

소주 및 맥주 음주와 혈중 수은과의 관계에 관한 연구

조준호[†]

한양여자대학교 보건행정과

Association between Blood Mercury and Drinking Soju and Beer in Korea

Jun Ho Cho[†]

Department of Public Health Administration, Hanyang Women's University

ABSTRACT

Objectives: The purpose of this study was to investigate the relationship between frequency of alcohol drinking and blood mercury concentration in Korea.

Methods: This was a cross-sectional study that used data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. Among them, 3,174 persons were selected for the final study.

Results: The concentration of mercury in the blood increased as the frequency of drinking *soju* or beer increased. Similarly, in the multiple-linear regression analysis model, the frequency of *soju* drinking was identified as an independent variable showing a statistically significant positive linearity ($p < 0.001$). After controlling for confounding factors, comparing those drinking 'more than twice a week' with those who almost do not drink alcohol, the adjusted ORs for exposure to high concentrations of mercury were 3.24 (95% CI, 2.10-4.99) for drinking *soju* and 2.07 (95% CI, 1.33-3.22) for drinking beer. The interaction effect between '*soju* drinking' and 'spicy pollack and seafood stew' was not statistically significant ($p = 0.098$) for evaluating the interaction effect between the two variables.

Conclusions: The concentration of mercury in the blood increased as the frequency of drinking of *soju* or beer increased. The higher the frequency of alcohol drinking, the more likely is the blood mercury to be included in the high-concentration group. The results of this study can be used as important scientific evidence for the field of environmental health related to alcohol drinking and blood heavy metal exposure in Korea.

Keywords: *Soju*, beer, drinking, blood mercury.

I. 서론

수은(Hg)은 환경 중에 매우 광범위하게 존재하며, 상온에서 액체 상태를 유지하는 금속으로, 유기수은, 무기수은, 원소성 수은 등의 3가지 형태로 분류된다.¹⁾ 특히 유기수은에 기인한 건강영향으로는 암, 면역학적 이상, 생식기 계통 이상, 신장 계통 이상, 심혈관 및 조혈 독성 등이 있는 것으로 보고되고 있

다.²⁾ 그 외에도 우리나라 국민을 대상으로 수행된 수은관련 연구를 보면, 수은 농도가 안구 건조증의 위험성을 높인다는 보고가 있으며,³⁾ 또한, 생체 중 수은은 인지반응을 늦게 하여 주의집중력이 떨어지게 하고, 손떨림을 높게 한다고 보고하기도 하였다.⁴⁾

우리나라 어린이와 청소년의 혈중 수은 농도는 다른 나라들에 비해 상대적으로 높은 것으로 보고된 바 있으며,⁵⁾ 우리나라 일부 지역의 성인의 혈액, 소

[†]**Corresponding author:** Dept. of Public Health Administration, Hanyang Women's University, 200 Salgoji-gil, Seongdong-gu, Seoul 133-793, Republic of Korea, Tel: +82-2-2290-2613, Fax: +82-2-2290-2619, E-mail: cjhjunho@hanmail.net
Received: 16 July 2018, Revised: 23 July 2018, Accepted: 09 August 2018

변, 모발 중 수은농도의 기하평균은 각각 5.55 $\mu\text{g/L}$, 0.98 $\mu\text{g/g-cr.}$, 1.37 $\mu\text{g/g}$ 이고, 초등학생은 각각 2.18 $\mu\text{g/L}$, 0.32 $\mu\text{g/g-cr.}$, 0.67 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고된 바 있다.⁶⁾

혈중 수은 농도에 영향을 주는 요인으로는 생선류의 섭취가 대표적이다.⁷⁾ 또한, 수은 건전지, 농약, 형광등 등 여러 산업분야에서 사용되는 다양한 수은 함유 제품의 제조 과정이나 폐기 과정에서 배출된 수은에 직접 노출되는 경우도 있으며, 물, 대기, 토양 등으로 배출된 수은에 간접적으로 노출되는 경우에도 혈중 수은 농도가 높아지는 것으로 알려져 있다.⁸⁾

최근에는 건강결정요인들과 중금속 노출과의 관련성에 대한 연구가 보고되고 있다.⁹⁾ 남성흡연자의 경우 납과 카드뮴의 혈중 농도가 비흡연자보다 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났으며,¹⁰⁾ 혈중 수은 농도가 체성분 측정치와 통계적으로 유의한 관계를 보였으며, 혈중 수은 농도가 비만의 지표로써 사용 가능할 수도 있음을 보고하였다.¹¹⁾ 한편, 음주는 전 세계적으로 5번째 사망원인에 해당되며, 약 60개 이상의 질병에 관련이 되어있다.¹²⁾ 또한 외국의 연구에 따르면 와인과 같은 주류에서도 카드뮴, 니켈, 크롬 등의 금속들이 검출되었으며,¹³⁾ 또한 하루 평균 알코올 소비량이 30g을 넘는 사람은 15g 미만으로 소비하는 사람보다 혈중 수은 농도가 높았다고 하는 연구 결과도 보고되었다.¹⁴⁾

그럼에도 불구하고, 현재까지 구체적으로 어떤 주류의 소비가 혈중 수은 농도와 어떠한 관계가 있는지에 대하여 중점을 두고 연구한 자료는 거의 없다. 따라서 이 연구의 목적은, 우리나라 국민들이 일반적으로 많이 마시는 주류에 해당하는 소주의 음주 빈도와 혈중 수은 농도의 관계를 파악하고, 맥주의 음주 빈도와 혈중 수은 농도와의 관계를 평가하고자 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 연구대상

제7기 1차년도(2016)의 국민건강영양조사의 건강설문조사, 검진조사, 영양조사 자료를 통합하였다. 이들 중에서, 검진조사 항목 중 혈중 수은 농도 측정값이 있는 사람 3,174명을 최종 연구의 대상으로 하였다.

2. 음주 빈도 측정

본 연구에서는 음주와 관련된 변수로써, 지난 1년

간 소주를 마신 빈도와 맥주를 마신 빈도를 사용하였다. 당초 해당 문항에 대한 선택 범주로는, ‘거의 안먹음’, ‘월1회’, ‘월2-3회’, ‘주1회’, ‘주2-4회’, ‘주5-6회’, ‘일1회’, ‘일2회’, ‘일3회’등 총 9개 범주로 구성되어 있었으나, 이를 ‘거의 안먹음’, ‘월1회’, ‘월2-3회’, ‘주1회’, ‘주2회 이상’ 등 5개 범주로 재분류하였다.

