

발 간 등 룩 번 호
73-6430067-000001-10



2013. Vol. 22

보건환경연구원보

The Report of Chungcheongbuk-do Research Institute of Health & Environment



충청북도보건환경연구원



격려사

The Report of Chungcheongbuk-do Research Institute of Health & Environment

160만 충북도민의 건강 지킴이 충청북도보건환경연구원에서 지난 한 해의 연구성과를 보아 보건환경연구원보 제22권을 발간하게 된 것을 진심으로 축하드립니다.

그동안 각종 질병으로부터 건강과 쾌적한 환경을 보전하기 위하여 열과 성을 다한 연구원 가족 여러분의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

더구나 금년은 연초부터 진천, 음성지역을 강타한 고병원성 조류독감 발생으로 많은 닭과 오리들을 살 처분하면서 양계농가는 물론 방역활동에 참가한 관계 공무원들이 많은 어려움을 겪었습니다.

돌이켜보면 2009년 세계적으로 발생했던 신종플루, 2011년 국내의 구제역 파동에 이어 올해 발생한 조류독감까지 신종 질병과 감염성 질환 등이 연이어 발생하면서 가축은 물론 인간의 보건환경까지 위협하는 심각한 상황에 이르렀습니다.

이러한 상황에서 무엇보다 중요한 것은 도민의 건강을 지키는 보건환경 분야 전문가들의 투철한 사명감이라고 하겠습니다. 또한 그동안 축적된 연구성과를 바탕으로 도민의 건강과 생명을 지키기 위한 연구 노력이라고 생각합니다.

이번에 발간한 보건환경연구원보에는 지난 한 해 동안 도민의 일상생활과 밀접한 보건·환경분야의 조사·연구를 위하여 우리 연구원 가족들이 흘린 땀의 결실이며, 도민의 건강을 지키기 위한 값진 성과물입니다.

앞으로 본 연구원보가 널리 활용되어 160만 도민 모두가 건강한 충북, 생명과 태양의 땅 충북 실현을 위한 든든한 밑거름이 되길 바라면서, 다시 한번 연구원보 발간을 위하여 수고하신 보건환경연구원 관계자 여러분의 노고에 격려와 감사의 말씀을 드립니다.

2014년 3월

충 청 북 도 지 사



목 차

I. 연구보고 / 1

3 쪽질방의 미생물 오염도 실태 조사연구

(신현식·이광희·양승준·이아영·서나영·신강숙·신태하·조경주)

33 전통주의 우수성에 관한 연구

(이미경·김진탁·이병화·윤건목·이보영·윤방한·유용재·민필기)

56 절임배추 생산이 하천에 미치는 영향

(조성렬, 박선희, 전병진, 권오근, 석태평, 홍성호)

100 도내 주요 등산로 삼림욕 여건 조사

(김용성, 신필식, 이진원, 유병열, 민윤희, 임종현)

128 도내 공공수영장의 효율적인 관리방안 연구

(송영상, 이재호, 류권걸, 김명희, 심재순)

155 부식성지수를 이용한 도내 수돗물 특성 연구

(박덕규, 김경미, 김영주, 신기호, 이봉규, 황재석)

192 골프장 잔류농약 다성분 동시분석에 관한 연구

(김덕희·김창영·조윤형·장은경·임경미·유재경)

II. 자료 / 209

211 대기중금속측정망 운영결과(2013)

218 충북지역 대기질 분석결과(2008-2013)

293 소음측정망 실태조사 결과(2013)

299 충청북도 수질측정망 운영 결과(2013)

309 도내 174개 하천 수질검사 결과(2013)

III. 일반현황 / 329

CONTENTS

I. Research Report / 1

3	A Study on Microbial pollutants of Jjimjilbangs in Chungcheongbuk-do
33	A Study on Excellence and Functionality of Korean Traditional Liquor
56	Effect of salted Baechu production on stream water
100	Survey on Forest Bath Conditions of Major Hiking Trails in Chungcheongbuk-do
128	A Research on the management of the public swimming pools
155	A Study on the Characteristic of Tap Water in Chungcheongbuk-do using Corrosion Index
192	A study for determination of pesticide residues in golf courses

II. Data / 209

211	A Results of Heavy Metal Concentration Monitoring in Ambient Air in Chungbuk Province (2013)
218	A Results of Air Quality Analysis in Chungbuk Province (2008~2013)
293	A Results of Environmental Noise Monitoring in Chungbuk Province (2013)
299	A Results of Stream Water Quality Monitoring in Chungbuk Province (2013)
309	A Results of 174 Streams Water Quality in Chungbuk Province (2013)

III. General Status / 329

I. 연구보고



충청북도보건환경연구원보 제22권, 3~32, 2013

찜질방의 미생물 오염도 실태 조사연구

신현식·이광희·양승준·이아영·서나영·신강숙·신태하·조경주

미생물과

A Study on Microbial pollutants of Jjimjilbangs in Chungcheongbuk-do

H.S.Shin, K.H.Lee, S.J.Yang, A.Y.Lee, N.Y.Seo, K.S.Shin, T.H.Shin, K.J.Cho

Micro-biology Section

ABSTRACT

The objective of this study was to provide fundamental data for the distribution of bacteria and fungi in Jjimjilbang, Chungcheongbuk-do.

The number of general bacteria was 93~288 CFU/10cm² in using tools(massage chair > mat > pillow). The detection rate of fungi was 23.5~50.0% in using tools (massage chair > mat > pillow). *Staphylococcus aureus* was not detected in using tools and floor samples.

Both *E. coli* and food poisoning bacteria were not observed in ready-to-eat beverages and therefore they were found to be safe from microbial pollution. The mean concentration of total airborne bacteria counts was 281~648 CFU/m³ and highest(1,800 CFU/m³) on weekend night, and that of total airborne fungi counts was 79~181 CFU/m³ and

highest(720 CFU/m³) on weekend night among sampling sites. The mean concentration of PM-10 was 50.5~86.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and especially highest(90.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in weekend night among sampling sites.

The correlation coefficient(r) between PM-10 and total airborne bacteria, total airborne fungi were 0.6147, 0.6202. The correlation coefficient for relative humidity were 0.1125 and 0.2743, respectively.

Therefore it was concluded that planning for prevention of microbial pollution should be established to guide a proper management on airborne fungi in Korea.

I. 서 론

1994년 부산지역에서 처음 상업적으로 등장한 쪽질방은 1995년초에 서울에 소개되면서 비약적인 성장세를 보여 전국적으로 확산되었다. 쪽질방은 목욕과 다양한 문화 활동이 접목된 복합여가공간으로서 최근 화두가 되고 있는 웰빙 트랜드와 함께 하나의 문화현상으로 볼 수 있다. 아울러 육체적 피로와 각종 질병 스트레스 등으로부터 회복하고 건강한 삶을 영위하기 위한 터전으로 이용되고 있다¹⁾.

쪽질방은 맥반석·황토·옥 등을 직접 또는 간접 가열하여 발생되는 열기 또는 원적외선 등을 이용하여 땀을 낼 수 있는 시설 및 설비 등을 갖추고 영업하는 서비스업으로 「다중이용업소의 안전관리에 관한 특별법」에 따라 다중이용업으로 분류되어 있다²⁾. 2005년 10월부터는 공중위생관리법상 목욕장업으로 편입되어 안전 및 위생 등에 대한 관리를 받고 있다.

최근에는 목욕 및 사우나에 각종 여가산업이 융합된 복합 여가 공간으로 쪽질방내에 공중목욕장, 발한실, 헬스장, 수면실, 마사지실, PC방, 영화방, 식당 등을 갖추고 남녀노소를 불문하고 24시간 여가를 즐길 수 있는 대규모의 복합 레저 공간으로 운영되고 있는 추세이다³⁾. 또한, 우리나라 드라마의 한류 열풍과 더불어 미국, 일본, 유럽 등 각국에서 그 나라 문화와 곁들여져 외형적 모습이나 쪽질방 안에 세부적인 모습들은 그 나라에 맞는 특색 있는 쪽질방이 되고 있다⁴⁾.

IMF 이후 창업 열풍이 불면서 점점 확산되기 시작하고 대형화되기 시작했으며, 점차 쪽질방은 쪽질 목적 보다는 숙박 개념으로 자리 잡았다. 특히, 기차역·버스터미널 인근에 위치한 쪽질방의 경우에는 숙박의 용도로 이용되고 있어 위생관리가 엄격히 요구되고 있는 상황이다⁵⁾.

이렇듯 다양하게 우리와 접하고 있는 쪽질방은 실내온도 및 습도가 높은 환경적 요인을 갖고 있다. 따라서 판매하는 식품류가 위생적으로 관리되지 않으면

식중독 발생의 위험이 높아질 우려가 있다.

또한, 미국 환경청(EPA)은 실내 공기오염의 심각성과 인체 유해성에 대한 사람들의 무관심을 경고하였으며, 가장 시급하게 처리해야 할 문제 중 하나라고 발표하였다. 그리고 세계보건기구(WHO)는 실내공기오염에 의한 사망자수는 연간 280만명에 이르고, 실내오염물질이 실외오염물질보다 폐에 전달될 확률은 약 천배 높다고 추정하였다⁶⁾. 실내공기의 오염원은 다양하지만 충분히 예방이 가능하기 때문에 그만큼 관리도 중요하다.

찜질방은 이용객이 장시간 머무르는 곳이므로 공동으로 사용하는 물품과 찜질방 바닥의 위생상태가 중요하며, 전국적으로 찜질방을 운영한지 10년이 넘는 시설들이 많아 개업 초기와는 다르게 호흡기 계통의 질환을 일으킬 수 있는 부유미생물 분포가 높아졌을 가능성이 충분하므로 이에 대한 오염도 실태 파악이 필요하다. 현재 우리나라는 일정 규모 이상의 병원, 유아시설, 노인복지시설, 산후조리원에 대해 별도로 '총부유세균'이라는 항목을 설정하여 관리하고 있다. 그러나, 아직 찜질방은 대상에서 제외되어 있으며, 부유진균을 포함한 생물학적 유해인자에 대한 규제 기준 및 예방 대책은 마련되어 있지 않은 실정이다⁷⁾.

본 연구에서는 다중이용시설인 찜질방의 전반적인 위생관리 실태조사를 통하여 문제점 도출과 개선방안을 제시하고, 위생관련 기준에 필요한 자료를 제공함으로써 찜질방을 이용하는 소비자의 안전을 도모하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 찜질방 일반 현황

소방방재청 연도별 주요 통계 및 자료에 의하면 전국 찜질방수는 처음 통계가 이루어진 2007년에 1,577개 업소가 운영되다가 해마다 점차 감소하는 실정이며, 2013년 현재 전국 1,276개 업소 중 충북에는 전국 대비 2.6%인 33개소가 운영 중에 있다.

Table 1. Status of Jjimjilbang in Korea⁸⁾

Section	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Seoul Metropolitan City	192	183	181	155	187	237	
Busan Metropolitan City	107	96	86	80	99	83	
Daegu Metropolitan City	39	38	38	41	45	47	
Incheon Metropolitan City	85	79	75	89	59	75	
Gwangju Metropolitan City	18	17	24	25	24	26	
Daejeon Metropolitan City	29	27	33	31	32	24	
Ulsan Metropolitan City	29	27	32	25	29	32	
Sejong SA City	4						
Gyeonggi Province	228	278	267	259	247	213	
Gangwon Province	71	71	73	77	94	62	
Chungcheongbuk Province	33	39	38	49	46	48	
Chungcheongnam Province	71	74	83	87	77	77	
Jeollabuk Province	89	86	84	79	82	73	
Jeollanam Province	50	49	47	54	58	57	
Gyeongsangbuk Province	91	105	113	114	127	108	
Gyeongsangnam province	124	143	149	180	161	153	
Jeju province	16	18	15	16	19	18	
Total	1,276	1,330	1,338	1,361	1,386	1,333	1,577

2. 찜질방 조사실태

찜질방에 대한 조사는 한국소비자원 소비자안전센터의 ‘찜질방 안전실태 조사 보고서’(2010), 부산보건환경연구원의 ‘부산지역 찜질방의 미생물 분포 양상 및 위생실태 연구’(2010) 등 지역별로 조사된 자료들이 있다. 이들 자료를 통해

사용물품 및 식품에 대한 위생관리실태, 위해사례분석, 안전관리실태 등 다양한 조사 결과를 볼 수 있었다.

