

국산 홍합과 뉴질랜드 초록입 홍합 열수 추출물의 알코올분해효소 활성에 미치는 영향 및 DPPH 라디칼 소거능과 Angiotensin Converting Enzyme 저해 활성

김시경¹ · 옥돌이¹ · 박은주² · 이승철¹

¹경남대학교 식품생명학과

²경남대학교 식품영양학과

Effects of Hot Water Extracts of Domestic Blue Mussel and New Zealand Green Lipped Mussel on Alcohol Metabolizing Enzymatic, DPPH Radical Scavenging, and Angiotensin Converting Enzyme Inhibitory Activities

Si-Kyung Kim¹, Dul-Lee Ok¹, Eunju Park², and Seung-Cheol Lee¹

¹Department of Food Science and Biotechnology and ²Department of Food and Nutrition, Kyungnam University

ABSTRACT The physiological activities of cultivated Korean blue mussel (*Mytilus edulis*) and New Zealand green-lipped mussel (*Perna canaliculus*) were analyzed and compared. Both hot water extracts of blue mussel flesh (BMF) and green-lipped mussel flesh (GMF) showed increased activities of alcohol dehydrogenase (ADH) and acetaldehyde dehydrogenase (ALDH). BMF showed increased ADH and slightly decreased ALDH activities compared to GMF. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity of BMF was higher than that of GMF at the same concentration. BMF and GMF showed similar inhibitory activity against angiotensin converting enzyme at a concentration of 30 mg/mL. These results suggest that cultivated Korean blue mussel has similar physiological activity with New Zealand green-lipped mussel.

Key words: blue mussel, green-lipped mussel, alcohol metabolizing enzyme, antioxidant activity, ACE inhibition activity

서 론

홍합(sea mussel)은 동물계, 연체동물문, 이매패강, 익형아강, 홍합목, 홍합과, 홍합속에 속하는 어패류이다. 홍합은 접착성이 강한 단백질성 섬유 다발인 족사를 이용하여 바위에 부착하여 살고 있으며 우리나라의 전 해안을 비롯하여 전 세계에 널리 분포하고 있다.

홍합은 동서양을 막론하고 널리 식품 소재로 이용되고 있고 동의보감에서는 홍합의 성질이 따뜻하며 맛이 달고 독이 없다고 하였으며, 중국에서는 홍합을 많이 먹으면 피부가 좋아지고 피를 돌게 한다고 하여 '동해부인'이라고 불렀다. 규합총서에서는 홍합을 바다의 '담채', 즉 담백한 채소라 명명하며 바다에서 유일하게 싱거운 해산물이라 하였다. 이로 부터 '담치'라는 이름으로 변형되었고 껍질 안쪽이 진주 빛이 난다고 하여 현재 국내에서 양식되고 있는 홍합을 진주담치(blue mussel, *Mytilus edulis*)라고 하며, 자연산 홍합(*Mytilus coruscus*)과는 구분하고 있으나 일반적으로는 혼

동하여 사용하고 있다. 2012년도 통계청 자료에 의하면 375여가가 61,000톤의 홍합을 양식 생산했으며(1) 대부분이 국내에서 소비되고 있다.

한편 우리나라에서 진주담치(또는 홍합)에 대한 연구보고로는 양식이나 위생에 대한 내용이 많으며, 그 외에 홍합 통조림(2), 효소를 이용한 홍합 가수 분해물(3), 양념젓갈(4) 등의 가공식품 개발이 보고되었다. 국제적으로는 뉴질랜드에서 생산되는 초록입 홍합(green lipped mussel, *Perna canaliculus*)의 오메가-3 불포화지방산이 풍부함을 바탕으로(5) 관절염(6)과 염증(7)에 효과적이라 보고하였다. 이와 함께 초록입 홍합의 불포화지방산을 '리프린놀(liprinol)'이라는 소재로 관절염 치료제로 판매하고 있으며, 리프린놀은 우리나라 식품의약품안전처에서도 개별 인정원료로 등록되어 있다. 그러나 진주담치에서 추출한 지방산도 관절염 예방과 치료에 효과적이라고 보고되었으며(8), 국립수산물과학원에서 발표한 수산물 성분표의 지방산 분석 결과에 의하면 우리나라에서 양식되는 진주담치에서도 초록입 홍합에 뒤지지 않는 함량의 오메가-3 불포화지방산이 검출되었다(9). 또한 진주담치와 초록입 홍합에서 각각 항균활성 펩티드가 정제된 바 있다(10-12).