3. 인구학적 및 건강행태 변수

성별, 경제상태, 교육수준, 직업분류를 포함하였다. 이 밖에 건강행태 변수로는 수산물의 섭취가 혈중 중금속 농도와 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 2013년도 국민건강영양조사 건강검진 자료를 활용한 선행 연구의 결과에 따르면,¹⁵⁾ 혈중 수은농도에 영향을 주는 수산물 섭취 변수로써 ‘동태찌개/해물탕’, ‘북어국’, ‘고등어/꽂치구이’, ‘갈치/조기구이’, ‘오징어채/마른오징어’, ‘게장’, ‘새우젓/오징어젓/조개젓’을 독립변수로 모델에 투입한 결과, ‘동태찌개/해물탕’, ‘추어탕’, ‘갈치/조기구이’, ‘새우젓/오징어젓/조개젓’ 변수가 통계적으로 유의하게 영향을 주는 것으로 조사된 바 있었다. 본 연구에서는 사전분석을 위해, 다시 이 4가지 변수 즉 ‘동태찌개/해물탕’, ‘추어탕’, ‘갈치/조기구이’, ‘새우젓/오징어젓/조개젓’을 2016년도 국민건강영양조사 자료를 사용한 본 연구 모델에 투입하고, 통계적 유의성이 유지($p < 0.05$)되면서 가장 영향력이 높은 두 가지 변수인 ‘동태찌개/해물탕’, ‘갈치/조기구이’ 변수를 최종적으로 수산물 섭취 독립변수로 선정하여 모델에 포함하였다. 당초 해당 문항에 대한 선택 범주로는, ‘거의 안먹음’, ‘월1회’, ‘월2-3회’, ‘주1회’, ‘주2-4회’, ‘주5-6회’, ‘일1회’, ‘일2회’, ‘일3회’등 총 9개 범주로 구성되어 있었으나, 이를 ‘거의 안먹음’, ‘월1회’, ‘월2회 이상’으로 재분류하여 사용하였다. 이는 각각의 빈도수가 지나치게 많이 세분화하게 되면, 통계분석의 신뢰도가 낮아지는 점을 예방하기 위한 조치의 일환이었다.

4. 수은 농도의 측정

혈중 중금속 수은의 농도분석은 2016년도 국민건강영양조사 수행 임상검사 및 분석기관에서 실시하였으며, 골드아말감법(DMA-80, Milestone/Italy)이 사용되었고, 전처리 및 희석용 시약으로 질산(HNO_3)이 사용되었다.

5. 통계분석

자료의 분석은 통계분석 프로그램 IBM SPSS (version 23.0)을 사용하였으며, 분석방법은 다음과 같다.

1) 음주의 형태 즉, 소주 및 맥주의 음주 빈도와 혈중 수은 농도와 상관관계가 있는지를 확인하기 위하여 단순상관분석을 실시하였다. 이때, 혈중 수은 농도는 연속변수(continuous variable)이고, 소주나 맥주의 음주 빈도는 순서형 변수(ordinary variable)이기 때문에 비모수 통계에 사용되는 스피어만(spearman) 상관계수를 구하였다. 이후, 혈중 수은 농도에 영향을 주는 것으로 알려져 있는 성별과 나이를 통제한 후에도 상관관계가 통계적으로 유의하게 유지되는지를 확인하기 위하여 성별과 나이를 통제한 편상관분석을 각각 실시하고, 편상관계수를 구하였다.

2) 다음으로, 수은 농도(중속변수)에 영향을 줄 수 있다고 알려져 있는 성별, 나이, 소득분위, 교육수준, 직업분류, 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구가 섭취빈도, 현재흡연 등의 변수들을 소주음주빈도 및 맥주음주빈도와 함께 독립변수로 포함시키고 다중회귀분석을 실시하였다. 여기에서 나이는 연속변수로 투입되었고, 다른 변수들은 범주형 변수로 회귀모델에 포함되었다. 혈중 수은 농도는 상용로그를 취하여 변환된 값으로 종속변수에 투입되었다. 이는 회귀분석의 가정인 종속변수가 정규분포하여야 한다는 가정을 만족시키기 위해 취해진 조치이다. 사전에 혈중 수은 농도의 분포를 확인해 보기 위하여, 일표본콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 사용하였다.

3) 마지막 단계에서는 수은 농도를 저위험농도군과 고위험농도군으로 2분하여 종속변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 수은 농도를 나눈 기준은 미국의 환경보호청(US EPA)이 일반인에게 유해한 건강영향이 나타나지 않는 노출수준으로 제시한 5.8 µg/L를 기준으로 하였다.¹⁶⁾ 보정변수로는 성별, 나이, 소득분위, 교육수준, 직업분류, 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구가 섭취빈도, 현재흡연 등을 사용하였고, 로지스틱 분석은 소주음주빈도와 맥주음주빈도에 대하여 각각 실시하였으며, 보정전과 보정후의 교차비(Odds Ratio)를 제시하였다. 또한, 수은 농도를 저위험농도군과 고위험농도군으로 2분하여 종속변수로 하여 로지스틱 회귀분석을 실시

하되, 음주와 어류의 교호작용(interaction effects)이 있는지를 평가하기 위하여, 가장 강한 영향력이 있는 것으로 나타난 소주음주와 동태찌개/해물탕 변수와의 교호작용항(interaction term)을 만들어 로지스틱 회귀모델에 포함하여, 교호작용 효과를 평가하였다.

III. 결 과

1. 기술통계

연구 대상자들의 나이는 평균 47.6세(SD: 19.3)이었다(Table 1). 전체 연구대상자 중에서 남성이 1407명으로 44.3%, 여성이 1767명으로 55.7%이었다. 지난 1년간 소주음주빈도는 ‘거의 안먹음’이 792명으로 25.0%, ‘월1회’가 182명으로 5.7%, ‘월2-3회’가 156명으로 4.9%, ‘주1회’가 115명으로 3.6%, ‘주2회 이상’이 254명으로 8.0%로 나타났다. 맥주음주빈도는 ‘거의 안먹음’이 759명으로 23.9%, ‘월1회’가 189명으로 6.0%, ‘월2-3회’가 199명으로 6.3%, ‘주1회’가 146명으로 4.6%, ‘주2회 이상’이 206명으로 6.5%로 나타났다.