2004년도에 이루어진 부유미생물에 대한 현장 조사연구가 현저히 많은 것으로 조사되었는데, 이는 당시 국내외적으로 처음 부유미생물의 농도를 규제하기 시작한 환경부의 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'의 제정 및 공포에 따른 결과에 기인한 것으로 사료된다. 그러나 이 법에서 제시하고 있는 부유미생물의 규제기준은 기준 설정 근거에 입각하여 산출된 기준이라기 보다는 전문가들의 협의에 의해 산출된 기준이며, 또한 알레르기성 비염 및 천식을 유발하는 것으로 잘 알려져 있는 부유진균에 대한 기준은 설정되어 있지 않고 단지 총부유세균에 대한 기준만이 설정되어 있는 등 여러 문제점이 최근 지적되고 있는 실정이다⁹⁾. 특히, 이용객이 오랜 시간 머무르는 찜질방의 발한실에 대한 실내공기질 부유미생물 오염실태 조사는 전무한 실정이다.

3. 미생물 오염도

가. 일반세균과 곰팡이

미생물학적 안전성 평가를 위한 분석항목의 하나로 사용되어온 일반세균의 경우 다양으로 검출되지 않으면 병원균과 직접적 관련은 없는 것으로 알려져 있으나, 오염 상태나 안전성 판정을 위한 지표항목이므로 이들이 많다는 것은 오염의 신호라는 것을 알려주고 있다¹⁰⁾.

곰팡이는 실내공기질에서 중요한 요소이며, 일반적으로 다습한 환경적 요인이 제공되는 곳에서 잘 번식하며, 건조한 환경에서는 포자형태로 번식하지 못하고 있다가 적정 조건이 주어지면 급속히 증가한다¹¹⁾.

나. 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)

황색포도상구균은 통성 혐기성(facultatively anaerobic)의 그람 양성 구균으로서 포도상구균 감염증의 가장 흔한 원인균이다. 황색포도상구균은 50% 이상의

건강한 사람, 동물의 피부, 비강 등에서 흔히 발견되며 여드름, 농가진 같은 경증의 피부감염증부터 폐렴, 수막염, 패혈증과 같은 생명을 위협하는 질환들에 이르기까지 다양한 질병을 초래할 수 있다. 황색포도상구균이 생산한 장독소는 위장염의 원인이 되는데, 오심·구토·설사·복통 증상을 일으키며, 8~24시간 내에 증세가 완화되어 자연 치유된다¹²⁾.

4. 부유미생물

가. 정의

부유미생물은 미생물학적으로 공기중에 부유하는 세균, 진균, 바이러스로 구분할 수 있으며, 본 연구에서는 부유세균과 부유진균만으로 구분하였다.

먼지나 수증기 등에 미생물들이 부착되어 있는 것이 부유세균이며, 주로 호흡기관에 영향을 주고 병원성 감염 등을 초래할 수 있다. 부유세균 같은 미생물성 실내공기 오염물질은 감염성 질환, 알레르기 질환, 피부 질환, 호흡기 질환, 폐질환, 기관지 질환, 폐암을 비롯한 각종 질병을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 주요 발생원은 음식물 찌꺼기, 동물의 분뇨와 같은 유기물, 물이 고여 있는 곳, 가습기를 들 수 있다.

생물학적으로 진균은 효모와 곰팡이로 구분된다. 효모는 곰팡이와 같은 진균류에 속하지만 일반적으로 곰팡이와 달리 균사가 없고, 광합성능이나 운동성도 가지지 않는 단세포 생물의 총칭이다. 곰팡이는 포자가 젖거나 습기 찬 장소에 부착하여 성장을 시작하지 않는 한 실내에서 일반적으로 문제가 되지 않지만, 민감한 개인에 알레르기 반응을 일으킬 수 있다. 알레르기 반응은 채채기, 콧물, 뺨간 눈, 피부 발진 등 꽃가루 알레르기 형태의 증상이 나타나며, 심하면 천식 발작을 일으킬 수 있다¹³⁾.

본 연구에서 부유진균은 효모를 제외한 곰팡이만을 대상으로 하였다. 부유곰팡이란 실내공기 중에 부유하는 곰팡이로 곰팡이 포자가 호흡을 통해 인간과 접촉하여 비염, 천식 등의 알레르기성 질환을 유발시킬 수 있으며, 주요 발생원은 높은 수분을 함유한 셀룰로우즈나 먼지 같은 유기물, 축축한 낙엽이나 나뭇가지, 토양 등을 들 수 있다.

나. 각국의 관리 동향

우리나라는 '다중이용시설등의 실내공기질관리법'에서 지하역사, 지하도상가, 도서관, 의료기관, 대규모점포 등 17개 시설군에 대해서 실내공기질을 관리하고 있으며, 특히 의료기관, 보육시설, 노인의료시설, 산후조리원은 총부유세균에 대해 $800 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 이하로 유지기준이 설정되어 있다. 이와 같이 아직까지 국가나 관련단체는 총부유세균이나 부유진균을 대상으로 실내의 공기질을 규제할 수 있는 병원균에 대한 노출기준을 제시하지 않고 있는데¹⁴⁾, 이는 사람이 병원체에 대한 반응이 매우 다양하며, 건강상의 정보를 나타내기 위한 양-반응관계(dose-response relationship)를 설명하는 자료가 부족하고, 역학적 근거 자료가 충분하지 못하기 때문이다. 그래서 아직 실내 공기 중 진균류의 어느 정도 수준까지가 안전한가에 대한 표준화된 실내 허용기준이 설정되어 있지 않은 것이다.

그러나, Table 2에서처럼 국제보건관련 기관인 세계보건기구(WHO, World Health Organization), 미국 노동성의 산업안전보건청(OSHA, Occupational Safety & Health Administration), 미국산업위생협회(AIHA, American Industrial Hygiene Association)와 싱가포르 등 국가별로 실내 공기 중 부유 미생물 농도에 대한 다양한 권고기준(Guidelines)을 제시하고 있으나¹⁵⁾, 우리나라는 부유곰팡이에 대한 정량적인 위해성 기준 등이 아직 마련되어 있지 못한 실정이다.

Table 2. Guidelines biopollutants in Country & Organization

Country & Organization	Guidelines	
	Total bacteria counts	Total fungal counts
Korea	< 800 CFU/m ³	
WHO		$\leq 500 \text{ CFU}/\text{m}^3$
OSHA		< 1000 CFU/m ³
AIHA		< 1000 CFU/m ³
Singapore	500 CFU/m ³	500 CFU/m ³

다. 부유미생물의 위해성

부유미생물 중 진균(곰팡이)은 토양, 식물체, 낙엽, 공기, 음식물 및 먹는물 등 주위 환경에 널리 분포하고 있으며¹⁶⁾, 사람에게 유익하거나 해를 끼칠 수 있는 미생물로서, 토양 진균은 효소를 분비하여 식물체를 분해하여, 부식토를 풍성하게 하고 유기물의 생화학적 재순환 등 중요한 역할을 한다¹⁷⁾.

우리들이 일상적으로 생활하는 환경이나 다중이용시설 내에서 고농도의 부유진균에 의하여 오염되는 경우는 매우 가능성이 낮은 경우일 것이라고 사료되나, 소아 알레르기환자 1,050명에 대한 알레르기 피부단자시험 결과에서 공기 중에 존재하는 부유진균인 Cladosporium, Alternaria, Aspergillus, Penicillium 등이 양성반응을 보인다고 보고하고 있어¹⁸⁾, 부유진균이 알레르기 유발물질임을 알 수 있어 친환경적인 부유진균 관리가 필요하다고 사료된다.

대기 중 부유미생물에 많이 노출되면 천식과 비염¹⁹⁾, 과민성 폐렴, 부유진균균사체의 파편(fungal fragments)에 의한 알레르기²⁰⁾, 벨딩증후군²¹⁾ 등 건강에 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다.

III. 연구대상 및 방법

1. 대상시설

본 연구는 2013년 4월부터 12월까지 수행하였으며, 현재 도내에 소재하는 찜질방 중 영업장 면적이 2,000 m² 이상인 11개소를 대상으로 하였다. 이용객이 적을 때와 많을 때를 비교하기 위해 비수기(5~6월)와 성수기(11~12월)는 평일 낮 시간대에, 이용객이 가장 많은 극성수기(11~12월 주말 19~23시)에는 2개소 (A, B) 시료를 채취하여 비교 분석하였다.

찜질방의 사용물품 및 바닥에 대한 위생상태 조사는 11개소 전체를, 부유미생물 조사는 6개소를 대상으로 하였다.

2. 조사 내용

찜질방의 오염도 실태를 연구하기 위해 미생물 시험은 식품공전²²⁾, 감염병 실험실진단, 위생처리업의 위생관리기준(보건사회부고시 제94-22호)을 참고하였으며, 모든 시험은 무균적으로 실시하였다. 또한, 미세먼지(PM-10), 온도, 상대습도는 실내공기질 공정시험기준에 준하여 실험하였다²³⁾.

가. 환경검체

조사대상 찜질방 업소에서 위생 상태를 점검하고자 이용객들이 사용하고 있는 물품인 베개(pillow), 매트(mat), 안마의자(massage chair, MC)를 대상으로 일반세균수, 곰팡이수 및 황색포도상구균 유무를 조사하였다. 또한 찜질방 바닥(floor)을 같은 방법으로 오염도를 측정하여 사용물품과 비교하였다.

또한, 찜질방에서 즉석 제조 판매하는 음료류에 대하여 대장균과 식중독균 항목인 바실리스세레우스, 캠필로박터제주니, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 리스테리아 모노사이토제네스, 살모넬라균, 황색포도상구균, 장염비브리오균, 여시니아엔테로콜리티카를 시험하였으며, 음료용 얼음에 대한 세균수를 시험하였다.

나. 부유미생물 검사

호흡기 질환과 밀접한 관련이 있는 총부유세균수, 총부유곰팡이수를 찜질방 홀 및 발한실 별로 분석하였고, 미세먼지(PM-10), 온도 및 상대습도를 동시 측정하였으며, 이들과의 상관성을 분석하였다. 또한 채취된 부유곰팡이는 순수 배양 후 동정을 실시하였다.

3. 시료채취 및 분석

가. 환경검체

찜질방에서 주로 여러 사람이 이용하는 베개, 매트 및 안마의자의 일반세균과 곰팡이수는 업소마다 대상별 5개의 검체를 검사한 결과 평균값으로 산출하였다.

채취방법은 채취봉(3M)을 사용하여 각 시료 당 채취 면적을 100 cm²로 하였으며, 검체 채취 후 회석액인 PBS(Phosphate Buffer Saline) 10 mL에 담아 실험실로 이송하여 즉시 실험하였다.

일반세균수는 TSA(Tryptic Soy Agar, OXOID)에서 35 °C, 48시간 배양 후 집락을 계수하였다. 진균은 PDA(Potato Dextrose Agar, Merk)에서 25 °C, 2~6일간 배양하여 생성된 집락을 실체현미경에서 확인·계수하였으며, 각각을 집락수 단위면적당 집락수(CFU/10cm²)로 산출하였다.

나. 부유미생물

총부유세균수와 총부유곰팡이수는 실내공기질 공정시험기준 중 총부유세균 측정방법(총돌법)에 준하여 채취하였으며, 시료채취는 single-stage impactor sampler(400Hole, SKC)를 이용하였고, 흡인 유량은 100 L/min 이었으며, 바닥 면으로 1.2 m 높이에서 각각 2.5분씩 20분 간격으로 3회 시료를 채취하였다.