이상을 볼 때 우리나라에서 널리 양식되는 진주담치(이하 국산 홍합)의 기능성을 연구하여 세계적으로 널리 알려진

Received 7 May 2014; Accepted 3 June 2014

Corresponding author: Seung-Cheol Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon, Gyeongnam 631-701, Korea
E-mail: sclee@kyungnam.ac.kr, Phone: +82-55-249-2684

뉴질랜드 초록입 홍합(이하 초록입 홍합)과 비교하여 국산 홍합의 경쟁력을 널리 알리고 이를 이용한 가공제품을 개발할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 국산 홍합과 초록입 홍합의 열수 추출물을 제조하여 알코올분해효소에 미치는 영향 및 항산화능과 항고혈압능을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용된 국산 홍합은 창원시 마산수협으로부터 2013년 5월에 채취된 것을 신선한 상태로 제공받았으며, 초록입 홍합은 같은 시기에 롯데마트(서울역지점)에서 구입하였다. 생리활성 분석을 위한 alcohol dehydrogenase (ADH), acetaldehyde dehydrogenase(ALDH), ascorbic acid, captopril, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), rabbit lung acetone powder, hippuryl-L-histidyl-L-leucine(HHL), NAD⁺는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며, Hepos(조아제약, 서울)는 시중 약국에서 구입하였다. 연구에 사용된 그 외 용매 및 시약은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

국산 홍합과 초록입 홍합 추출물 제조

국산 홍합과 초록입 홍합은 구입 후 수돗물로 껍질에 붙은 이물질을 제거하고, 껍질과 육질이 있는 전체의 형태와 껍질을 제거한 가식부만 있는 육질 형태로 구분하였다. 전체 홍합의 무게를 기준으로 3배의 물을 가하였으며, 30분간 끓이면서 추출하였다. 전체 홍합 3.75 kg에서 육질 1.00 kg을 얻게 되므로 육질 추출물은 이 비율을 이용하여 전체 홍합의 무게를 기준으로 물을 가한 후 열수 추출물을 제조하였다. 이후 Whatman No.3 여과지(Advantec, Tokyo, Japan)로 추출물을 통과시킨 여과액을 동결건조 하였다. 각 건조 고형분은 증류수를 이용하여 10, 20, 30 mg/mL 농도로 희석하여 분석에 사용하였다. 각 추출물들의 수율은 국산 홍합 전체 14.1 mg/mL, 국산 홍합 육질 10.5 mg/mL, 초록입 홍합 전체 11.4 mg/mL, 초록입 홍합 육질 6.5 mg/mL였다.

Alcohol dehydrogenase(ADH) 활성

홍합 추출물의 ADH 활성에 미치는 영향은 Bergmeyer의 방법(13)을 일부 변형하여 측정하였다. 즉 증류수 0.7 mL, 1.0 M Tris-HCl buffer(pH 8.8) 0.38 mL, 20 mM NAD⁺ 0.15 mL, 0.2 M ethanol 0.15 mL, 시료 50 µL를 혼합하여 25°C 항온수조에서 10분간 방치한 후, ADH(5 unit/mL) 27.5 µL를 가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 생성된 NADH는 spectrophotometer(Optizen pop, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 340 nm에서 흡광도를 측정하여 대조군에 대한 상대적 활성을 비교하였다. 음성 대조구는 시료 대신 증류수를 첨가하였고, 양성 대조구는 2배 희석한 Hepos를 이용하였다. ADH 활성은 반응

종료 시 흡광도를 대조구의 흡광도에 대한 비율로 나타내었으며, 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{ADH 활성} = (B/A) \times 100$$

A: 대조구의 최대 흡광도

B: 실험구의 최대 흡광도

Acetaldehyde dehydrogenase(ALDH) 활성

홍합 추출물의 ALDH 활성에 미치는 영향은 Koivula와 Koivusalo의 방법(14)을 일부 변형하여 측정하였다. 즉 증류수 1.05 mL, 1.0 M Tris-HCl buffer(pH 8.0) 0.15 mL, 20 mM NAD⁺ 50 µL, 0.1 M acetaldehyde 50 µL, 3.0 M KCl 50 µL, 0.33 M 2-mercaptoethanol 50 µL, 시료 50 µL를 잘 혼합하여 25°C에서 10분간 방치한 후, ALDH(1 unit/mL) 50 µL를 첨가하고 25°C에서 10분간 반응하여 NADH의 생성을 340 nm에서 흡광도로 측정하였다. 음성 대조구와 양성 대조구는 ADH 활성 측정과 동일한 방법을 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Jeong 등(15)의 방법을 이용하여 시료 0.1 mL에 0.041 mM DPPH 용액 0.9 mL를 가한 후 상온에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