혈중 수은 농도에 상용로그를 취한 후 실시한 정규성 분포 검정 결과는 통계적으로 유의하게 정규분포 하는 것으로 나타났으며(일표본 콜모고로프-스미르노프 검정, $p=0.200$), 혈중 수은 농도는 대수정규분포 하는 것으로 분석 되었다. 따라서 원자료의 분포를 표현하기 위해서, 산술평균과 함께 기하평균을 기술하였으며, 소주음주빈도에 따른 그룹별 수은 농도를 기하평균(geometric mean) 기준으로 보면, ‘거의 안먹음’이 2.96 µg/L, ‘월1회’가 2.97 µg/L, ‘월2-3회’가 3.46 µg/L, ‘주1회’가 3.65 µg/L, ‘주2회 이상’이 4.83 µg/L로 소주음주빈도가 증가할수록 수은농도가 증가하는 것으로 나타났다(Table 2.1). 맥주음주빈도에 따른 그룹별 수은 농도 또한 기하평균(geometric mean) 기준으로 보면, ‘거의 안먹음’이 3.11 µg/L, ‘월1회’가 3.14 µg/L, ‘월2-3회’가 3.29 µg/L, ‘주1회’가 3.70 µg/L, ‘주2회 이상’이 4.13 µg/L로 맥주음주빈도가 증가할수록 수은농도가 증가하는 경향이 나타났다.

혈중 수은 농도가 5.8 µg/L를 초과하는 경우에는 고위험농도군, 그 이하인 경우에는 저위험농도군으로 2개 그룹으로 구분하였다. 고위험농도군에 속하는 563명으로 약 17.7%에 해당되는 사람이 고위험

Table 1. Characteristics of study population

Characteristics		Total no. (n=3174)	%
Mean age (y)±SD		47.6±19.3	
Gender	Male	1407	44.3
	Female	1767	55.7
Economic status	Very high	583	18.4
	High	785	24.7
	Low	853	26.9
	Very low	941	29.6
	NA/missing	12	0.4
Education status	Elementary school or less	776	24.4
	Middle school	390	12.3
	High school	881	27.8
	University or more	986	31.1
	NA/missing	141	4.4
Job category	Manager	349	11.0
	Office worker	287	9.0
	Service worker	355	11.2
	Agriculture/fishermen	134	4.2
	Machine Operator	291	9.2
	Simple laborer	237	7.5
	Unemployed (housewife, student)	1214	38.2
	NA/missing	307	9.7
	Spicy pollack and seafood stew	Almost never	967
Once a month		384	12.1
More than one a month		148	4.7
NA/missing		1675	52.8
Grilled cutlassfish and croaker	Almost never	750	23.6
	Once a month	409	12.9
	More than one a month	340	10.7
	NA/missing	1675	52.8
Diabetes	Normal	1710	53.9
	Impaired fasting glucose	696	21.9
	Diabetes	362	11.4
	Missing	406	12.8
Soju	Almost never	792	25.0
	Once a month	182	5.7
	Two to three times a month	156	4.9
	Once a week	115	3.6
	More than two times a week	254	8.0
NA/missing	1675	52.8	
Beer	Almost never	759	23.9
	Once a month	189	6.0
	Two to three times a month	199	6.3
	Once a week	146	4.6
	More than two times a week	206	6.5
NA/missing	1675	52.8	
Current smoking	Never smoking	2024	63.8
	Ever, but not now	571	18.0
	Sometimes smoking	82	2.6
	Daily smoking	444	14.0
	NA	53	1.7

NA, not available.

농도군에 포함되는 것으로 조사되었다(Table 2.2). 고 위험농도군에 속하는 사람들의 혈중 수은 농도의 기하평균은 8.50 µg/L이었으며, 저위험농도군에 속하는 사람들의 혈중 수은 농도의 기하평균은 2.55 µg/L으로 나타났다.

2. 소주 및 맥주의 음주 빈도와 혈중 수은 농도와의 상관관계

소주 및 맥주 음주빈도와 혈중 수은 농도와의 상관관계 분석결과 두 주류 모두 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다(Table 3.1). 소주음주빈도는 수은과 상관관계수(r)가 0.265(p<.001)로 나타났으며, 맥주음주빈도와 수은과의 상관관계수(r)는 0.144(p<.001)로 나타났다. 함께 분석된 동태찌개/해물탕 섭취빈도와 수은과의 상관관계수(r)가 0.241(p<.001)이었으며, 갈치조개구이와 수은과의 상관관계수(r)가 0.168(p<.001)이었다. 결과적으로, 소주음주빈도는 동태찌개/해물탕 섭취 변수나 갈치조개구이 섭취 변수 상관관계수보다 높은 수은과의 상관관계수를 나타내어서 가장 높은 상관관계수 값을 나타내었다.

한편, 동태찌개/해물탕 섭취빈도는 소주음주빈도와 상관관계수(r)가 0.139(p<.001)이었으며, 맥주음주빈도와 상관관계수(r)는 0.093(p<.001)이었다. 이 결과 값이 의미하는 바는, 소주나 맥주의 음주 빈도가 혈중수은농도와 상관관계가 있다고 분석되었을 경우, 이들 중 일부는 음주자들이 소주나 맥주와 함께 섭취하는 음식물, 즉 동태찌개/해물탕 또는 갈치조개구이와 같은 변수에 의한 영향이 함께 포함되어 있을 수 있음을 의미한다.

성별을 통제한 상태에서 구한 편상관계수 또한 두 주류 모두에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 계속적으로 유지되었다(Table 3.2). 성별을 통제한 후, 소주음주빈도는 수은과의 편상관계수(r)가 0.198(p<.001), 맥주음주빈도와 수은과의 편상관계수(r)는 0.092(p<.001)로 나타났다.

연령을 통제한 상태에서 구한 편상관계수 또한 두 주류 모두에서 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 계속적으로 유지되었다(Table 3.3). 성별을 통제한 후, 소주음주빈도는 수은과의 편상관계수(r)가 0.298(p<.001), 맥주음주빈도와 수은과의 편상관계수(r)는 0.191(p<.001)로 나타났다.