총부유세균수는 TSA배지에서 35 °C, 48시간 배양 후 집락을 계수하였으며, 총부유곰팡이수는 SDA(Sabouraud Dextrose Agar, Merk)에서 25 °C, 2~6일간 배양하여 생성된 집락을 실체현미경에서 확인·계수하여 집락계수 환산표를 사용하여 각각 집락수를 채취한 공기량으로 나누어 단위체적당 집락수(CFU/m³)를 산출하였다²⁴⁾.

또한, 주로 분포하는 부유곰팡이 동종을 위해서 많이 검출된 곰팡이만을 배지에서 채취하여 다시 SDA 배지에 순수배양하여 동정을 실시하였다.

IV. 연구결과 및 고찰

1. 환기시설

가. 홀

조사대상 11개소 환기시설을 점검한 결과 홀은 모두 중앙급배기 시설을 통하거나 창문을 통하여 자연환기를 시키는 것으로 나타났다. 이들 대부분 업체가 겨울철에는 열손실을 이유로 가동이 중지된 상태로 영업하고 있었으며,

구체적인 운영 매뉴얼이 없는 상태였다.

일반 공중이용시설에서는 쾌적한 실내공기질 관리를 위해서 환기가 중요하지만 찜질방의 특성상 열손실의 우려가 있으므로 잦은 환기는 비효율적이라하겠다. 따라서 국소적 공기질 관리를 위해 공기청정기를 이용하는 것이 좋을 것으로 예상한다. 그러나, 조사결과 이러한 업소는 11개소 중 1개소만 훌에 설치 운영하고 있었다.

나. 발한실

조사대상 찜질방 11개소 내부에 구획된 발한실 58개실의 환기시설을 조사한 결과, 환기시설을 갖춘 곳이 3개실뿐 이었으며, 55개실(94.8%)은 별도 환기시설이 없는 것으로 조사되었다. 발한실 내부에 공기청정기가 설치된 업소는 전혀 없었으며, 밀폐된 공간에 오염원 발생 시 오염된 실내공기로 인하여 건강을 해칠 우려가 있는 것으로 나타났다. 이러한 발한실내 환기시설에 대한 적정한 시설기준과 운영기준 마련이 필요한 것으로 보인다.

2. 이용자 인원 조사

이용자 인원 조사는 업소별로 측정시간대에 전체 재실 인원수를 1시간 간격으로 3회 산술평균하였다. 그 결과 이용자수 평균 범위는 비수기(6개소) 3~21명, 성수기(4개소) 5~36명, 주말 저녁(2개소) 22~68명으로 나타났다.

3. 환경검체 오염실태

가. 베개, 매트, 안마의자 및 바닥

1) 일반세균수

찜질방 사용물품 및 바닥에 대한 검사결과 일반세균수 평균 농도는 Table 3과 같다. 비수기(5월~6월)의 경우 베개 93 CFU/10cm², 매트 175 CFU/10cm², 안마의자 288 CFU/10cm²로 안마의자 > 매트 > 베개 순으로 높게 나타났으며,

성수기(11월~12월)의 경우 베개 93 CFU/10cm², 매트 114 CFU/10cm², 안마의자 113 CFU/10cm²로 안마의자, 매트 > 베개 순으로 높게 나타났다. 바닥은 비수기 161 CFU/10cm², 성수기 168 CFU/10cm²로 비슷한 결과를 보였다(Fig. 1~2).

2005년 한국소비자원 소비자안전센터에서 실시한 ‘공공시설의 미생물 오염 실태 모니터링(2010)’에 따른 시험결과에서 일반세균수가 가장 많이 검출된 쇼핑카트 손잡이(1,100 CFU/10cm²) 보다 높게 검출된 것이 매트는 165건 중 2건 (1.2%), 안마의자는 140건 중 2건(1.4%)으로 나타났다. 이 중 1개 업소의 안마의자에서 일반세균수가 2,500 CFU/10cm²가 검출되어 쇼핑카트 손잡이보다 2.3배 높게 검출되었다. 매트, 안마의자에서는 비수기가 성수기보다 높게 나타났는데, 이는 손님이 없는 시기에 일부 물품에 대한 청소 등 관리 소홀의 결과라고 사료된다.

Table 3. Average Total colony counts on pillow, mat, massage chair and floor

Unit : CFU/10cm²

Site	May ~ June				Nob. ~ Dec.			
	pillow	mat	massage chair	floor	pillow	mat	massage chair	floor
A	46	116	167	184	67	122	114	228
B	123	222	156	364	216	179	156	515
C	154	219	212	207	147	126	73	188
D	136	472	85	185	133	188	60	146
E	38	60	261	65	54	80	46	194
F	38	301	59	138	46	56	46	39
G	95	205	380	96	99	178	235	100
H	31	46		44	42	57		56
I	272	170		192	156	168		145
J	58	65	984	203	37	60	173	172
K	31	48		88	25	40		71
Avg.	93	175	288	161	93	114	113	168

* the results of weekend night

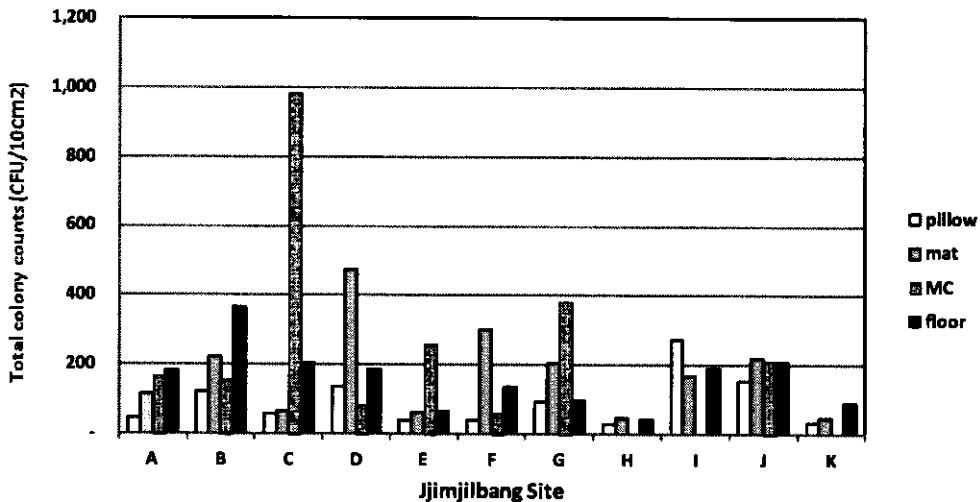


Fig. 1. Average total colony counts on pillow, mat, massage chair and floor from May to June

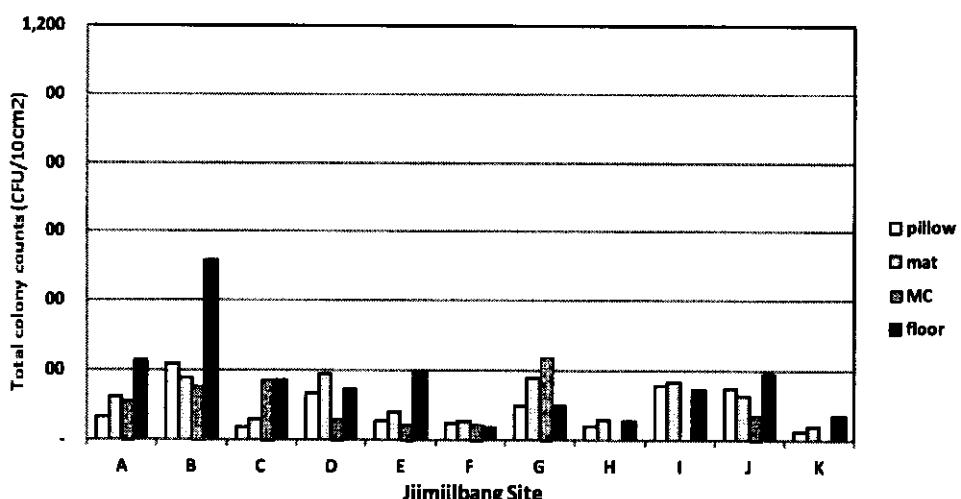


Fig. 2. Average total colony counts on pillow, mat, massage chair and floor from Nob. to Dec.

2) 곰팡이(Fungi)수

찜질방 사용물품 및 바닥의 검사결과 곰팡이수 평균 농도는 Table 4와 같다. 비수기의 경우 베개 2.3 CFU/10cm², 매트 4.2 CFU/10cm², 안마의자 7.5 CFU/10cm²로 나타나 안마의자 > 매트 > 베개 순으로 높게 나타났다(Fig. 3). 성수기의 경우 베개 3.0 CFU/10cm², 매트 6.1 CFU/10cm², 안마의자 6.3 CFU/10cm²로 나타나 곰팡이 평균 오염도는 안마의자 > 매트 > 베개 순으로 높았다(Fig. 4). 바닥은 비수기 5.8 CFU/10cm², 성수기 16.1 CFU/10cm²로 나타났다.

개별검체에 대한 곰팡이 검출율은 비수기의 경우 베개 23.5%, 매트 29.5%, 안마의자 45.8%로 나타났으며, 성수기의 경우 베개 30.9%, 매트 34.5%,

Table 4. Average Total fungi counts on pillow, mat, massage chair and floor

Unit : CFU/10cm²

Site	May ~ June				Nob. ~ Dec.			
	pillow	mat	massage chair	floor	pillow	mat	massage chair	floor
A	3	2	4	8	0	0	4	4
B	0	2	12	5	2	10	8	26
C	2	4	4	4	4	8	6	28
D	4	6	16	4	2	10	6	17
E	2	4	4	18	4	2	8	22
F	4	2	4	5	2	10	4	16
G	0	0	4	0	2	6	6	10
H	4	18		14	4	6		12
I	2	2		2	4	2		20
J	0	0	12	0	2	8	8	18
K	4	6		4	2	2		4
Avg.	2.3	4.2	7.5	5.8	3.0	6.1	6.3	16.1

* the results of weekend night

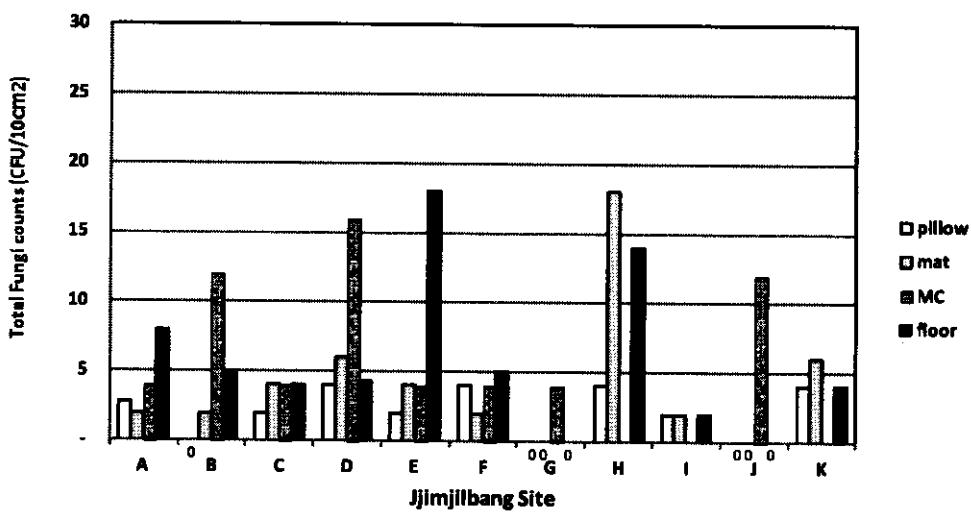


Fig. 3. Average Total fungi counts on pillow, mat, massage chair and floor from May to June

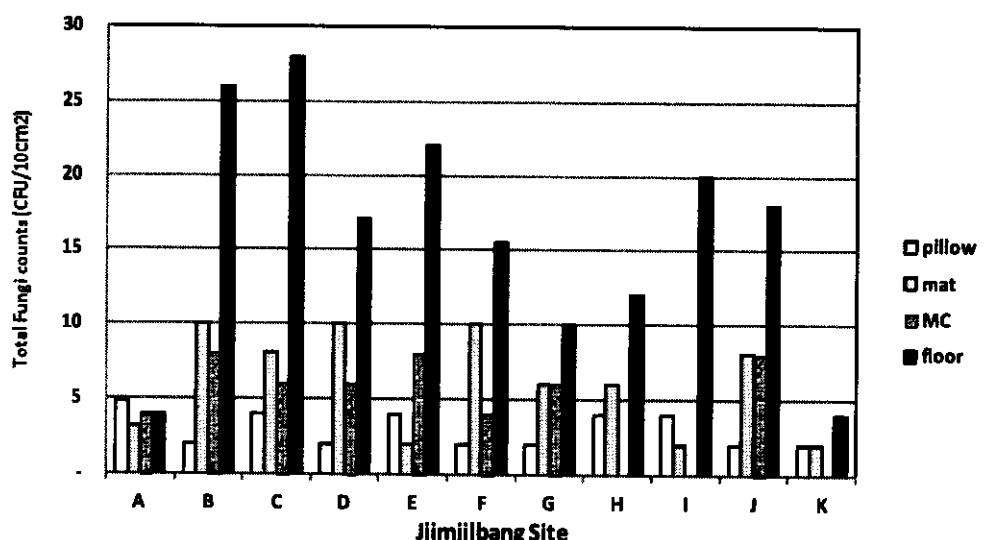


Fig. 4. Average total fungi counts on pillow, mat, massage chair and floor from Nov. to Dec.