Angiotensin converting enzyme(ACE) 저해 활성 측정

ACE 저해 활성 측정은 Cushman과 Cheung의 방법(16)에 따라 측정하였다. 50 mM sodium borate buffer(pH 8.3) 20 mL에 1 g의 rabbit lung acetone powder를 4°C에서 24시간 동안 교반한 후, 10분간 원심분리(4°C, 5000×g)하여 ACE 조효소액을 얻었다. 각 농도로 희석한 시료 50 µL에 ACE 조효소액 50 µL를 가하여 37°C에서 10분간 방치한 후, 25 mM HHL 100 µL를 첨가하여 37°C에서 60분간 반응시켰다. 1 M HCl 250 µL를 가하여 반응을 정지시킨 후 ethyl acetate 0.5 mL를 가하여 30초간 교반하고 원심분리(5000×g, 10 min, 4°C)하여 상정액 200 µL를 얻었다. 이 상정액을 80°C에서 30분간 완전히 건조시켜 증류수 1 mL를 넣은 후에 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로서는 추출물 대신 증류수를 가해 실험하였으며, 양성 대조구로는 captopril(0.5 µg/mL)을 사용하였다. ACE 저해 활성 효과는 다음 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{ACE 저해 활성} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며, 그 평균값은 SPSS

software(ver. 12)를 사용하여 General Linear Model의 방법에 따라 처리하였다(17). 각 항목에 따라 백분율과 평균 \pm 표준편차를 구하고, 각 군 간의 평균 차이에 대한 유의성 검정을 위해 one-way 분산분석(ANOVA)을 시행하였다. 모든 처리값의 차이는 신뢰 수준 95% ($P < 0.05$)로 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

알코올분해효소의 활성에 미치는 영향

일반적으로 홍합은 숙취 해소에 좋은 것으로 알려져 있으나 문헌상으로 홍합이 알코올분해효소에 미치는 영향을 분석한 논문은 발견하기가 어려웠다. 본 연구에서는 국내산 양식 홍합인 진주담치(국산 홍합)와 세계적으로 기능성이 높다고 잘 알려진 뉴질랜드 초록입 홍합의 열수 추출물을 제조하여 알코올분해효소에 미치는 영향을 측정하였다.

체내 흡수된 알코올의 약 80%는 alcohol dehydrogenase(ADH, EC 1.1.1.1)에 의해 acetaldehyde로 산화된 후 연이어 acetaldehyde dehydrogenase(ALDH, EC 1.2.1.10)에 의해 아세트산으로 산화되어 분해되고, 나머지 20% 정도의 알코올은 마이크로솜 산화계에 의해 처리된다(18). 본 연구에서는 ADH와 ALDH 효소를 이용하여 알코올의 분해에 대한 홍합 열수 추출물의 영향을 분석하였다. Fig. 1에 ADH의 작용에 대한 홍합 추출물들이 미치는 영향을 나타내었는데, 음성 대조군으로 추출물 대신 증류수를 처리하였고 양성 대조군으로 Hepos를 처리하였다. Hepos는 20 mL 기준으로 L-arginine 1.462 g, 구연산 0.588 g, 베타인 HCl 1.00 g, 베타인 1.00 g이 함유되어 있으며, 알코올분해효소 실험에서 양성 대조군으로 널리 이용된다. 그 결과 음성 대조군을 ADH 활성의 100%로 계산하였을 때 2배로 희석한 Hepos를 처리한 경우에는 195.49%의 활성을 나타내었다.