또한, 동태찌개/해물탕과 갈치/조기구이 변수에 의

Table 2.1. Mercury concentration by *soju* and beer drinking categories (unit: $\mu\text{g/L}$)

		N	%	Mean	Median	Geometric mean	Min.	Max.	S.E.
<i>Soju</i>	Almost never	792	52.8	3.47	2.88	2.96	.57	21.66	.08
	Once a month	182	12.1	3.54	3.03	2.97	.66	13.99	.16
	Two to three times a month	156	10.4	4.03	3.30	3.46	.76	20.02	.20
	Once a week	115	7.7	4.41	3.55	3.65	.72	18.67	.27
	More than two times a week	254	16.9	5.87	4.65	4.83	.88	42.80	.27
Beer	Almost never	759	50.6	3.77	3.11	3.11	.57	42.80	.11
	Once a month	189	12.6	3.65	3.21	3.14	.69	16.71	.16
	Two to three times a month	199	13.3	3.94	3.05	3.29	.66	21.66	.20
	Once a week	146	9.7	4.57	3.55	3.70	.87	18.67	.27
	More than two times a week	206	13.7	4.95	3.89	4.13	.88	16.98	.22
Total		1499	100.0	4.02	3.23	3.32	.57	42.80	.08

Table 2.2. The concentrations of mercury in the high mercury concentration group ($>5.8 \mu\text{g/L}$) and the low concentration group ($\leq 5.8 \mu\text{g/L}$)

Mercury	N	%	Mean	Median	Geometric mean	Min.	Max.	S.E.
Low mercury concentration group	2611	82.3%	2.87	2.72	2.55	0.19	5.80	0.03
High mercury concentration group	563	17.7%	9.06	7.71	8.50	5.80	42.80	0.17

한 영향을 통제한 후에도 통계적으로 유의한 상관관계가 나타나는지를 보기 위해 두 변수를 동시에 통제 후 편상관분석을 실시하였다(Table 3.4). 분석 결과, 소주음주빈도는 수은과의 편상관계수(r)가 0.264($p<.001$), 맥주음주빈도와 수은과의 편상관계수(r)는 0.120($p<.001$)로, 두 가지 수산물의 영향을 통제한 후에도 상관관계는 지속적으로 통계적인 유의성을 보여주었다. 즉, 이 결과는 두 해물류 섭취 변수와 상관없이, 소주 및 맥주의 음주 빈도와 혈중수은농도가 관계가 있음을 보여주는 결과라고 할 수 있다.

3. 혈중 수은 농도와 관련 요인간의 다중회귀분석 결과

앞에서 상관분석 및 편상관분석 결과에서도 나타난 바와 같이, 혈중수은농도에 영향을 주는 인자로는 소주나 맥주의 음주 뿐 만 아니라 동태찌개/해물탕, 갈치/조기구이 등과 같은 변수도 기여하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 이들의 영향을 통제한 후에도 혈중수은농도가 소주나 맥주의 음주 빈도와 통계적으로 유의한 관계가 있는지를 확인할 필요가 있었다. 따라서, 성별, 나이, 소득분위, 교육수준, 직업

분류, 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구이 섭취빈도, 현재흡연 등의 변수들을 소주음주빈도 및 맥주음주빈도와 함께 독립변수로 포함시키고 상용로그를 취한 혈중 수은 농도를 종속변수로 하여 다중회귀분석을 실시하여, 어떤 변수들이 혈중 수은 농도에 유의하게 기여하고 있는지를 보고자 하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Table 4).

소주음주빈도의 비표준화계수(β)는 0.028 ($p<.001$)로 여전히 통계적으로 유의하게 나타났으며, 맥주음주빈도의 계수는 0.008 ($p=.086$)으로, 본 연구의 통계적 유의수준(α)인 0.05보다는 높게 나타났으나 경계선에 있는 것으로 분석되었다. 이때 모델의 적합도 검정결과는 회귀모델이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($F:40.9$, $p<.001$).

이 밖에 성별, 나이, 소득분위, 직업분류, 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구이 섭취빈도 등의 변수들 계수 또한 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다($p<.001$), 교육수준과 현재흡연 독립변수의 계수는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다.

Table 3.1. The results of simple correlation analyses between blood mercury, *soju*, beer drinking, spicy pollack and seafood stew, grilled cutlassfish and croaker frequency

		Blood mercury	<i>Soju</i> drinking	Bbeer drinking	Spicy pollack and seafood stew	Grilled cutlassfish and croaker
Blood mercury	Spearman correlation coefficient	1.000				
	P-value (two-tailed)					
	No.	3174				
<i>Soju</i> drinking	Spearman correlation coefficient	.265***	1.000			
	P-value (two-tailed)	.000				
	No.	1499	1499			
Beer drinking	Spearman correlation coefficient	.144***	.498***	1.000		
	P-value (two-tailed)	.000	.000			
	No.	1499	1499	1499		
Spicy pollack and seafood stew	Spearman correlation coefficient	.241***	.139***	.093***	1.000	
	P-value (two-tailed)	.000	.000	.000		
	No.	1499	1499	1499	1499	
Grilled cutlassfish and croaker	Spearman correlation coefficient	.168***	.022	.046	.305***	1.000
	P-value (two-tailed)	.000	.396	.076	.000	
	No.	1499	1499	1499	1499	1499

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 3.2. The results of partial correlation analyses between blood mercury, *soju*, beer drinking, spicy pollack and seafood stew, grilled cutlassfish and croaker frequency, adjusted by gender

Adjusted by gender		<i>Soju</i> drinking	Beer drinking	Spicy pollack and seafood stew	Grilled cutlassfish and croaker
Blood mercury	Partial correlation coefficient	.198***	.092***	.181***	.162***
	P-value (two-tailed)	.000	.000	.000	.000
	No.	1496	1496	1496	1496

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 3.3. The results of partial correlation analyses between blood mercury, *soju*, beer drinking, spicy pollack and seafood stew, grilled cutlassfish and croaker frequency, adjusted by age

Adjusted by age		<i>Soju</i> drinking	Beer drinking	Spicy pollack and seafood stew	Grilled cutlassfish and croaker
Blood mercury	Partial correlation coefficient	.298***	.191***	.170***	.126***
	P-value (two-tailed)	.000	.000	.000	.000
	No.	1496	1496	1496	1496