안마의자 50.0%로 나타나 안마의자의 검출율이 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 안마의자가 베개, 매트보다 청소 빈도가 적고, 사용연수가 오래되어 부식된 표면에 곰팡이가 많이 부착된 결과로 사료된다.

베개와 매트는 예상 밖으로 성수기보다 비수기가 전체적으로 높게 나타났는데, 이는 1차 조사 때 보다 2차 조사 때 업소에서 청소, 소독 등 사전 준비를 한 결과라고 판단된다.

3) 황색포도상구균(*Staphylococcus aureus*)

찜질방 11개소에서 370개 사용물품 및 바닥을 대상으로 조사한 결과 황색포도상구균은 모두 불검출로 나타나 황색포도상구균으로 식중독, 화농성관절염 등 발생 가능한 질환으로부터 안전한 것으로 나타났다.

나. 즉석제조 판매 음료류

찜질방 11개소 중 음료 판매대가 없는 곳을 제외한 8개소에서 수거한 음료를 대상으로 하였다. 찜질방에서 즉석 제조 판매하는 음료류의 위생 상태를 파악하기 위해 음료류 25건(식혜 8건, 녹차 3건, 감식초 3건, 복분자 2건, 석류 2건, 매실 2건, 감식초 2건, 오미자 1건, 칡즙 1건, 수정과 1건)에 대하여 대장균과 식중독균 항목인 바실러스 세레우스, 캠필로박터 제주니, 클로스트리디움 퍼프린젠스, 리스테리아 모노사이토제네스, 살모넬라균, 황색포도상구균, 장염비브리오균, 여시니아 엔테로콜리티카 총 9항목을 검사하였다. 그 결과 각각의 선택배지에서 의심집락이 자라지 않았다. 또한, 음료류에 사용하는 얼음의 일반세균을 검사한 결과 8개소 중 A업소에서 1.4×10^4 CFU/mL로 기준치(100 CFU/mL 이하)의 140배 초과 검출되었으며, 이후 시정 조치하여 재검사 결과 불검출로 나타났다.

고온 다습 환경인 찜질방 내에서 식품을 위생적으로 제조 판매하는 과정도 중요하지만, 보관 관리하는 부분에도 주의를 기울여야 식중독 사고를 예방할 수 있을 것이라 판단된다.

2. 부유미생물

가. 총부유세균수(TBC, Total bacteria counts)

찜질방 6개 업소 홀 및 발한실 30개소에 대한 총부유세균수를 검사한 결과 측정대상별 평균 농도는 Table 5와 같으며, 비수기 평균($281 \text{ CFU}/\text{m}^3$)보다 성수기 평균($648 \text{ CFU}/\text{m}^3$)이 2.3배 높은 결과를 나타냈다. 측정지점별로 보면 비수기(5월~6월)에는 발한실 1개소에서 $980 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로, 성수기에는 발한실 3개소가 $1,200\sim1,800 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났는데, 이는 현재 규제기준은 없으나, 병원, 산후조리원 등에 적용되는 국내 다중이용시설 실내공기질기준($800 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 이하) 보다 높게 나타났다(Fig. 5~6).

총부유세균수의 실내/외(I/O) 비를 파악하고자 청주시내 3개소(옥상)에서 측정한 같은 시험방법으로 측정하였다. 평균농도는 $273 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 그 결과 실내/외 비는 비수기 0.6~2.0, 성수기 0.8~2.5, 주말 저녁 3.9~4.4의 범위로 이용객의 숫자에 따라 많은 차이를 보였다.

실내에서 총부유세균 농도가 실외보다 실내의 부유세균 농도가 상당히 높은 경우는 여러 가지의 환경(환기, 사람의 활동량) 원인 등에 기인한다고 추정할 수 있으며²⁵⁾, 이에 대한 원인 분석과 평가가 필요한 것으로 사료된다.

Table 5. Concentrations of Total bacteria counts in Jjimjilbang

Unit : CFU/m^3

Site	May ~ June			Nob. ~ Dec.		
	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
A	350	32	172	1,600	680	1,056
B	410	35	248	1,800	250	1,210
C	560	116	302	710	120	434
D	980	320	558	1,200	310	684
E	360	160	236	480	180	275
F	320	40	167	440	120	231
Avg.	497	117	281	1,038	277	648

* the results of weekend night

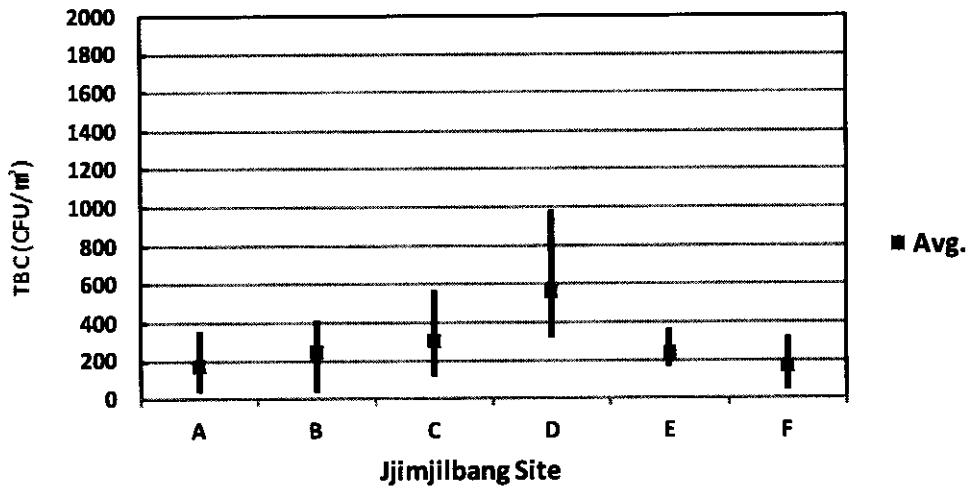


Fig. 5. Concentrations of Total bacteria counts in Jjimjilbang
from May to June

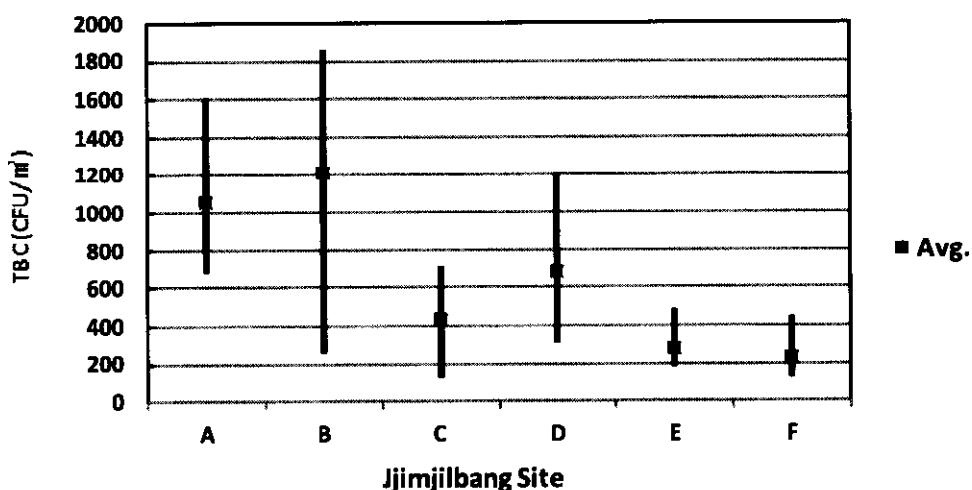


Fig. 6. Concentrations of Total bacteria counts in Jjimjilbang
from Nov. to Dec.

나. 총부유곰팡이수(TFC, Total fungi counts)

찜질방 6개 업소 홀 및 발한실 30지점에 대한 총부유곰팡이수를 검사한 결과 측정대상별 평균 농도는 Table 6과 같고, 비수기 평균($79 \text{ CFU}/\text{m}^3$)보다 성수기 평균($181 \text{ CFU}/\text{m}^3$)이 2.3배 높은 결과를 보였다. 측정지점별로 보면 비수기(5월~6월)에는 최대 $260 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 성수기 중 특히 주말저녁에 2개 업소 각 1개소에서 $720, 660 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났는데, 이는 WHO 권고기준 ($500 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 이하) 보다 높은 결과이다(Fig. 7~8).

비수기에 비해 성수기가 총부유곰팡이 농도가 높게 나타났고, 특히 주말 저녁의 최대 평균 농도($690 \text{ CFU}/\text{m}^3$)가 비수기 평균농도에 비해 8.7배 높은 결과로 나타났는데, 이 또한 많은 이용자의 활동이 주요 원인으로 사료된다.

총부유곰팡이의 실내/외(I/O)의 비를 파악하고자 청주시내 3개소(옥상)에서 측정한 같은 방법으로 측정하여 비교하였다. 실외의 평균농도는 $85 \text{ CFU}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 그 결과 실내/외 비는 비수기 0.3~1.8, 성수기 0.8~1.8, 주말 저녁 3.5~4.1의 범위로 나타났다.