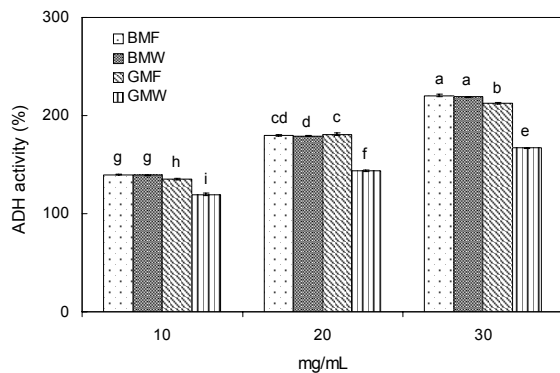


Fig. 1. Effect of hot water extracts of domestic blue mussel and green-lipped mussel on alcohol dehydrogenase (ADH) activity. BMF, extract of domestic blue mussel flesh; BMW, extract of whole domestic blue mussel; GMF, extract of green lipped mussel flesh; GMW, extract of whole green lipped mussel. Each value is the mean with standard deviation from triplicate experiments. Values not sharing the same letter are significantly different from one another ($P < 0.05$).

모든 홍합 추출물은 첨가 농도가 증가함에 따라 ADH 활성을 향상시켰다. 국산 홍합 육질과 전체 추출물은 30 mg/mL 농도에서 각각 220.25%, 219.10%의 활성을 유도하였다. 한편 동일한 농도에서 초록입 홍합 육질과 전체 추출물은 각각 212.63%, 167.11%의 활성을 나타내었다. 국산 홍합은 전체와 육질 추출물 사이에 유의차가 없었고($P < 0.05$), 초록입 홍합의 경우에는 육질 추출물이 ADH 활성을 더욱 증가시켰다($P < 0.05$).

각 홍합 추출물의 ALDH 활성에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. 증류수만을 첨가한 음성 대조군의 ALDH 활성을 100%로 할 때, 양성 대조군인 2배 희석한 Hepos를 첨가한 경우에 137.95%의 ALDH 활성이 측정되었다. 홍합 추출물들은 첨가 농도가 증가함에 따라 ALDH 활성을 증가시켰으며, 30 mg/mL 농도에서 국산 홍합 육질과 전체 추출물은 각각 142.96%, 162.10%의 활성을 유도하였고, 같은 농도에서 초록입 홍합 육질과 전체 추출물은 각각 156.24%, 130.49%의 활성을 나타내었다. 국산 홍합의 경우에는 전체 추출물이 육질 추출물보다 ALDH 활성을 더욱 향상시켰으나, 초록입 홍합의 경우에는 육질 추출물이 전체 추출물보다 ALDH를 더 향상시켰다. 이는 홍합 껍질 성분의 차이에 기인하는 것으로 추측되며 향후 껍질만을 대상으로 알코올분해효소에 미치는 영향에 대한 추가 연구가 필요하다. 한편 육질 추출물을 비교한다면 초록입 홍합의 추출물이 국산 홍합 추출물보다 ALDH 활성을 더 촉진하였으나, 전체 추출물을 비교하면 국산 홍합 추출물이 초록입 홍합보다 더욱 ALDH 활성을 촉진하였다. 그러나 추출 수율과 같이 고려한다면 국산 홍합 전체는 초록입 홍합 전체보다 약 1.2배, 국산 홍합 육질은 초록입 홍합 육질보다 약 1.6배의 추출 수율을 나타내므로 같은 무게의 홍합 전체 또는 홍합 육질을 비교한다면 국산 홍합이 상대적으로 우수한 촉진 활성을 보였다.

Cho와 Choi(19)는 2배 희석한 양성 대조군(Hepos)를 사

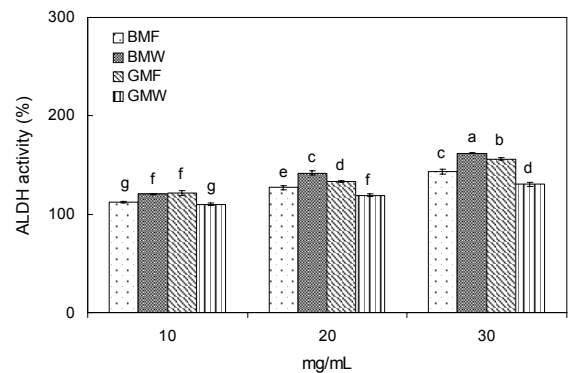


Fig. 2. Effect of hot water extracts of domestic blue mussel and green-lipped mussel on acetaldehyde dehydrogenase (ALDH) activity. BMF, extract of domestic blue mussel flesh; BMW, extract of whole domestic blue mussel; GMF, extract of green lipped mussel flesh; GMW, extract of whole green lipped mussel. Each value is the mean with standard deviation from triplicate experiments. Values not sharing the same letter are significantly different from one another ($P < 0.05$).