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 3.4. The results of partial correlation analyses between blood mercury, *soju*, and beer drinking frequency, adjusted by both 'spicy pollack and seafood stew' and 'grilled cutlassfish and croaker'

Blood mercury	Adjusted by 'spicy pollack and seafood stew' and 'grilled cutlassfish and croaker'		<i>Soju</i> drinking	Beer drinking
	Partial correlation coefficient		.264***	.120***
	P-value (two-tailed)		.000	.000
	No.		1496	1496

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 4. Association of blood mercury with related variables by multiple linear regression analyses

Variables	β	P-value
Constant	.220***	.000
<i>Soju</i> drinking	.028***	.000
Beer drinking	.008	.086
Gender	-.099***	.000
Age	.005***	.000
Economic status	.024***	.000
Education status	.012	.139
Job category	-.010***	.000
Spicy pollack and seafood stew	.046***	.000
Grilled cutlassfish and croaker	.026**	.001
Current smoking	-.001	.923

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

4. 소주음주빈도별 혈중 수은 고농도군에 노출될 위험도

모델 1은 다른 변수를 보정하지 않은 단변량 로지스틱 회귀분석의 모델이다(Table 5). 소주음주빈도가 '주2회 이상'인 경우에 속하는 사람들은 소주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 '고위험'에 속할 위험도가 5.01(95% CI, 3.57-7.01)배 높은 것으로 나타났다.

농도군'에 속할 위험도(교차비, Odds ratio)가 5.01(95% CI, 3.57-7.01)배 높은 것으로 나타났다.

모델 2는 성별, 나이, 소득분위, 교육수준, 직업분류를 보정변수로 모델에 추가한 다항 로지스틱 회귀분석 모델이다. 소주음주빈도가 '주2회 이상'인 경우에 속하는 사람들은 소주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 농도가 '고위험농도군'에 속할 위험도가 3.31(95% CI, 2.20-4.98)배 높은 것으로 나타났다.

모델 3은 모델2의 변수들 이외에 추가로 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구이 섭취빈도, 현재흡연 변수를 모델에 추가하여 다항 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과이다. 소주음주빈도가 '주2회 이상'인 경우에 속하는 사람들은 소주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 농도가 '고위험농도군'에 속할 위험도가 3.24(95% CI, 2.10-4.99)배 높은 것으로, 계속해서 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

5. 맥주음주빈도별 혈중 수은 고농도군에 노출될 위험도

모델 1은 다른 변수를 보정하지 않은 단변량 로지스틱 회귀분석의 모델이다(Table 6). 맥주음주빈도가

Table 5. Unadjusted and adjusted odds ratios showing association between *soju* drinking and blood mercury

Shochu drinking	No.	%	Model 1	Model 2	Model 3
			OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Almost never	792	52.8	1	1	1
Once a month	182	12.1	1.19(0.80-2.08)	1.12(0.66-1.88)	1.10(0.64-1.87)
Two to three times a month	156	10.4	1.55(0.96-2.51)	1.28(0.76-2.16)	1.21(0.71-2.07)
Once a week	115	7.7	2.61(1.61-4.22)***	2.23(1.29-3.85)**	1.95(1.12-3.42)*
More than two times a week	254	16.9	5.01(3.57-7.01)***	3.31(2.20-4.98)***	3.24(2.10-4.99)***

Model 1: Unadjusted

Model 2: Adjusted for gender, age, economic status, education status, job category

Model 3: Adjusted for gender, age, economic status, education status, job category, spicy pollack and seafood stew, grilled cutlassfish and croaker, and current smoking

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 6. Unadjusted and adjusted odds ratios showing association between beer drinking and blood mercury

beer drinking	No.	%	Model 1	Model 2	Model 3
			OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
Almost never	759	23.9	1	1	1
Once a month	189	6.0	0.87(0.54-1.41)	0.97(0.58-1.64)	0.92(0.54-1.56)
Two to three times a month	199	6.3	1.21(0.78-1.86)	1.32(0.82-2.14)	1.21(0.74-1.97)
Once a week	146	4.6	2.38(1.56-3.61)***	2.51(1.54-4.09)***	2.25(1.37-3.71)**
More than two times a week	206	6.5	2.78(1.93-3.98)***	2.44(1.59-3.75)***	2.07(1.33-3.22)**

Model 1: Unadjusted

Model 2: Adjusted for gender, age, economic status, education status, job category,

Model 3: Adjusted for gender, age, economic status, education status, job category, spicy pollack and seafood stew, grilled cutlassfish and croaker, and current smoking

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001.

‘주2회 이상’인 경우에 속하는 사람들은 맥주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 ‘고위험농도군’에 속할 위험도가 2.78 (95% CI, 1.93-3.98) 배 높은 것으로 나타났다.

모델 2는 성별, 나이, 소득분위, 교육수준, 직업분류를 보정 변수로 모델에 추가한 다항 로지스틱 회귀분석 모델이다. 맥주음주빈도가 ‘주2회 이상’인 경우에 속하는 사람들은 맥주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 농도가 ‘고위험농도군’에 속할 위험도가 2.44 (95% CI, 1.59-3.75)배 높은 것으로 나타났다.

모델 3은 모델2의 변수들 이외에 추가로 동태찌개/해물탕 섭취빈도, 갈치/조기구이 섭취빈도, 현재흡연을 모델에 추가하여 다항 로지스틱 회귀분석을 실시한 결과이다. 맥주음주빈도가 ‘주2회 이상’인 경우에 속하는 사람들은 맥주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 농도가 ‘고위험농도군’에 속할 위험도가 2.07 (95% CI, 1.33-3.22)배 높은 것으로 나타났다.