Table 6. Concentrations of Total fungi counts in Jjimjilbang

Unit : CFU/m^3

Site	May ~ June			Nob. ~ Dec.		
	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
A	210	25	119	720	45	297
B	240	16	153	660	75	349
C	92	16	42	280	14	130
D	40	12	24	90	41	64
E	260	14	78	380	18	150
F	92	15	58	160	20	97
Avg.	156	16	79	382	36	181

* the results of weekend night

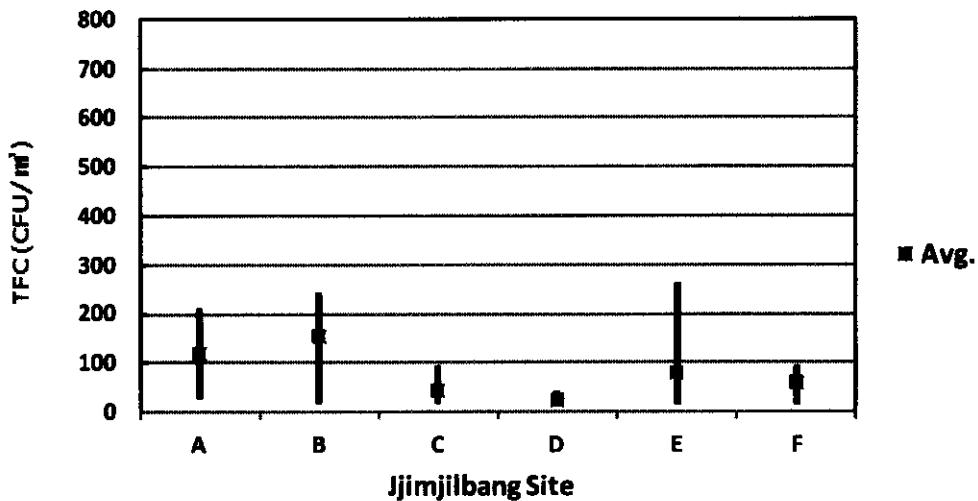


Fig. 7. Concentrations of Total fungi counts in Jjimjilbang from May to June

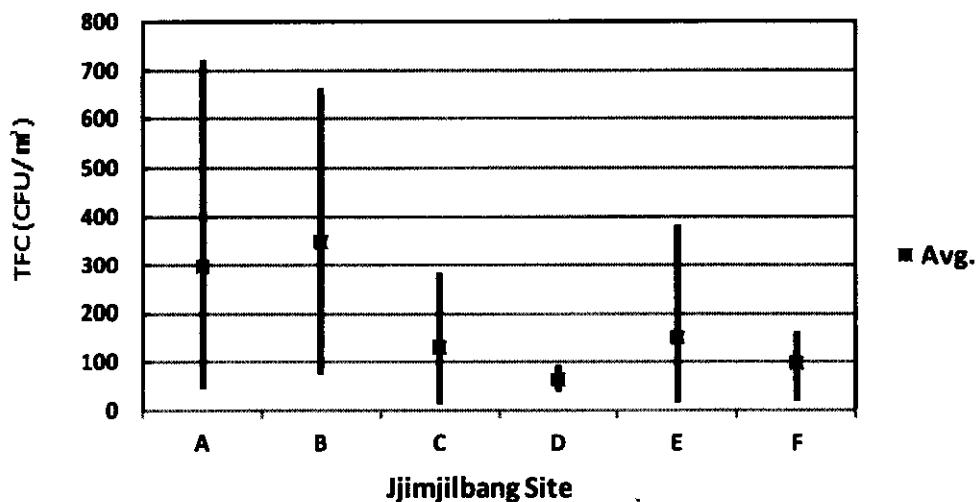
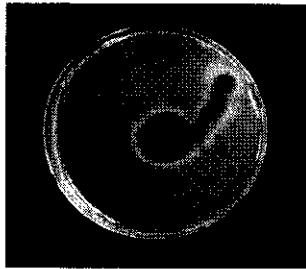
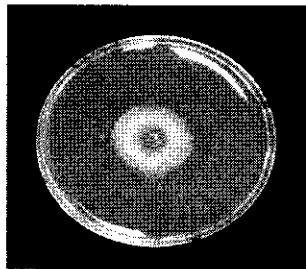


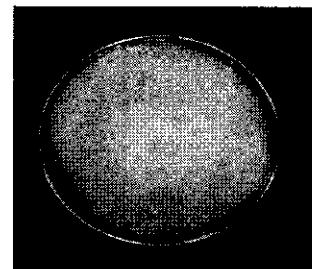
Fig. 8. Concentrations of Total fungi counts in Jjimjilbang from Nov. to Dec.



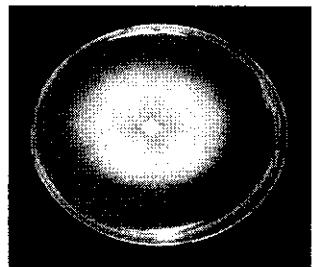
(a) *Aspergillus niger*



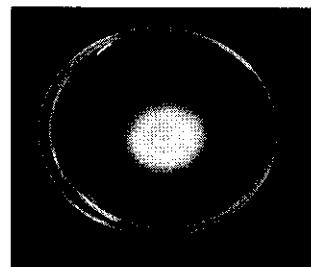
(b) *Aspergillus fumigatus*



(c) *Rhizopus stolonifer*



(d) *Trametes versicolor*



(e) *Bjerkandera adusta*

Fig. 9. Pictures of Fungi for pure culture

사람이 사는 곳이면 다소의 차이가 있을 뿐 어디든지 다양한 곰팡이가 분포하고 있다. 본 연구의 대상 업소 찜질방에 서식하는 곰팡이를 알아보고자 주로 많이 검출된 곰팡이를 위주로 25 °C에서 4일간 순수 배양하여(Fig. 9) 동정분석기관에 의뢰한 결과 *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Rhizopus stolonifer*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor* 등이 동정되었다.

*Aspergillus sp.*는 자낭균류에 속하는 생활 주변에서 가장 흔한 누룩곰팡이로 식품, 곡류, 섬유와 토양에 많이 분포하며, 사람이 사는 환경에서 잘 성장한다. 곰팡이 균사보다 포자를 대량 또는 장기간 흡입 시 면역력이 약한 사람에게서 폐질환을 일으킬 수 있으며, 곰팡이 독소가 있다.

*Rhizopus sp.*는 토양과 과일, 식품, 부패 유기물에서 잘 성장하며, 특징은 둑근 포자와 풍신한 균사체를 빠르게 성장시켜 오염된다. 사람에게 접합균증과 같은 괴사와 같은 감염을 일으키지만, 항생제와 같은 약품 제조에 활용되며, 텁포와 같은 콩 발효 제품을 만들기도 한다. 또한, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*는 버섯 포자의 일종으로 확인되었다²⁶⁾.

3. 미세먼지(PM-10)

찜질방 6개 업소 30개소의 홀 및 발한실에 대한 미세먼지를 측정한 결과 대상지별 평균 농도는 Table 7과 같으며, 비수기 평균(50.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)보다 성수기 평균(61.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)이 1.2배 높은 결과를 보였다.

Table 7. Concentrations of PM-10 in Jjimjilbang

Site	May ~ June			Nob. ~ Dec.		
	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.	Avg.
A	74.3	31.2	52.0	90.4	35.1	70.7
B	82.4	21.4	53.7	88.4	40.3	72.5
C	81.5	19.4	55.0	88.1	24.0	59.5
D	68.1	31.4	49.8	76.4	32.2	55.9
E	70.1	30.5	49.5	88.6	26.4	53.5
F	71.5	18.4	43.1	88.0	24.1	57.9
Avg.	74.7	25.4	50.5	86.7	30.4	61.7

* the results of weekend night

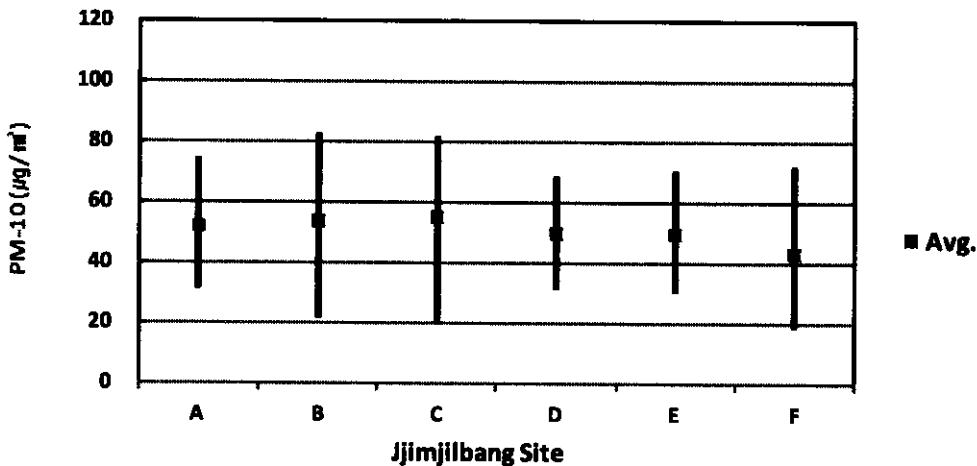


Fig. 10. Concentrations of PM-10 in Jjimjilbang from May to June

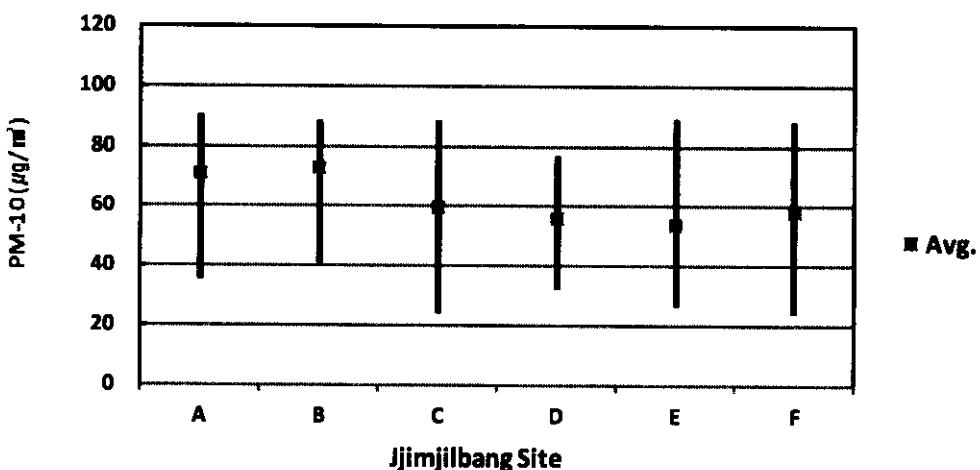


Fig. 11. Concentrations of PM-10 in Jjimjilbang from Nov. to Dec.

측정지점별로 최대 농도를 보면 비수기(5월~6월)에는 $82.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 성수기 중 주말 저녁에 $90.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났는데, 이는 다중이용시설 실내공기질기준($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하) 보다는 낮은 결과이다(Fig. 10~11). 또한, 미세먼지의 실내/외(I/O)의 비를 파악하고자 청주시내 5개소에 대한 2012년도 대기측정망 측정자료를 바탕으로 비교하였다. 5개소 평균농도는 $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며²⁷⁾, 그 결과 실내/외(I/O) 비는 비수기 0.4~1.2, 성수기 0.5~1.4, 최대 농도는 주말 저녁 1.5로 나타났다.

4. 상관성 분석

첨질방의 PM-10과 상대습도는 부유미생물 농도와 어떤 상관성을 나타내는지 파악하고자 6개소에 대하여 성수기(11~12월) 자료를 활용하였으며, 엑셀 통계함수(COLLEL)를 이용하여 분석하였다. 통상적으로 상관계수(r)의 절대값이 0.5 이상이면 두 변수는 어느 정도 관련이 있다고 볼 수 있고, 0.7 이상이면 연관성이 깊다고 말할 수 있다²⁸⁾.

PM-10과의 상관계수는 총부유세균수, 총부유곰팡이 각각 0.6147, 0.6202로 강한 양적 선형관계로 상관성이 높은 것으로 나타났고(Fig. 12), 상대습도와의 상관계수는 각각 0.1125, 0.2743으로 약한 양적 선형관계로 상관성이 낮은 것으로 분석되었다(Fig. 13). 이는 '규제대상 다중이용시설 부유세균의 분포 특성에 관한 현장 조사(김기연외 4)'와 같은 결과이며, 연구자들 간의 의견들이 일치되지 않으나 본 연구에서는 상대습도가 총부유세균과 총부유곰팡이의 분포 양상에 많은 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

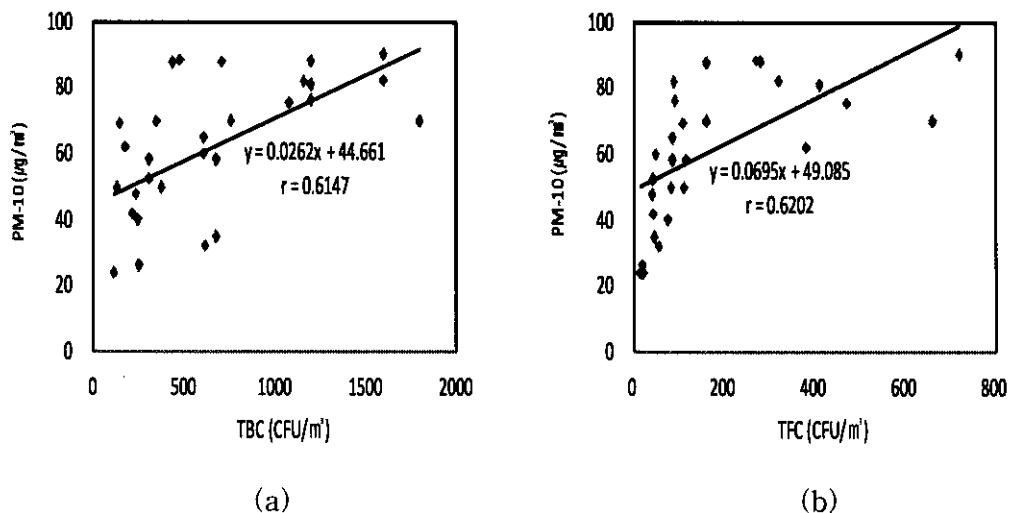


Fig. 12. Correlation coefficient of PM-10 vs. TBC and TFC
in Jjimjilbang from Nov. to Dec.