용하였을 경우 ADH 활성이 149%인 조건에서 10 mg/mL의 감태 열수 추출물은 153%의 ADH 활성이 확인되었다고 보고되었고, 같은 조건의 양성 대조구(Hepos) ALDH 활성은 160%였고 5 mg/mL의 감태 열수 추출물의 경우 164%의 ALDH 활성이 확인되었다고 보고하였다. 또한 유산균에 의한 다시마 발효물은 100 mg/mL 농도에서 142%의 ADH 활성과 117%의 ALDH 활성을 나타내었다(20). Kang 등(21)은 대조구의 ADH 활성을 0%라고 할 때 콩나물, 미나리, 무의 수용성 분획물이 각각 125.75%, 104.94%, 87.63%라고 보고하였다. 헛개의 경우 숙취해소음료로 상용화되어 있는데, 헛개 열매의 열수 추출물의 농도가 10, 30, 60, 100%(v/v)에서 ADH의 상대적인 활성이 4.4, 14.4, 25.0, 46.6%로 증가하였으며, ALDH의 활성은 13.1, 15.9, 29.0, 40.7%로 증가하였다고 보고하였다(22).

이상의 결과는 다른 추출물들의 알코올분해효소에 미치는 영향과 비교해 볼 때 국산 홍합의 열수 추출물의 ADH, ALDH에 미치는 효과도 비교적 우수함을 알 수 있다. 일반적으로 Asp와 Asn은 체내에서 Asp-malate shuttle에 의해 NAD^+ 를 생성하여 ADH의 합성을 촉진시켜 숙취에 도움을 준다고 알려져 있다(23). 실생활에서 알코올 숙취에 도움이 된다고 잘 알려진 콩나물의 경우 Asp와 niacin(NAD^+ 의 전구체)의 함량이 각각 775 mg/100 g, 0.7 mg/100 g이다(24, 25). 한편 국산 홍합의 경우에는 Asp와 niacin 함량이 각각 677 mg, 3.4 mg/100 g 가식부이므로(10) 콩나물에 견주어도 결코 손색이 없음을 알 수 있다. 아울러 국산 홍합에는 베타인(betaine) 성분이 163 mg/100 g으로 매우 많은 양이 함유되어 있는데(26) 베타인은 콩팥의 삼투압 유지에 기여할 뿐만 아니라 메틸기 공여체로서 간과 콩팥의 Met 대사에도 기여함으로써 간과 콩팥의 보호에 기여하는 것으로 알려져 있어(27) 향후 숙취 해소가 클 것으로 기대된다.

한편 같은 농도에서 홍합 추출물이 알코올분해효소인 ADH와 ALDH에 미치는 영향을 비교해 보면 ADH의 활성을 더욱 촉진시키는 것으로 나타났다. ADH의 조효소는 NAD^+ 이며, His, Cys, Thr, Ile, Val, Ala, Leu 등이 활성 부위에 존재하고, 기질인 알코올과 효소 활성 부위 사이에 아연이 배위 결합한다(28). ALDH의 조효소는 NAD^+ 이며, 활성 부위에서는 Cys, Glu이 중요한 역할을 한다고 보고되어 있다(29). 우리나라 식품성분표에는 진주담치의 아연 함량이 나타나 있지 않지만, 미국 농무성의 자료에는 같은 종의 홍합(blue mussel) 100 g 가식부당 1.6 mg이 함유되어 있으며(30), 일본의 식품성분표에서는 100 g 가식부당 1.0 mg의 아연이 함유되어 있다고 나타나 있다(31). 또한 뉴질랜드의 식품성분표에는 초록입 홍합의 100 g 가식부당 1.1 mg의 아연이 함유되어 있다고 하여(32) 홍합의 아연이 ADH의 활성 증가에 기여하였을 가능성이 높다.