6. 소주 음주와 동태찌개/매운탕 교호작용 효과 평가

모델1에서는 소주음주만을 포함한 단변량 로지스틱 회귀분석으로, 소주음주빈도가 ‘주2회 이상’인 경우에 속하는 사람들은 소주를 거의마시지 않는 사람들에 비해서 혈중 수은 ‘고위험농도군’에 속할 위험도(교차비, Odds ratio)가 5.01 (95% CI, 3.57-7.01) 배 높은 것으로 나타났다(Table 7). 모델 2에서는, 동태찌개/해물탕 변수만을 포함한 단변량 로지스틱 회귀분석으로, 동태찌개/해물탕을 거의 섭취하지 않는

사람들에 비해서, 월2회 이상 섭취하는 사람들은 위험도가 3.73 (95% CI, 1.99-6.99)배 높은 것으로 나타났다. 또한, 두 변수간의 교호작용 효과를 평가하기 위해 실시된 모델3에서 두 변수간의 교호작용 효과는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다(p=0.098). 즉, 두 변수가 동시에 존재할 찌라도 통계적으로 유의한 상승효과를 일으키지는 않는 것으로 분석되었다. 결과적으로 교호작용 항을 포함하여 실시한 최종 모델 3에서도, 소주를 마시는 사람들의 위험도는 여전히 가장 높게 나타났다(OR: 4.28, 95% CI: 2.63-6.95).

IV. 고 찰

본 연구 결과에 따르면, 상관분석 및 편상관분석 결과, 수산물 섭취의 영향과 인구학적 변수들의 영향을 보정한 후에도, 소주 또는 맥주의 음주빈도는 혈중수은 농도와 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났다, 혈중 수은 농도를 종속변수로 설계한 선형회귀분석 모델에서도 마찬가지로 소주 음주 빈도와 맥주 음주 빈도는 통계적으로 유의한 양(positive)의 선형성을 나타내는 독립변수로 확인되어, 소주와 맥주 모두 음주빈도가 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 소주와 맥주 모두 음주빈도가 증가할수록 혈중 수은 고농도군에 포함될 가능성이 높은 것으로 조사되었다. 이 모든 분석 결과는 다양한 혼란변수들의 영향을 보정한 후에도 통계적 유의성이 계속적으로 유지되었다.

음주 빈도가 높아질수록 혈중 수은 농도 수준이

Table 7. Results of logistic regression analyses with interaction term for 'soju drinking'* 'spicy pollack and seafood stew'

	Model 1	Model 2	Model 3
	OR (95% CI)	OR (95% CI)	OR (95% CI)
<i>Soju drinking</i> (SD)			p<0.001
Almost never (SD)	1		1
Once a month (SD)	1.19(0.80-2.08)		2.15(1.22-3.79)**
Two to three times a month (SD)	1.55(0.96-2.51)		1.37(0.68-2.75)
Once a week (SD)	2.61(1.61-4.22)***		1.60(0.72-3.56)
More than two times a week (SD)	5.01(3.57-7.01)***		4.28(2.63-6.95)***
Spicy pollack and seafood stew (SS)			p<0.001
Almost never (SS)		1	1
Once a month (SS)		2.03(1.50-2.75)***	1.76(1.04-2.97)*
More than one a month (SS)		3.86(2.63-5.68)***	3.73(1.99-6.99)***
<i>Soju drinking</i> (SD)* <i>spicy pollack and seafood stew</i> (SS)			p=0.098
Almost never (SS)*almost never (SD)			1
Once a month (SS)*once a month (SD)			0.06(0.01-0.47)**
Once a month (SS)*two to three times a month (SD)			1.24(0.41-3.74)
Once a month (SS)*once a week (SD)			2.49(0.81-7.71)
Once a month (SS)*more than two times a week (SD)			1.39(0.64-3.04)
More than one a month (SS)*once a month (SD)			1.37(0.28-6.74)
More than one a month (SS)*two to three times a month (SD)			1.07(0.27-4.31)
more than one a month (SS)*once a week (SD)			1.11(0.27-4.50)
More than one a month (SS)*more than two times a week (SD)			0.69(0.27-1.78)

Model 1: univariate analysis for *soju drinking* (SD)

Model 2: univariate analysis for spicy pollack and seafood stew (SS)

Model 3: included *soju drinking*, spicy pollack and seafood stew, and interaction term for *soju drinking* (SD)**spicy pollack and seafood stew* (SS)

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

높아졌다고 하는 본 연구의 결과는 하루 평균 알코올 소비량이 많은 음주자가 알코올 소비량이 적은 음주자 보다 혈중 수은 농도가 높았다고 하는 선행 연구 결과¹⁴⁾에 의해서 지지되어 진다. 이 선행 연구는 사람들이 소비하는 모든 음주의 알코올 소비량을 그램(g)으로 환산하여 평가한 반면에, 본 연구는 소주와 맥주 각각의 음주빈도의 증가와 혈중 수은 농도와의 관계를 평가하였다는 점에서 차이가 있다. 일반적으로 음주시 얼마나 자주, 어느 정도의 빈도로 소주나 맥주를 마시는지(월 단위 음주 횟수 또는 주 단위 음주 횟수 등) 등은 현실 생활을 보다 잘 반영한다는 측면에서 의의가 있다고 보인다. 한편, 음주를 '예'와 '아니오' 둘로 구분하여 분석한 선행연구에서는 음주 여부와 혈중 수은 농도에 통계적으로 유의한 차이는 확인되지 않은 것으로 보고되었다.⁹⁾

주류에 함유되어 있는 중금속 농도에 관한 연구를 살펴보면, 스페인의 와인에 대한 검사 결과, 스위트 와인(sweet wine)의 경우 수은의 농도는 2.6-4.9 µg/L이었고, 건조 와인의 경우 1.5-2.6 µg/L이었으며, 생산 및 유형에 따라 차이가 있었다는 보고가 있었다(p<0.05).¹⁷⁾ 이 밖에 알루미늄, 카드뮴, 구리, 철, 납, 마그네슘, 망간, 니켈, 칼륨, 나트륨 및 아연 등이 알코올음료 및 주류에서 주로 검출되어지는 금속으로는 보고된 바 있다.¹⁸⁾ 뿐 만 아니라, 국내 유통되는 주류 중 중금속 실태조사 연구결과에 따르면, 국내 유통되는 주류 중 수은 평균 함량은 1.1±1.6 µg/kg이었으며, 소주에서는 수은 함량이 0.1 (불검출-0.3) µg/kg, 맥주에서의 수은 함량은 0.6 (불검출-3.1) µg/kg으로 보고된 바 있다.¹⁹⁾ 그럼에도 불구하고, 우리나라에서 소주나 맥주에 포함되어 있는 수은 등의

중금속 함량에 대한 자료는 매우 부족한 것으로 사료되는 바,²⁰⁾ 향후 이 분야에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