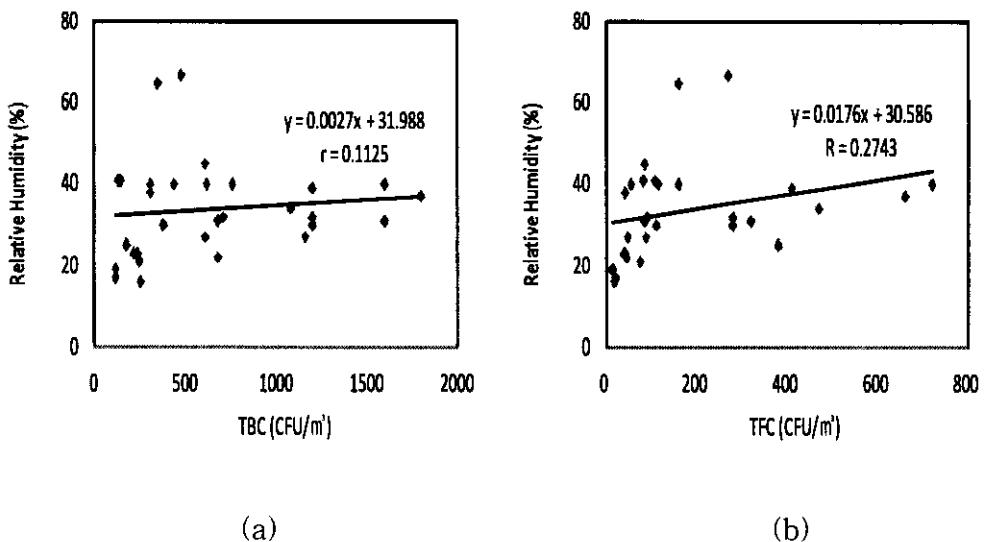


Fig. 13. Correlation coefficient of relative humidity vs. TBC and TFC
in Jjimjilbang from Nov. to Dec.

V. 결 론

2013년 4월부터 12월까지 충북에 소재한 영업장 면적 2,000 m² 이상의 찜질방 11개소를 대상으로 비수기(5월~6월), 성수기(11월~12월), 극성수기(주말 19~23시)로 구분하여 미생물 오염도 실태를 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 찜질방 사용물품에 대하여 미생물 오염도를 조사한 결과 일반세균수 평균 (CFU/10 cm²)은 비수기의 경우 배개 93, 매트 175, 안마의자 288로 나타났으며, 성수기의 경우 배개 93, 매트 114, 안마의자 113로 나타나 안마의자 > 매트 > 배개 순으로 높게 나타났다. 또한 곰팡이 검출율(%)은 비수기 경우 배개 23.5, 매트 29.5, 안마의자 45.8로 나타났으며, 성수기의 경우 배개 30.9, 매트 34.5, 안마의자 50.0로 안마의자 > 매트 > 배개 순으로 높게 나타났다. 또한, 황색포도상구균은 모두 불검출이었다.
2. 즉석조제 판매 음료류를 대상으로 대장균과 식중독균 8항목을 검사한 결과 각각의 선택배지에서 의심집락이 자라지 않아 안전한 것으로 나타났다. 또한, 음료류에 사용하는 얼음의 일반세균 검사결과 8개소 중 1개소에서 1.4×10^4 CFU/mL로 기준치(100 CFU/mL 이하)의 140배 초과 검출되었다.
3. 찜질방 6개 업소 홀 및 발한실 30지점에 대한 부유미생물 오염도를 조사한 결과 총부유세균수 평균 농도(CFU/m³)는 비수기(281)보다 성수기(648)가 2.3 배 높게 나타났으며, 특히 주말 저녁에는 최대 1,800으로 나타났다. 또한, 총부유곰팡이수 평균 농도(CFU/m³)는 비수기(79)보다 성수기(181)가 2.3배 높게 나타났고, 주말 저녁에는 최대 720으로 나타났다.

4. 미세먼지 평균 농도($\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 비수기(50.5)보다 성수기(61.7)가 1.2배 높은 결과를 보였으며, 주말 저녁 최대 농도가 90.4로 나타났다.
5. PM-10과 상대습도에 대하여 부유미생물의 상관성을 분석한 결과 PM-10과의 상관계수(r)는 총부유세균수와 총부유곰팡이수가 각각 0.6147, 0.6202로 강한 양적 상관성이 있는 것으로 나타났고, 상대습도와의 상관계수는 각각 0.1125, 0.2743으로 낮은 양적 상관성 관계를 보였다.

언급된 결과들로부터 주말 등 이용객이 많은 경우에는 점질방의 부유미생물 오염이 문제가 된다는 것을 알 수 있으며, 문제해결을 위해 관리자는 환기시설 개선과 청결을 유지해야 할 것이다. 국소적으로 문제점이 있는 발한실은 특별히 공기청정기를 활용하는 등 대책 마련이 필요하다. 또한, 부유세균에 대한 유지기준 설정에 있어 세균과 곰팡이, 병원성세균 등 세부적으로 다원화할 필요가 있으며, 그에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한화택, 생활속의 공간이야기 온열반응불가마침질방 『설비저널』 (2002)
2. 권영희 외 3, 부산지역 침질방의 미생물 분포 양상 및 위생실태 연구(2010)
3. 소비자안전센터, 다중이용시설 침질방 안전실태 조사 보고서(2010)
4. 곽한병, 여가활동의 참여동기와 만족에 관한 연구, 『한국스포츠리서치』 (2006)
5. 황기용, 대형사우나시설의 이용행태분석에 관한 실증연구 도심내 대형사우나 중심으로 건국대학교 부동산대학원 석사학위논문(2005)
6. 환경부 국립환경과학원, 주택실내공기질 관리를 위한 매뉴얼(2012)
7. 박경숙 외 2, 다중이용시설의 실내공기 미생물 오염실태에 관한 연구(2006), 설비공학논문집 제18권 제8호
8. Republic Korea National Emergency Management Agency 홈페이지
9. 이철민 외 4, 국내 부유미생물에 관한 연구 동향(2007), 한양대학교 환경 및 산업의학연구소
10. 국립환경과학원, 먹는물의 미생물(일반세균) 수질기준 개선에 관한 연구 (2010)
11. 황성호 외 5, 대학실험실과 병원진단검사실에서의 부유진균 농도와 환경영향 인자(2010), 한국위생학회지 제20권 제4호
12. 질병관리본부 국립보건원, 감염병실험실진단 I 질환별시험법(2005)
13. 김기연 외 4, 종합병원의 실내공기에 분포하는 부유세균과 진균의 입경별 종류와 특성(2006), 한국위생학회지 제16권 제2호
14. Giardino. N.J. Summary of Currently Available Guidelines for Fungal Levels in Indoor Spaces(2004), IEQ Review. 1. 232
15. EPA. Mold Remediation in Schools and Commercial Buildings(2001)
16. Doggett. M.S, Characterization of Fungal Biofilms with a Municipal Distribution System(2000), Appl. Envi Micro. 1249-1251.

17. Sachez C. Lignocellulosic residues: Biodegradation and bioconversion by fungi(2009), Biotechnology Advances 27, 185–194
18. 대한천식 및 알레르기학회, 천식과 알레르기질환(2002), 군자출판사
19. Beamount F. Clinical manifestations of pulmonary Aspergillus infections. Mycoses(1988), 31, 15–20
20. BRETT J. GREEN, R.T. EUAN , K. S. JASON , M. B. FRANCOISE, H.B. DONALD & S. DETLEF, Airborne fungal fragments and allergenicity(2006), Medical Mycology 44, S245S255
21. ACGIH, Guidelines for the Assessment of Bioaerosols in the Indoor Environment(1989), Cincinnati, Ohio, USA
22. 식품의약품안전처, 식품공전(2012)
23. 환경부, 실내공기질 공정시험기준(2010)
24. 국립환경과학원, 다중이용시설의 생물오염물질(부유진균)에 관한 연구(2008)
25. 김기연 외 4, 규제대상 다중이용시설내 부유세균의 분포특성에 관한 현장 조사(2006), 한국위생학회지 제16권 제1호
26. WIKIPEDIA Homepage
27. 충청북도보건환경연구원보, 충북지역 대기질 분석결과(2007 ~ 2012)(2012), Vol. 21
28. 서울대학교 통계연구소, 엑셀을 이용한 환경행정 통계분석(2010)

충청북도보건환경연구원보 제22권, 33~55, 2013

전통주의 우수성에 관한 연구

이미경·김진탁·이병화·윤건묵·이보영·윤방한·유용재·민필기
식품분석과

A Study on Excellence and Functionality of Korean Traditional Liquor

M.K.Lee, J.T.Kim, B.H.Lee, G.M.Yoon, B.Y.Lee, B.H.Yoon, Y.J.Ryu,
P.K.Min
Food Analysis Section

ABSTRACT

The excellence and functionality of Korean traditional liquor were evaluated by quantifying 8 minerals and 2 antioxidants contained in it. Korean traditional liquor is made mostly from rice and medicinal plants. Since they have been proven to contain various minerals and bioactive substances, Korean traditional liquor has been expected to have nutritionally positive effects on our body. However, the researches which have been done so far on this subject are not enough to fully support the expected result. So in this study, we investigated the amount of 8 minerals and 2 antioxidants in the 33 different kinds of Korean traditional liquor being produced and circulating in Chungbuk province by categorizing them into 4 types including rice

wine, yakju, fruit wine, distilled liquor with soju as a control group.

Ca contents were higher in rice wine and yakju with the quantified value of 4.79 mg/100g and 4.19 mg/100g respectively than distilled liquor 1.96 mg/100g and control 1.93 mg/100g. The average Fe contents were 0.11 mg/100g in Fruit wine, 0.06 mg/100g in Yakju, 0.04 mg/100g in rice wine, but Fe was not detected in Distilled liquor and control group. K contents were 30.54 mg/100g in Fruit wine, which was the highest value among the targeted types of liquor, 15.06 mg/100g in Yakju, 11.70 mg/100g in rice wine, 1.04 mg-g/100g in Distilled liquor and 1.24 mg/100g in control group. Mg contents were 4.67 mg/100g in Yakju, 3.11 mg/100g in rice wine, 2.70 mg/100g in Fruit wine, 0.25 mg/100g in Distilled liquor and 0.21 mg/100g in control group. Mn was not detected in all samples. The highest level of Na was contained in rice wine with the quantified value of 16.5 mg/100g and also detected in yakju, fruit wine, distilled liquor and control group at 16.2 mg/100g, 9.02 mg/100g, 2.53 mg/100g and 3.43 mg/100g respectively. A trace amount of Zn was detected in all samples in the range from 0.45 to 0.66 mg/100g. Cu was not detected in most samples except rice wine(0.004 mg/100g) and Yakju(0.003 mg/100g).

Total polyphenol and flavonoid contents were investigated to estimate antioxidant activity of targeted 4 types of liquor. Yakju contained the highest level of total polyphenol and flavonoid contents quantified at 21.70 mg TAE/L and 6.27 mg QDE/L respectively. In the other types of targeted liquor, total polyphenol contents were 18.71 mg TAE/L in rice wine, 17.99 mg TAE/L in Fruit wine and 5.80 mg TAE/L in Distilled liquor. Besides, total flavonoid contents were 3.58 mg QDE/L in Fruit wine, 3.00 mg QDE/L in rice wine and 2.73 mg TAE/L in Distilled liquor. On the other hand, both polyphenols and flavonoids were not detected in soju, the control group.