DPPH 라디칼 소거능

국산 홍합과 초록입 홍합의 열수 추출물의 항산화능을

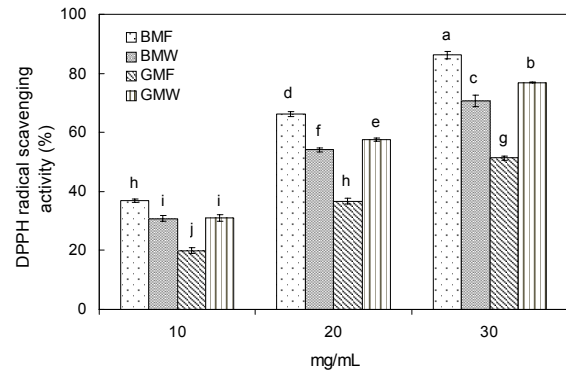


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of hot water extracts of domestic blue mussel and green-lipped mussel. BMF, extract of domestic blue mussel flesh; BMW, extract of whole domestic blue mussel; GMF, extract of green lipped mussel flesh; GMW, extract of whole green lipped mussel. Each value is the mean with standard deviation from triplicate experiments. Values not sharing the same letter are significantly different from one another ($P < 0.05$).

DPPH 라디칼 소거능으로 분석하여 Fig. 3에 나타내었다. 양성 대조구인 ascorbic acid는 20 μ g/mL 농도에서 48.60%의 소거능을 나타내었다. 국산 홍합 육질과 전체 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 농도 의존적으로 증가하며, 10 mg/mL 농도에서 각각 36.81%와 30.81%를 보였다. 한편 초록입 홍합의 육질과 전체 추출물은 10 mg/mL 농도에서 각각 19.88%와 31.08%를 보였다. 국산 홍합의 경우에는 육질 추출물이 전체 추출물에 비해 더 높은 항산화 활성을 나타내었고, 초록입 홍합은 전체 추출물이 육질 추출물에 비해 더 높은 항산화 활성을 보였다. 이는 껍질만 비교할 때 국산 홍합보다 초록입 홍합에 항산화능이 유리한 성분이 함유되어 있음을 시사한다. 한편 미더덕의 경우에는 육질의 물 추출물이 10 mg/mL 농도에서 채취시기에 따라 29.40~53.02%의 DPPH 라디칼 소거능을 보였다고 보고되었다(33). 이로 미루어 볼 때 국산 홍합은 미더덕과 유사한 항산화 활성을 나타내는 것을 알 수 있다.

Angiotensin converting enzyme(ACE) 저해 활성

Angiotensin I은 ACE에 의해 Angiotensin II로 전환되며, 이 Angiotensin II는 혈압 상승의 원인이 된다(34). ACE 저해는 Angiotensin II로 전환되는 것을 차단시켜 혈압 상승을 막아준다고 보고되어 있다(35). 국산 홍합과 초록입 홍합의 열수 추출물의 ACE 저해능을 Fig. 4에 나타내었다. 국산 홍합 육질과 전체 추출물은 30 mg/mL 농도에서 각각 50.27%와 28.99%의 저해능을 나타내었으며, 같은 농도에서 초록입 홍합 육질과 전체 추출물은 각각 51.75%와 41.01%의 저해능을 보였다. 국산 홍합과 초록입 홍합 모두 육질 추출물에서 전체 추출물보다 더 높은 ACE 저해 활성을 보였으며, 양성 대조구인 captopril은 0.5 μ g/mL 농도에서 85.16%의 저해능을 유발하였다.

미더덕의 경우에는 육질의 물 추출물이 10 mg/mL 농도

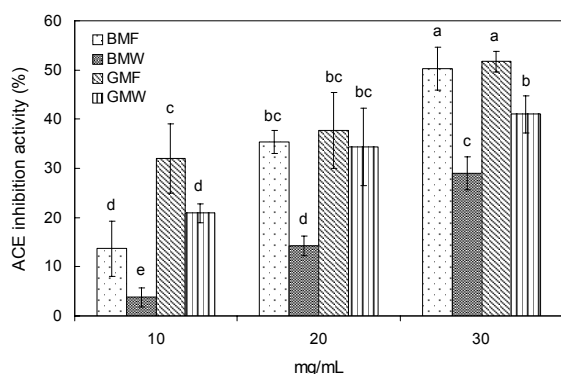


Fig. 4. ACE inhibitory activity of hot water extracts of domestic blue mussel and green-lipped mussel. BMF, extract of domestic blue mussel flesh; BMW, extract of whole domestic blue mussel; GMF, extract of green lipped mussel flesh; GMW, extract of whole green lipped mussel. Each value is the mean with standard deviation from triplicate experiments. Values not sharing the same letter are significantly different from one another ($P < 0.05$).

