등 2004), 실험동물에 스코폴라민 투여 시점에 대한 언급은 없었다. 본 연구결과에 따라, 추후 연구에서는 아세틸콜린에스터라제 효소 활성 저해를 보기 위해서는 보다 스코폴라민 투여가 동물의 희생 직전이 되어야 할 것으로 보인다. 따라서 스코폴라민의 투여가 본 실험의 생쥐 뇌에서 아세틸콜린에스터라제 활성 저해를 유발하지 못했기 때문에 마카 보충에 의한 효소 활성 회복의 효과 또한 나타나지 않은 것으로 보인다.

4. 정자 무게와 정소 내 정자 수

0.5~2.0 g의 마카의 보충은 생쥐의 정소 무게와 정소 내 정자 수 및 정소 g당 정자 수에 영향을 미치지 않았다(Table

2). 선행 연구에서 마카의 보충으로 생쥐와 흰쥐에서 정자 수의 증가와 정소 무게 증가를 보인 것과 일치하지 않는데, 이것은 해발 4,340 m의 고산지대 조건이나(Gonzales 등 2004) 말리치온(Bursto 등 2005)과 초산납(Rubio 등 2006b)과 같은 살충제의 처리로써 정자 생성을 억제시킨 후에 마카를 보충하였던 점에서 차이가 나는 것으로 보인다. 본 연구에서는 16주령의 실험동물을 이용하였으므로 성기능이 왕성한 시점이므로 마카의 보충 효과가 나타나지 않을 수 있겠다. 따라서 정자 수 증가에 미치는 마카의 기능을 연구하기 위해서는 성기능 퇴화된 주령의 실험동물을 이용하는 것이 추후 연구에서 필요할 것으로 제안한다. 마카의 종은 뿌리의 외관의 색에 의해 white에서 black에 이르기까지 총 13종류로 분류되는데(Rubio 등 2007), black, red 및 yellow maca가 주종이고, 그 중에서도 yellow maca가 상업적으로 가장 선호된다. 종에 따른 마카의 기능에 대한 선행 연구에서 정자 생성 증가에서는 black maca가 yellow maca나 red maca보다 효과적이었고(Gonzales 등 2009), 흰쥐의 전립선 크기 감소에는 red maca만 효과적이었으며, 난소 절제 생쥐에서 측정된 항우울기능은 black, red 및 yellow maca가 모두 효과적이었다. 마카의 영양성분과 기능성분에 대한 연구 중에서 종에 따른 비교는 발표된 바가 많지 않으나, glucosinolate와 anthocyanine 함량에 따른 차이가 기능상 차이를 초래하는 원인으로 제기된 바가 있다(Gonzales 등 2004). 본 실험에서 사용한 마카는 분말 상태로 수입되었기 때문에 원래 어떤 종류이었는지 확실하지

Table 2. Effect of maca supplementation on sperm count (mean±S.D.)

	Testis weight (mg)	Total sperm count (×10 ⁶)	Sperm count (count×10 ⁶ /mg testis)
Control	231±39.0	24.4±6.2	0.11±0.03
Scopolamine	238±34.6	27.0±5.8	0.11±0.02
Maca 0.5 g/kg+scopolamine	234±29.9	24.9±2.6	0.11±0.01
Maca 1.0 g/kg+scopolamine	226±43.8	24.2±3.9	0.11±0.02
Maca 2.0 g/kg+scopolamine	232±22.5	23.9±4.7	0.10±0.02
<i>P</i> value	0.426	0.135	0.252

않고 확인이 불가능하여 연구의 제한점으로 제시될 수 있다. 그러나 분말의 색은 연노란색이었으므로 yellow maca일 가능성이 높아 선행 연구에서 보고된 정자 생성 증가가 측정되지 않은 원인으로 제시될 수 있을 것이다. 결론적으로 추후 연구에서 노화 생쥐의 생기능 증진 효과를 측정하기 위해서는 black maca 종을 이용할 필요성을 확인한다.