우리나라의 주세법에 따르면, 주류에는 주정, 발효주류, 증류주류, 기타 주류 등이 있으며, 주정이라 함은 희석하여 음료로 할 수 있는 에틸알코올을 말한다. 맥주는 발효주류에 속하고, 소주는 증류주류로 분류하고 있다.²¹⁾ 전분질(곡류, 감자, 고구마, 타피오카) 또는 당질(사탕) 원료를 당화효소를 투입해 발효시킨 후 연속식 증류방식으로 증류 후, 여기에 물과 식품첨가물 등을 넣어서 희석식 소주를 만들게 된다.²⁰⁾ 이때 주정의 제조에 원재료로 사용되는 곡류, 감자, 고구마, 사탕수수 등이 재배과정에서 수은 농약에 오염되었을 가능성이 있다. 선행연구에 따르면, 현미에서는 1.5 µg/kg에서 25.4 µg/kg에 이르는 총수은이 검출되었고, 백미에서는 검출한계부터 17.5 µg/kg에 이르는 총수은이 검출된 바 있다.²³⁾ 주류 제조에 사용되는 첨가물에는 당분·산분(酸分)·조미료·향료 및 색소 등이 있다. 당분에는 백설탕, 갈색설탕, 흑설탕 및 시럽이 포함되며, 포도당, 과당(액상과당 및 결정과당), 엿류, 당시럽류, 올리고당 및 꿀 등이 당분에 해당된다. 또한 조미료로서 아미노산류, 글리세린, 텍스트린, 흡, 무기염류, 탄닌산 등이 허용되며, 또한 산도를 조절하기 위해 사용되는 산분과, 각종 향료 및 착색료 등이 주류제조 시 식품첨가물로 허용되고 있다.²⁴⁾ 선행연구에 따르면, 고과당 옥수수 시럽 1그램(g) 당 0.005-0.570 µg의 수은을 함유하는 것으로 밝혀졌다.²⁵⁾ 이 농도 수준은 kg으로 환산하게 되면, 5.0-570.0 µg/kg에 이르는 높은 농도로 볼 수 있을 것이다. 또한, 일본에서 행해진 선행연구에 따르면, 8개 식품첨가물 제품 중에서, 3개의 식품첨가물에서 수은이 1.2-3.4 µg/g 함유했었다고 보고 되었다.²⁶⁾ 나아가서, 주류에 포함되어 있는 원재료 물질 자체, 발효 또는 증류 과정에서 첨가되어지는 물질이외에도, 제조공정, 장치 및 기계류, 병작업, 저장 및 보관 등에서 중금속 오염이 발생할 수 있다는 가정은 선행연구에 의해서도 지지되어 진다.¹⁸⁾

음주빈도가 높은 사람에게서 혈중 수은 농도의 수준이 높게 나타나는 또 다른 이유로, 알코올이 인체에서 수은의 대사 작용을 방해하여 혈중수은농도가 높게 나타나게 하는 원인이 될 수 있다고 가정해 볼 수 있다. 실제로, 쥐를 대상으로 한 실험에서 에탄

올과 메틸수은을 함께 처치한 경우의 쥐에서 신장 기능의 저하와 함께 소변집중능력의 감소가 나타난 연구가 있었다.²⁷⁾ 또한 식품의약품안전처의 보고에 따르면, 알코올이 칼슘·철분·엽산 등 영양성분의 흡수를 방해하기 때문에 상대적으로 중금속 농도가 올라가거나, 과도한 술이 면역력을 떨어뜨리므로 세포의 중금속 제거능력이 낮아지는 것일 수 있다고 제안하였다.²⁸⁾

앞에서 고찰한 바와 같이, 음주빈도가 높은 사람에게서 높은 농도의 혈중 수은이 검출되는 이유로는, 소주 또는 맥주의 원재료, 첨가물 등에 수은이 함유되어 있거나, 제조과정에서 수은에 오염되어 물리적으로 농도가 높아지는 경우와, 알코올이 수은의 생화학적 대사과정에 개입하여 혈중 수은 농도를 상승시키는 경우로, 두 가지 가능성을 모두 열어두어야 할 것이다. 따라서 향후, 이에 대한 심화 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 연구의 제한점은 다음과 같다. 이 연구에서 사용된 방법은 단면연구(cross-sectional study)로서, 연구의 인과적 연관성(causality)을 담보할 수 없다. 또한, 이 연구에서 사용된 음주 빈도는 순서척도로서 그 간격이 일정하지 않기 때문에 정확한 정량적 지표의 사용에 제한점이 있다고 할 수 있다. 이 연구에서는 구체적으로 어떤 과정에서 수은이 주류에 함유되게 되었으며, 어느 정도의 농도로 오염 또는 누출되었는지 파악할 수 없다. 따라서 이와 관련해서는 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 보인다. 혈중 수은 농도와 여러 영향을 주는 변수들과의 분석을 할 때, 보정해 주지 못한 많은 변수들이 있다. 즉, 본 연구에서 보정변수로 사용한 동태찌개/해물탕 또는 갈치/조기구이 등 이외에도 보정하지 못한 다양한 형태의 생선류의 섭취 항목이 있을 수 있다. 이와 같은 잠재적 제한 사항에도 불구하고, 이 연구는 우리나라의 대표적인 주류인 소주와 맥주의 음주 빈도가 혈중 수은 농도의 증가와 통계적으로 유의하게 관계가 있음을 밝히는 최초의 연구로 사료된다.

V. 결 론

본 연구 결과에 따르면, 여러 혼란변수들의 영향을 보정한 후에도 소주 또는 맥주의 음주빈도는 혈중수은 농도와 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났

다. 혈중 수은 농도를 종속변수로 설계한 선형 및 로지스틱 회귀분석 모델에서도 마찬가지로 소주 음주 빈도와 맥주 음주 빈도는 통계적으로 유의한 양(positive)의 선형성을 나타내는 독립변수로 확인되었다. 결론적으로, 본 연구결과는, 소주 또는 맥주의 음주 빈도가 증가하면 증가할수록 혈중 수은 농도가 증가할 수 있음을 보여주고 있다. 이 연구결과는 우리나라 국민들의 음주 및 혈중 중금속 노출과, 알코올과 중금속의 생체 내에서의 생화학적 상호작용에 관한 연구를 진행함에 있어서, 중요한 과학적 기초 자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgments

The study was supported by the 2015-2nd semester Hanyang Women's University Research Fund.