에서 채취시기에 따라 10.57~65.22%의 ACE 저해능을 보였다고 보고되었다(33). ACE 저해능은 주로 단백질 또는 펩티드에 의해 유발되는데(34), 국산 홍합 전체 열수 추출물의 고형분을 분석한 결과 단백질이 38.71%, 탄수화물이 28.8%였으며, 이 단백질들이 ACE 저해능에 큰 기여를 하였다고 생각된다.

요 약

우리나라 남해안 연안에서 주로 양식되는 진주담치(국산 홍합)와 세계적으로 기능성이 잘 알려진 뉴질랜드 초록입 홍합의 열수 추출물을 제조하여 생리활성을 비교하였다. 모든 홍합 추출물들은 알코올대사와 관련한 alcohol dehydrogenase(ADH)와 acetaldehyde dehydrogenase(ALDH)의 활성을 상승시켰으며, 특히 ADH의 활성을 크게 향상시켰다. 국산 홍합의 육질 추출물은 초록입 홍합의 육질 추출물에 비하여 ADH 상승 효과는 비슷하였으며, ALDH 상승 효과는 약간 낮았다. DPPH 라디칼 소거능으로 조사한 항산화능은 국산 홍합의 육질 추출물이 초록입 홍합의 육질 추출물보다 높았다. 항고혈압과 관련한 ACE 저해능의 경우에는 국산 홍합 육질 추출물이 초록입 홍합의 육질 추출물에 비해 10 mg/mL 농도에서는 낮았으나 20 mg/mL 이상의 농도에서는 유의차($P < 0.05$)를 보이지 않았다. 이상의 결과는 국내에서 양식되고 있는 홍합도 세계적으로 초록입 홍합에 못지않은 생리활성을 가지고 있음을 시사한다.

감사의 글

본 연구는 마산수협과 창원시홍합자율관리공동체의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

REFERENCES

1. Korean Statistical Information Service. http://kosis.kr/statisticsList/statisticsList_01List.jsp?vwcd=MT_ZTITLE&parentId=F#SubCont (accessed May 2014).
2. Park YH. 1984. Evaluation of thermal processes for canned marine products (1) Canned boiled sea-mussel in brine and canned smoked sea-mussel in oil. *Bull Korean Fish Soc* 17: 159-164.
3. Lee YC, Kim DS, Kim YD, Kim YM. 1990. Preparation of oyster (*Crassostrea gigas*) and sea mussel (*Mytilus coruscus*) hydrolyzates using commercial protease. *Korean J Food Sci Technol* 22: 234-240.
4. Park JS. 2011. Physicochemical properties of salt-fermented *Mytilus edulis* added with various seasoning sauces. *Korean J Food Preserv* 18: 335-340.
5. Taylor AG, Savage C. 2006. Fatty acid composition of New Zealand green-lipped mussels, *Perna canaliculus*: Implications for harvesting for n-3 extracts. *Aquaculture* 261: 430-439.
6. McPhee S, Hodges LD, Wright PFA, Wynne PM, Kalafatis N, Harney DW, Macrides TA. 2007. Anti-cyclooxygenase effects of lipid extracts from the New Zealand green-lipped mussel, *Perna canaliculus*. *Comp Biochem Physiol Part B* 146: 346-356.
7. Treschow AP, Hodges LD, Wright PFA, Wynne PM, Kalafatis N, Macrides TA. 2007. Novel anti-inflammatory ω-3 PUFAs from the New Zealand green-lipped mussel, *Perna canaliculus*. *Comp Biochem Physiol Part B* 147: 645-656.
8. McPhee S, Hodges LD, Wright PF, Wynne PM, Kalafatis N, Macrides TA. 2010. Prophylactic and therapeutic effects of *Mytilus edulis* fatty acids on adjuvant-induced arthritis in male Wistar rats. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 82: 97-103.
9. National Fisheries Research Development Institute. 2013. http://portal.nfrdi.re.kr/page?id=aq_seafood_2_7&type=tot&from=totList&fim_col_id=2009-MF0008018-6-D01 (accessed May 2014).
10. Charlet M, Chemysh S, Philippe H, Hetru C, Hoffmann JA, Bulet P. 1996. Innate immunity: Isolation of several cysteine-rich antimicrobial peptides from the blood of a mollusk, *Mytilus edulis*. *J Biol Chem* 271: 21808-21813.
11. Kim IH, Kim JW, Lee JH. 2006. Purification of a antimicrobial peptide from the marine mussel, *Mytilus coruscus*. *Environ Mutagen Carcin* 26: 25-29.
12. Chandran B, Rameshkumar G, Ravichandran S. 2009. Antimicrobial activity from the gill extraction of *Perna viridis* (Linnaeus, 1758). *Global J Biotechnol Biochem* 4: 88-92.
13. Bergmeyer HU. 1974. Alcohol dehydrogenase. In *Methods of Enzymatic Analysis*. Bergmeyer HU, ed. Academic Press, New York, NY, USA. Vol 1, p 428-429.
14. Koivula T, Koivusalo M. 1975. Different forms of rat liver aldehyde dehydrogenase and their subcellular distribution. *Biochim Biophys Acta* 397: 9-23.
15. Jeong SM, Kim SY, Park HR, Lee SC. 2004. Effect of far-infrared radiation on the activity of extracts from *Citrus unshiu* peels. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1580-1583.
16. Cushman DW, Cheung HS. 1971. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol* 20: 1637-1648.
17. SPSS. 2006. SPSS 14.0 for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA.
18. Liber CS. 1991. Hepatic metabolic and toxic effects of ethanol. *Alcohol Clin Exp Res* 15: 573-592.