I. 서 론

전통주(傳統酒)는 한국에서 전통적으로 내려오는 제조 방법에 따라 만드는 술을 부르는 말이다. 우리의 전통주는 삼한시대 이전부터 전래되었으며 오랜 역사와 더불어 다양한 양조법이 계승 발전되어 조선시대에 절정을 이뤘다. 각 가정마다 독특한 양조법으로 만들어진 수많은 종류의 술이 존재했고, 명문집 안이나 종가집에는 으레 특별한 명주가 있다고 하여 ‘명가명주(名家銘酒)’라는 말이 생겨나기도 했다¹⁾. 농경사회를 바탕으로 한 우리민족은 술과 함께 하는 잔치나 놀이문화를 통해 친지나 이웃과 서로 정을 돈독히 하여 상부상조의 공동체 생활을 형성할 수 있었다. 그러던 것이 1900년대 초 일제의 우리 민족문화 말살 정책으로 전통주의 제조량이 많이 줄었고 1960년대에는 극심한 식량난으로 곡류를 원료로 하는 전통주 제조를 통제하여 1990년에 이 조치가 해제되기까지 다양한 전통주 제조방법의 맥이 끊겼다²⁾.

하지만 경제 발전과 우리 전통문화의 우수성에 대한 제고, 그리고 전통주의 전수와 보전을 위한 노력으로 사라진 전통주가 다시 재현되고 있으며 건강에 대한 현대인의 관심이 높아지면서 국내 전체 술 소비량은 매년 감소하는 가운데 탁주와 약주 등의 전통주의 소비는 계속적으로 증가하고 있는 추세이다^{3,4)}.

사람의 신체는 적어도 60종류 이상의 원소로 구성되어 있으며, 그 중 산소, 탄소, 수소, 질소가 전체의 약 96%를 차지한다. 그리고 남은 4%를 차지하는 것이 미네랄이다. 전체의 4% 밖에 되지 않지만 다른 영양소의 흡수와 대사 작용, 화학반응은 물론 조직의 구성 성분이 되며 인체에 균형 있게 존재해야 생명 활동을 지속할 수 있다⁵⁾. 미네랄은 체내합성이 되지 않고 외부로부터 섭취하여야만 한다. 전통주의 원료인 쌀과 약용식물, 가향식물들은 약리학적면에서 뿐만 아니라 생화학적 및 영양학적면에서 중요한 역할을 하는 미네랄을 함유하고 있어서 생체를 구성하거나 각 조직의 기능을 촉진시키는 생물학적 활성 물질로서의 역할을 하고 있다⁶⁾.

항산화 활성 물질은 산화를 방지하는 물질을 두루 가리키는 말이다. 현대인은 산소에 의한 산화적 스트레스에 항상 노출되어 있으며, 이러한 산화적 스트레스는 정상적인 경우 생체 내에 존재하는 항산화계에 의해 제거 된다. 하지만 산업화 이후 계속적으로 증가한 각종 환경오염물질, 흡연, 알콜 및 방사선 등은 인체에 산화적 스트레스를 가중시키고 있다. 산화적 스트레스가 제거되지 못하면 지질과 산화를 유도하고 생체막의 손상, 고분자 단백질 및 DNA의 변형과 기능 상실 등으로 암을 비롯한 다양한 성인병을 유발할 수 있으므로 산화적 스트레스와 이로 인해 유발되는 건강문제를 해결할 수 있는 물질로서 항산화 활성 물질에 대한 관심이 집중되고 있다⁶⁾. 특히 대표적 식물성 화학물질인 플라보노이드(flavonoid)와 같은 폴리페놀(polyphenols)은 자유 라디칼(free radical)에 의해서 야기되는 단백질, DNA, 지질 등의 산화적 손상으로 발생되는 암, 치매, 심혈관질환, 피부노화 등에 대해서 보호작용을 나타냄으로써 발병률을 줄여줄 수 있다⁷⁾. 최근의 연구에서는 폴리페놀류 중 특히 플라보노이드는 활성산소종을 효과적으로 제거하여 항산화능이 높다고 알려져 있으며, 항바이러스, 항돌연변이, 항암, 항알러지작용, 항염증 및 항균효과 등 생리활성에 대한 다양한 연구결과가 보고되고 있다⁶⁾.

본 연구에서는 충북 지역에서 생산되어 유통되는 탁주, 약주, 과실주, 증류주를 대상으로 미네랄 성분과 항산화 활성성분을 분석하여 전통주의 우수성에 대한 기초자료로 활용하고자 조사하였다.

II. 본 론

1. 재료 및 방법

가. 실험재료

실험에 사용된 주류는 도내 8개 시군에서 생산 및 유통되는 주류로서 2013년 8월 한달 동안 제품을 구입하였으며 탁주 23종, 약주 6종, 과실주 2종, 종류주 2종으로 총 33종을 실험재료로 하고 소주 1종을 대조군으로 하였다.

나. 실험방법

1) 미네랄 성분

가) 표준풀 및 시약

혼합표준용액은 Multi-Element Calibration standard solution 10 mg/L (PerkinElmer Life and Analytical Science)을 사용하여 0.5 N 질산으로 희석하였다.

나) 실험 방법

(1) 시료의 전처리

식품공전⁸⁾에 기재된 건식회화법에 따라 시험하였다. 주류 약 10 g을 도가니에 취하여 105 °C의 Dry Oven에서 수분을 증발시킨 후 550 °C의 회화로에 넣어 완전히 회화시킨다. 0.5 N 질산을 사용하여 50 mL로 용량을 맞춘 후 시험용액으로 사용하였다. 공시험액도 전 과정을 동일하게 처리하였다.

(2) 미네랄 분석

각 시료의 시험용액과 공시험 용액을 ICP-OES(Agilent 720ES)를 이용하여 Table 1, 2의 조건에 따라 미네랄함량을 측정하였다.

Table 1. The operating condition of ICP-OES

Classification	Condition
Pump flow rate(mL/min)	1.5
RF Power(Watts)	1150
Plasma flow rate(ℓ/min. as Ar)	15
Auxiliary gas flow(ℓ/min. as Ar)	1.0
Nebulizer gas flow(ℓ/min. as Ar)	18.0

Table 2. Analytical Wavelength for elements

Element	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Zn	Cu
Wavelength	315.887	238.204	693.876	279.610	330.237	330.237	213.857	327.395

2) 항산화 활성

가) 표준품 및 시약

총 폴리페놀 함량 분석에 사용한 Tannic acid 및 Folin-Denis reagent, Sodium carbonate와 총 플라보노이드 측정에 사용한 Quercetin dihydrate, Aluminum nitrate, Potassium acetate 모두 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

나) 실험 방법

(1) 시료의 전처리

탁주와 약주, 과실주는 원심분리(3,000 rpm, 10 min)하여 상층액을 취하였고 증류주와 소주는 직접 취한 후 0.45 μm의 syring filter(Whatman, USA)를 이용하여 여과 후 냉장보관하여 2일 이내에 실험에 사용하였다.

(2) 총 폴리페놀

총 폴리페놀 함량 분석은 건강기능식품공전⁹⁾의 실험법에 따라 실험하였다. 시험관에 증류수 7.5 mL를 취하고 시험용액 1.0 mL를 가한 후 Folin-Denis reagent 0.5 mL를 가하고 35% Na₂CO₃(Sodium carbonate)용액 1 mL를 순대로 가하여 혼합한다. 이를 암소에서 1시간 방치 후 분석하였다. 함량확인을 위한 검량선은 Tannic acid를 사용하였고 농도범위는 0~25 µg/mL를 이용하였다. 측정은 분광광도계(Cary WinUV, Agilent Technologies, USA)를 사용하였으며 760 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 분석한 총 폴리페놀 함량은 1 L당 mg tannic acid equivalent(TAE)로 나타내었다.

(3) 총 플라보노이드

건강기능식품공전⁹⁾의 실험법에 따라 진행하였다. 시험관에 시험용액을 1 mL를 취하고 Ethanol 3 mL, 10% Aluminum nitrate 용액 0.2 mL, 1 M Potassium acetate 용액 0.2 mL, 증류수 2.8 mL를 가하여 충분히 교반한다. 그 후 실온에서 40분간 정치 후 분석하였다. 함량확인을 위한 검량선은 Quercetin dihydrate를 사용하였고 농도범위는 0~25 µg/mL를 이용하였다. 측정은 분광광도계를 사용하였으며 플라보노이드의 최대 흡수파장인 415 nm에서 흡광도를 측정함으로써 정량하였다. 분석한 총 플라보노이드 함량은 1 L를 기준으로 mg quercetin dihydrated equivalent(QDE)로 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 미네랄성분

가. 칼슘(Ca)

전통주류 중의 Ca의 함량은 Table 3와 같았다. 탁주는 3.26~8.04 mg/100g, 약주 3.09~6.58 mg/100g, 과실주 2.63~3.90 mg/100g, 증류주 0.27~3.64 mg/100g, 소주 1.93 mg/100g 이었다. 인체 내 무기질 중에서 가장 많은 양이 존재하며, 99%가 뼈와 치아에 주로 인산 칼슘염의 형태로 저장되고 나머지 1%는 혈액과 세포 속에 퍼져 있으며, 체내에서 골격과 치아의 형성, 혈액응고, 근육의 수축이완, 신경 전달 작용, 신경홍분의 조절, 세포막의 투과성 조절, 비타민 B₁₂의 흡수 및 세포막의 융합·분열 등에 광범위하게 작용하고, 골다공증 등의 골질환뿐만 아니라 고콜레스테롤증, 동맥경화, 고지혈증, 고혈압 등의 발생을 감소시키는데도 중요한 역할^{6,10-14)}을 하고 있는 Ca의 평균함량은 탁주 4.79 mg/100g, 약주 4.19 mg/100g, 과실주 3.26 mg/100g, 증류주 1.96 mg/100g, 소주 1.93 mg/100g 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Kim 등¹⁵⁾의 '전통주류의 미량무기원소 및 중금속 함량에 관한 연구'에서 전통주의 Ca 평균함량인 탁주 5.7 mg/100g, 약주 4.9 mg/100g, 과실주 3.1 mg/100g 및 소주 0.5 mg/100g와 유사한 수준으로 나타났다.

나. 철(Fe)

전통주류 중의 Fe의 함량은 Table 4와 같았다. 탁주는 불검출~0.10 mg/100g, 약주 불검출~0.12 mg/100g, 과실주 0.08~0.14 mg/100g, 증류주와 소주는 모든 시료에서 검출되지 않았다. 체내 적혈구 내 해모글로빈(Hb)의 구성성분으로 모든 조직에 산소를 운반하는 역할을 하며, 또한 많은 효소의 구성성분으로 에너지 생성에 관여할 뿐만 아니라 새로운 세포, 아미노산, 호르몬, 신경전달 물질 등의 형성^{6,16,17)}에 필요한 필수미량원소인 Fe의 평균함량은 과실주 0.11

mg/100g, 약주 0.06 mg/100g, 탁주 0.04 mg/100g 순으로 미량 검출되었고 종류 주와 소주는 검출되지 않았다. 이와 같은 결과는 Kim 등¹⁵⁾의 전통주 Fe 평균 함량인 약주 0.206 mg/100g, 과실주 0.164 mg/100g, 탁주 0.147 mg/100g으로 본 연구결과가 다소 낮게 조사되었고 소주에서는 불검출로 동일한 결과를 얻었다.