요약 및 결론

현대 사회에서 평균 수명이 증가함에 따라 치매와 생기능 감소에 효과적인 생리활성물질에 대한 관심이 증가하고 있는데, 뇌기능과 생기능 관련 약용식물로 안데스 고산지대 주민에게 사용되어온 마카에 대해 생체 내에서의 기능이 국내에서는 보고된 바가 없다. 뇌 손상에 대한 보호 효과와 남성 생기능에 미치는 영향을 측정하기 위해 생쥐에서 열수 추출물 보충이 수미로와 수동회피검사로 측정된 뇌기능과 정자 세포수로 측정된 남성 생기능에 미치는 영향을 측정하였다. 마카 분말과 증류수의 비율을 1:20(w/v)으로 하여 100°C에서 3시간 동안 추출하고 원심분리 후, 동결 건조로 만든 분말을 생쥐 체중당 0.5 g/kg, 1.0 g/kg 및 2.0 g/kg으로 6 주간 투여하였다. 시험 30분 전에 투여한 스코폴라민(1.0 mg/kg)로 손상된 수미로 관련 뇌기능이 마카 보충에 의해 약 55% 보호할 수 있었으나, 수동회피검사 관련 뇌기능에 대해서는 마카 보충의 효과가 유의하지 않았다. 또한 아세틸콜린에스테라제 활성을 증가시키는 스코폴라민의 효과가 충분하지 않아 마카 추출물 보충의 아세틸콜린에스테라제 저해 효과가 측정되지 않았으므로 추후 연구에서 스코폴라민 투여 시간을 조절할 필요를 제시한다. 마카 추출물 보충에 따라 정소 무게나 정자수에 유의적 차이가 없었으므로 본 연구에서와 같이 12주령의 실험동물보다는 생기능이 퇴화된 주령의 실험동물을 이용하는 것이 추후 연구에서 필요할 것으로 제안한다. 0.5 g/kg, 1.0 g/kg 및 2.0 g/kg으로 마카 추출물 보충 효과가 용량에 따라 증가하지 않았으므로 수미로 관련 뇌기능 효과는 0.5 g/kg이 충분할 것으로 보인다. 따라서 본 연구는 6주간의 0.5 g/kg의 마카 추출물 보충은 생쥐에서 뇌 손상에 대한 보호 효과가 있음을 시사하고, 추후 연구에서 마카 보충 기간을 연장하거나 노화 생쥐를 이용한 뇌 손상 보호 효과에 관한 연구를 제안한다.

감사의 글

본 연구는 2009년 중소기업청 산학협력 지원사업 중 기업 부설연구소 설치지원사업의 일환으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Balick MJ, Lee R. 2002. Maca: From traditional food crop to energy and libido stimulant. *Alternative Ther Health Med* 8:96-98
- Bartus RT, Dean III RL, Beer B, Lippa AS. 1982. The cholinergic hypothesis of geriatric memory dysfunction. *Science* 217:408-414
- Brooks NA, Wilcox G, Walker KZ, Aston JF, Cox MB, Stojanovska L. 2008. Beneficial effects of *Lepidium meyenii* (Maca) on psychological symptoms and measures of sexual dysfunction in postmenopausal women are not related estrogen or androgen content. *Menopause* 15:1157-1162
- Bursto-Obregon E, Yucra S, Gonzales GF. 2005. *Lepidium meyenii* (Maca) reduces spermatogenic damage induced by a single dose of malathion in mice. *Asian J Androl* 7:71-76
- Choi WH, Ahn JH, Kim S, Ha TY. 2009. Cherry tomatoes ameliorate scopolamine-induced amnesia in mice. *J Food Sci Nutr* 13:281-285
- Chung F, Rubio J, Gonzales C, Gasco M, Gonzales GF. 2005. Dose-response effects of *Lepidium meyenii*(Maca) aqueous extract on testicular function and weight of different organs in adult rats. *J Ethnopharmacology* 98:143-147
- Chung HJ, Chu YR, Park HN, Jeon IS, Kang YS. 2009. Quality characteristics and antioxidant activity of syrup added with maca extract. *Kor J Food Presev* 17:236-242
- Chung HJ, Chu YR, Park HN, Jeon IS, Kang YS. 2010. Influence of the addition of MACA(*Lepidium meyenii*) hot water extract on the quality and antioxidant activity of yogurt. *Kor J Food Culture* 25:334-341
- Cicero AFG, Bandieri E, Arletti R. 2001. *Lepidium meyenii* walp improves sexual behaviour in male rats independently from its action on spontaneous locomotor activity. *J Ethnopharmacol* 75:225-229
- Ellman GL, Courtney KD, Andres VJ, Featherstone RM. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochem Pharmacol* 7:88-95
- Gonzales GF, Cordova A, Gonzales C, Chung A, Vega K, Villena A. 2001. *Lepidium meyenii*(maca) improved semen parameters in adult men. *Asian J Androl* 3:301-304
- Gonzales GF, Gasco M, Cordova A, Chung A, Rubio J, Villegas L, 2004, Effect of (*Lepidium meyenii*) maca on spermatogenesis in male rats acutely exposed to high altitude (4340 m). *J Endocrinol* 180:87-95