19. Cho EK, Choi YJ. 2010. Physiological activities of hot water extracts from *Ecklonia cava* Kjellman. *J Life Sci* 20: 1675-1682.
20. Kang YM, Lee BJ, Lim JS. 2010. Alcohol metabolizing activity of fermented sea tangle juice. *Kor J Fish Aquat Sci* 43: 1-5.
21. Kang BK, Jung ST, Kim SJ. 2002. Effects of vegetable extracts by solvent separation on alcohol dehydrogenase activity from *Saccharomyces cerevisiae*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 244-248.
22. Kim SM, Kang SH, Ma JY, Kim JH. 2006. A study on the extraction and efficacy of bioactive compound from *Hovenia dulcis*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21: 11-15.
23. Park SC. 1994. Effect of bean sprout extracts on metabolism and biological functions of ethanol *in vitro* and *in vivo*. *Korea Soybean Digest* 10(s): 123-143.
24. National Rural Resources Development Institute, R.D.A. 2006. *7th version Food Composition Table II*. Hyoil Press, Seoul, Korea. p 134-135.
25. National Rural Resources Development Institute, R.D.A. 2006. *7th version Food Composition Table I*. Hyoil Press, Seoul, Korea. p 154-155.
26. de Zwart FJ, Slow S, Payne RJ, Lever M, George PM, Gerrard JA, Chambers ST. 2003. Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. *Food Chem* 83: 197-204.
27. Craig SAS. 2004. Betaine in human nutrition. *Am J Clin Nutr* 80: 539-549.
28. Brandt EG, Hellgren M, Brinck T, Bergman T, Edholm O. 2009. Molecular dynamics study of zinc binding to cysteines in a peptide mimic of the alcohol dehydrogenase structural zinc site. *Phys Chem Chem Phys* 11: 975-983.
29. Wang X, Weiner H. 1995. Involvement of glutamate 268 in the active site of human liver mitochondrial (class 2) aldehyde dehydrogenase as probed by site-directed mutagenesis. *Biochemistry* 34: 237-243.
30. National Nutrient Database for Standard Reference. USDA Agricultural Research Service. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (accessed May 2014).
31. Food Composition Database. Japanese Ministry of Education, Culture, Science and Technology. <http://fooddb.mext.go.jp> (accessed May 2014).
32. The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited and Ministry of Health. The Concise New Zealand Food Composition Tables. <http://www.foodcomposition.co.nz/concise-tables> (accessed Jun 2014).
33. Lee DW, You DH, Yang EK, Jang IC, Bae MS, Jeon YJ, Kim SJ, Lee SC. 2010. Antioxidant and ACE inhibitory activities of *Styela clava* according to harvesting time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 331-336.
34. Fujita H, Yokoyama K, Yoshikawa M. 2000. Classification and antihypertensive activity of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins. *J Food Sci* 65: 564-569.
35. Corvol P, Jeunemaitre X, Charru A, Kotelevtsev Y, Soubrier F. 1995. Role of the renin-angiotensin system in blood pressure regulation and in human hypertension: new insights from molecular genetics. *Recent Prog Horm Res* 50: 287-308.