References

1. Biomonitoring: Mercury. America's Children and the Environment | Third Edition, Updated October 2015.
https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/ace3_mercury.pdf
2. Toxicological Effects of Methylmercury. Chapter 5. HEALTH EFFECTS OF METHYLMERCURY
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK225765/>
3. Chung SH, Myong JP. Are higher blood mercury levels associated with dry eye symptoms in adult Koreans? A population-based cross-sectional study. *BMJ Open*. 2016 Apr 27;6(4):e010985. doi: 10.1136/bmjopen-2015-010985.
4. Kim DS, Ahn SC, Chung HU, Kwon YM, CHOI KH. A Study on Schoolchildren's Mercury Exposure and Related Health Effects in High Mercury Exposure Areas in Korea. *J Environ Health Sci*. 2015; 41(4): 268-276.
5. Ministry of Environment. Press Release. Results of Environmental Hazardous Substance Concentration in Children and Adolescents. 2014. 01. 21.
<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=286&boardMasterId=1&boardCategoryId=39&boardId=338815>
6. Kim DS, Chung HU, Kwon YM, Yu HY, Yoon YS, Ahn SC, Jeon HL, Hong YS, Lee EH, Oh HJ. 2011. National Institute of Environmental Research. Research on exposure and health effect of mercury in Young-Nam area (II).
7. Raimann X, Rodríguez OL, Chávez P, Torrejón C. Mercury in fish and its importance in health. *Rev Med Chil*. 2014 Sep;142(9):1174-80. doi: 10.4067/S0034-98872014000900012.
8. US EPA. Mercury Emissions. Report on the Environment.
<https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=14>
9. Oh JS, Lee SH. Pb, Hg and Cd Concentration of Blood and Exposure-Related Factors. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* 2015; 16(3): 2089-2099.
10. Kim HR, Youn JW, Kim YY. Effects of smoking on concentration of heavy metals in blood and clinical characteristics. *PUBLIC HEALTH WEEKLY REPORT* 2017; 10(29): 748-753.
11. Kang DK, Lee KY. The Relationships Between Blood Mercury Concentration and Body Composition Measures Using 2010 Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean J Obes* Vol. 22 No. 4: 237-242. December 2013.
12. Lim SS, Vos T, Flaxman AD et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 2012; 380: 2224-60.
13. Iwegbue CM, Ojelum AL, Bassey FI. A survey of metal profiles in some traditional alcoholic beverages in Nigeria. *Food Sci Nutr*. 2014 Nov; 2(6): 724-33. doi:10.1002/fsn3.163. Epub 2014 Sep 9.
14. Park S, Lee BK. Strong positive associations between seafood, vegetables, and alcohol with blood mercury and urinary arsenic levels in the Korean adult population. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2013 Jan; 64(1): 160-70. doi:10.1007/s00244-012-9808-x. Epub 2012 Sep 21.
15. Cho JH. The study on effect factors related to blood mercury concentrations for the purpose of preparing the methods to reduce the mercury exposure in Korea. Doosan Yonkang Foundation. Collection of Dissertations for Environment and Safety, 2016, 23, 539-569.
16. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Blood mercury levels in young children and child-bearing-aged women-United States, 1999-2002. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2004 Nov 5; 53(43): 1018-20.
17. Frías S, Díaz C, Conde JE, Pérez Trujillo JP. Selenium and mercury concentrations in sweet and dry

- bottled wines from the Canary Islands, Spain. *Food Addit Contam.* 2003; 20: 237-240.
18. Ibanez JG, Carreon-Alvarez A, Barcena-Soto M, Casillas N. Metals in alcoholic beverages: A review of sources, effects, concentrations, removal, speciation, and analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 21 (2008) 672-683.
 19. No KM, Kang KM, Baek SL, Choi H, Park SK, Kim DS. Monitoring of Heavy Metal Content in Alcoholic Beverages. *Journal of Food Hygiene and Safety* 2010; 25(1): 24-29.
 20. KIM DS, Kwon YM, Chung HU, CHOI KH. Mercury Exposure Factors among Residents in the Highly Mercury Exposed Area, Seoksan-ri, Korea. *J Environ Health Sci.* 2015; 41(5): 349-357.
 21. Ministry of Government Legislation. Liquor tax law. 2018. 7.27.
<http://www.law.go.kr/lsSc.do?tabMenuId=tab18&p1=&subMenu=1&nwYn=1§ion=&tabNo=&query=%EC%A3%BC%EC%84%B8%EB%B2%95#undefined>
 22. Min SR. Quality Characteristics of Distilled Soju with Various *Aspergillus* Species. Department of Food Science and Technology. Graduate School Sunchon National University. 2013.
 23. Zhang H, Wang D, Zhang J, Shang X, Zhao Y, Wu Y. Total mercury in milled rice and brown rice from China and health risk evaluation. *Food Addit Contam Part B Surveill.* 2014; 7(2): 141-6. doi:10.1080/19393210.2013.860485. Epub 2014 Jan 10.
 24. Ministry of Government Legislation. Liquor Tax Enforcement Decree. 2018.7.27.
<http://www.law.go.kr/lsSc.do?tabMenuId=tab18&p1=&subMenu=1&nwYn=1§ion=&tabNo=&query=%EC%A3%BC%EC%84%B8%EB%B2%95#undefined>
 25. Dufault R, LeBlanc B, Schnoll R, Cornett C, Schweitzer L, Wallinga D, Hightower J, Patrick L, Lukiw WJ. Mercury from chlor-alkali plants: measured concentrations in food product sugar. *Environ Health.* 2009 Jan 26; 8:2. doi:10.1186/1476-069X-8-2.
 26. Ogimoto M, Uematsu Y, Suzuki K, Kabashima J, Nakazato M. Survey of toxic heavy metals and arsenic in existing food additives (natural colors). *Shokuhin Eiseigaku Zasshi.* 2009 Oct; 50(5): 256-60.
 27. Rumbelha WK, Gentry PA, Bhatnagar MK. The effects of administering methylmercury in combination with ethanol in the rat. *Vet Hum Toxicol* 1992; 34, 21-25.
 28. Ministry of Food and Drug Safety. Press Release. "If you drink or smoke, heavy metals accumulate in your body." 2017.06.13.