- Gonzales GF, Gonzales C, Gonzales-Castaneda C. 2009. *Lepidium meyenii*(Maca): A plant from the highlands of Peru-from tradition to science. *Forsch Komplementmed* 16:373-380
- Gonzales GF, Miranda S, Nieto J, Fernandz G, Yucra S, Ruvio J, Yi Pedro, Gasco M. 2005. Red maca(*Lepidium meyenii*) reduced prostate size in rats. *Reprod Biol Endocrinol* 3:5
- Han YR, Kim H. 2003. Sexual life of older adults in rural community. *J Kor Comm Nursing* 14:646-656
- Im KS, Kang SK, Choi KM, Pae CJ, Joh WJ. 2000. Effects of goat and fermented goat milk on reproductive function and stamina of the male rodent. *Kor J Fertil Steril* 27:373-380
- Jung IT, Moon YH, Ryu BH. 2006. Effects of the phospholipid separated from duck egg oil on the rat brain. *Korean J Food & Nutr* 19:62-69
- Kang SY, Lee KY, Koo KA, Yoon JS, Lim SW, Kim YC, Sung SH. 2005. ESP-102, a standardized combined extract of *Angelica gigas*, *Saururus chinensis* and *Schizandra chinensis*, significantly improved scopolamine-induced memory impairment in mice. *Life Sci* 76:1691-1705
- Kwon YS, Jeon IS, Hwang JH, Lim DM, Kang YS, Chung HJ. 2009. Biological activities of Maca(*Lepidium meyenii*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:817-823
- Kwon DJ, Lee SH, Lee SG. Biological effects of Maca(*Lepidium meyenii*). 2009. *Food Industry Nutr* 14:19-24
- Morris R. 1984. Development of water-maze procedure for studying spatial learning in the rat. *J Neurosci Method* 11:47-60
- Piacente S, Carbone V, Plaza A, Zampelli A, Pizza C. 2002. Investigation of the tuber constituents of Maca(*Lepidium meyenii* Walp.). *J Agric Food Chem* 50:5621-5625
- Rogers SL, Farlow MR, Doody RS, Mohs R, Friedhoff LT. 1998. A 24-week, double-blind, placebo-controlled trial of donepezil in patients with Alzheimer's disease. *Neurology* 50:136-145
- Ronceros G, Ramos W, Garmendia F, Arroyo J, Gutierrez J. 2005. Efficacy of fresh maca(*Lepidium meyenii*) in the sportsmen increment in physical performance at high altitude. *An Fac Me Lima* 66:269-273
- Rubio J, Dang H, Gong M, Liu X, Chen S, Gonzales GF. 2007. Aqueous and hydroalcoholic extracts of Black Maca(*Lepidium meyenii*) improve scopolamine-induced memory impairment in mice. *Food Chem Toxicol* 45:1882-1890
- Rubio J, Riqueros MI, Gasco M, Yucra S, Miranda S, Gonzales GF. 2006b. *Lepidium meyenii*(maca) reversed the lead acetate induced-damage on reproductive function in male rats. *Food Chem Toxicol* 44:1114-1122
- Rubio R, Caldas R, Dávila S, Gasco M, Gonzales GF. 2006a. Effect of three different cultivars of *Lepidium meyenii*(Maca) on learning and depression in ovariectomized mice. *BMC Complement Altern Med* 6:23-29
- Song JE, Song JH, Cho SM, Min GH, Lee JS. 2010. Nutritional characteristics and physiological functionality of antimentia acetylcholinesterase inhibitor-containing methanol extract from *Sorghum bicolor*. *Korean J Food & Nutr* 23:226-232
- Wang R, Yan H, Tang XC. 2006. Progress in studies of huperzine A, a natural cholinesterase inhibitor from Chinese herbal medicine. *Acta Pharmacol Sin* 27:1-26
- Wang YW, Wang YW, McNeil B, Harvey LM. 2007. Maca: An Andes crop with multi-pharmacological functions. *Food Res Int* 40:783-792
- Wikipedia 2010. *Lepidium meyenii*. last modified on 2 August 2010. Available from <http://en.wikipedia.org/wiki/Maca>
- Yamada N, Hattori A, Hayashi T, Nichikawa T, Fukuda H, Fujino T. 2004. Improvement of scopolamine-induced memory impairment by Z-ajoene in the water maze in mice. *Pharmacol Biochem Behav* 89:787-791
- Zheng BL, He K, Kim CH, Rogers L, Shao Y, Huang ZY, Lu Y, Yan SJ, Qien LC, Zheng QY. 2000. Effect of a lipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology* 55:598-602

접 수 : 2010년 9월 16일
 최종수정 : 2010년 10월 16일
 채 택 : 2010년 11월 21일