Table 3. Contents of Calcium in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	4.79	3.26 ~ 8.04
Yakju(6)	4.19	3.09 ~ 6.58
Fruit wine(2)	3.26	2.63 ~ 3.90
Distilled liquor(2)	1.96	0.27 ~ 3.64
Soju(1)	1.93	1.93

Table 4. Contents of Iron in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	0.04	ND* ~ 0.10
Yakju(6)	0.06	ND ~ 0.12
Fruit wine(2)	0.11	0.08 ~ 0.14
Distilled liquor(2)	ND	ND
Soju(1)	ND	ND

ND* : No Detection

다. 칼륨(K)

전통주류 중의 K의 함량은 Table 5와 같았다. 탁주는 3.20~24.45 mg/100g, 약주 7.67~24.99 mg/100g, 과실주 19.3~42.04 mg/100g, 증류주 0.90~1.17 mg/100g, 소주 1.24 mg/100g 이었다. 체내에서 체액을 조절하고 pH의 균형을 이루는데 중요한 역할을 하며, 신경전달의 자극과 근육의 수축작용에 관여하며, 또한 세포 내의 화학반응에 필수성분이며 심장기능에 있어서 심박동과 맥박을 정상으로 유지시키는 역할도 하며, Na과는 길항작용이 있어 체내의 Na 을 배설시키며, 인슐린의 분비를 도와서 당뇨병을 예방하고 치료하는데 도움^{6,18-20)}을 주는 K의 평균 함량은 과실주 30.67 mg/100g, 약주 15.06 mg/100g, 탁주 11.70 mg/100g, 소주 1.24 mg/100g, 증류주 1.04 mg/100g 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 과실주는 주원료가 K이 풍부한 과실이기 때문으로 K 함량이 높은 것으로 사료되며, 약주와 탁주 또한 원료성분의 K용출에 의해 함량이 높은 것으로 사료된다.

Table 5. Contents of Potassium in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	11.70	3.20 ~ 24.45
Yakju(6)	15.06	7.67 ~ 24.99
Fruit wine(2)	30.67	19.3 ~ 42.04
Distilled liquor(2)	1.04	0.90 ~ 1.17
Soju(1)	1.24	1.24

라. 마그네슘(Mg)

전통주류 중의 Mg의 함량은 Table 6와 같았다. 탁주는 2.08~5.28 mg/100g, 약주 3.07~9.98 mg/100g, 과실주 1.87~3.52 mg/100g, 증류주 불검출~0.50 mg/100g, 소주 0.21 mg/100g이었다. Mg의 체내 존재량은 체중의 약 0.05%이며 이 중 약 60%는 Ca과 함께 뼈나 치아의 구성 성분이 된다. 그 밖에 30%가 근육에, 나머지는 연조직 등의 세포에 있으며 약 1%가 세포외액에 있다⁵⁾. Ca, P과 함께 뼈를 구성하는 필수적인 영양소로, 골격대사 중 Ca과 상호작용하여 뼈의 무기질화와 그 구조에 중요한 역할을 하며, 열량 생산과 단백질 형성, 세포 복제를 포함한 세포의 다양한 기능에 중요하며 신경기능 조절, 장에서의 칼슘 흡수에 도움을 주고, 비타민 C, B, E의 대사와 특히 B₆의 대사에 중요한 역할^{21~23)}을 하는 Mg의 평균함량은 약주 4.67 mg/100g, 탁주 3.11 mg/100g, 과실주 2.70 mg/100g, 증류주 0.25 mg/100g, 소주 0.21 mg/100g 순으로 조사되었다.

Table 6. Contents of Magnesium in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	3.11	2.08 ~ 5.28
Yakju(6)	4.67	3.07 ~ 9.98
Fruit wine(2)	2.70	1.87 ~ 3.52
Distilled liquor(2)	0.25	ND ~ 0.50
Soju(1)	0.21	0.21

마. 망간(Mn)

전통주류 중의 Mn의 함량은 Table 7과 같았다. 탁주는 불검출~0.11 mg/100g, 약주 불검출~0.34 mg/100g이었고 과실주, 증류주, 소주는 모두 검출되지 않았다. 체내에서 Mn의 작용은 아직 밝혀지지 않은 부분도 많지만 주로 각종 효소의 구성 성분으로 효소의 활성화를 돋는 역할을 한다. 당질의 대사 기능과 관련하여 Mn은 인슐린의 기능을 돋는 역할을 하므로 혈당치를 내리는 작용도 한다⁶⁾. 본 연구 결과 모든 주류에서 거의 검출 되지는 않았다. 그러나 Mn은 일반적인 식생활을 유지한다면 결핍증이나 과잉증이 나타날 일은 거의 없다⁵⁾.

바. 나트륨(Na)

전통주류 중의 Na의 함량은 Table 8와 같았다. 탁주는 4.83~41.61 mg/100g, 약주 6.90~26.63 mg/100g, 과실주 7.03~11.00 mg/100g, 증류주 2.49~2.57 mg/100g, 소주 3.43 mg/100g 이었다. 생체 내에서 혈액을 비롯한 체액의 양을 적당하게 유지하고, 세포의 영양분 섭취, 신경 전달 및 근육 수축 시 중요한 역할을 하는 필수 무기성분으로, 다른 영양 성분과는 달리 이러한 인체의 평형을 유지하기 위한 필요량이 극히 적어 과잉섭취 시 뇌혈관 질환 및 심장병과 같은 고혈압과 관련된 만성 퇴행성 질환을 유발^{24~31)}하는 Na의 평균 함량은 탁주 16.5 mg/100g, 약주 16.2 mg/100g, 과실주 9.02 mg/100g, 소주 3.43 mg/100g, 증류주 2.53 mg/100g 순으로 나타났다. Kim 등¹⁵⁾의 전통주 Na 평균함량인 약주 4.6 mg/100g, 과실주 3.9 mg/100g, 탁주 3.8 mg/100g 및 소주 1.5 mg/100g으로 본 연구결과가 다소 높은 수준으로 조사되었다.

Table 7. Contents of Manganese in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	0.02	ND ~ 0.11
Yakju(6)	0.01	ND ~ 0.34
Fruit wine(2)	ND	ND
Distilled liquor(2)	ND	ND
Soju(1)	ND	ND

Table 8. Contents of Sodium in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	16.5	4.83 ~ 41.61
Yakju(6)	16.2	6.90 ~ 26.63
Fruit wine(2)	9.02	7.03 ~ 11.00
Distilled liquor(2)	2.53	2.49 ~ 2.57
Soju(1)	3.43	3.43

사. 아연(Zn)

전통주류 중 Zn의 함량은 Table 9와 같았다. 턱주는 0.39~0.72 mg/100g, 약주 0.42~1.02 mg/100g, 과실주 0.41~0.49 mg/100g, 증류주 0.39~0.51 mg/100g, 소주 0.48 mg/100g 이었다. 필수 미량 영양소 중의 하나로 다양한 생리학적, 대사적 기능을 수행하며, 모든 주요 생화학적 경로에 필수적이고, 세포 증식과 분화에 작용하는 것으로 알려졌으며, 섭취 부족시 세포증식이 저해되어 성장 지연을 초래하고 임산부에게 결핍시 산모와 태아에게 발생될 수 있는 합병증을 야기하는³²⁻³⁴⁾ Zn의 평균함량은 약주 0.66 mg/100g, 턱주 0.56 mg/100g, 소주 0.48 mg/100g, 과실주 0.45 mg/100g, 증류주 0.45 g/100g 순으로 주류별 차이가 거의 없이 미량 검출 되었다.

아. 구리(Cu)

전통주류 중 Cu의 함량은 Table 10과 같았다. 턱주는 불검출~0.02 mg/100g, 약주 불검출~0.02 mg/100g, 과실주, 증류주, 소주는 모두 검출되지 않았다. 체내에서 여러 효소의 성분으로 존재하여 산화환원반응에 관여하며, 철의 흡수, 운반, 활성산소제거 및 해모글로빈 생성에 관여³⁵⁾하는 필수미량원소인 Cu의 평균함량은 턱주 0.004 mg/100g와 약주 0.003 mg/100g에서 미량 검출 되었을 뿐 대부분의 주류에서 검출 되지 않았다.

Table 9. Contents of Zinc in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	0.56	0.39 ~ 0.72
Yakju(6)	0.66	0.42 ~ 1.02
Fruit wine(2)	0.45	0.41 ~ 0.49
Distilled liquor(2)	0.45	0.39 ~ 0.51
Soju(1)	0.48	0.48

Table 10. Contents of Copper in alcoholic drink

(Unit : mg/100g)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	0.004	ND ~ 0.02
Yakju(6)	0.003	ND ~ 0.02
Fruit wine(2)	ND	ND
Distilled liquor(2)	ND	ND
Soju(1)	ND	ND

2. 항산화 활성

가. 총 폴리페놀

전통주류 중 총 폴리페놀의 함량은 Table 11과 같았다. 평균함량은 약주 21.70 mg TAE/L, 탁주 18.71 mg TAE/L, 과실주 17.99 mg TAE/L, 증류주 5.80 mg TAE/L 순으로 검출되었고 소주는 검출되지 않았다. 폴리페놀성 화합물은

벤젠고리의 탄소에 수산기(-OH)가 결합되어 있는 물질이다. flavonoids, anthocyanins, tannins, catechins, isoflavones, lignans, resveratrols 등을 총칭하며, 식물계에 널리 분포되어 있으며, 식물성 원료의 식품에 많이 함유되어 있는 대표적인 2차 대사산물로서 다양한 구조와 분자량을 가지며, phenolic hydroxyl이 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하여 인체에 효과적인 생리적 기능성들을 제공하고 있다. 대표적인 3가지 타입의 폴리페놀성 화합물들로는 플라보노이드, 페놀릭 산 및 탄닌들로서 이들은 *in vitro* 상에서 매우 강력한 항산화제로서의 역할을 지니고 있으며, 또한 혈관질환, 암, 퇴행성신경질환, 당뇨 및 골다공증 등과 같은 질병들의 위험을 감소시킨다고 알려져 있다⁶⁾. 탁주 12.75~21.78 mg TAE/L와 약주 17.24~26.56 mg TAE/L는 쌀을 주원료로 사용하여 쌀겨, 쌀눈 등에 기인한 것과 추가적으로 첨가하는 과실 열매에 의해 함유량의 차이가 나타나는 것으로 사료되며 과실주도 10.13~25.83 mg TAE/L로 광범위한 범위로 검출되었는데 이는 다양한 과실을 원료로 사용하기 때문인 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 Park 등³⁶⁾의 ‘웰빙주(막걸리, 와인 등)에 대한 영양성분 비교조사’의 총 폴리페놀 함량조사결과와 유사성을 나타냈다.

나. 총 플라보노이드

전통주류 중 총 플라보노이드 함량은 Table 12와 같았다. 평균 함량은 약주가 6.27 mg QDE /L로 가장 함량이 높고 과실주 3.58 mg QDE/L, 탁주 3.00 mg QDE/L, 증류주 2.73 mg QDE/L 순으로 검출되었다. 대조군인 소주는 플라보노이드가 검출되지 않았다. 이는 총 폴리페놀 함량의 순위와 유사한 경향을 나타냈다. 플라보노이드는 폴리페놀에 속하는 성분으로 C₆-C₃-C₆의 기본골격을 가지고 있으며 자연계에 널리 분포하고 있다. 폴리페놀과 같이 채소류와 식물의 잎, 꽃, 과실, 줄기 및 뿌리 등 거의 모든 부위에 함유되어 있을 뿐 아니라 곡물, 과실류 등에도 풍부하게 함유되어 있는 것으로 알려져 있다³⁷⁾.

Table 11. Contents of total polyphenol in alcoholic drink

(Unit : mg TAE/L)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	18.71	12.75 ~ 21.78
Yakju(6)	21.70	17.24 ~ 26.56
Fruit wine(2)	17.99	10.13 ~ 25.83
Distilled liquor(2)	5.80	5.78 ~ 5.82
Soju(1)	ND	ND

Table 12. Contents of total flavonoid in alcoholic drink

(Unit : mg QDE/L)

Wine type (No. of samples)	Mean	Ranges
Rice wine(23)	3.00	1.02 ~ 11.10
Yakju(6)	6.27	1.80 ~ 14.71
Fruit wine(2)	3.58	4.21 ~ 2.95
Distilled liquor(2)	2.73	1.83 ~ 3.63
Soju(1)	ND	ND

IV. 결 론

대부분 쌀과 약용식물, 가향식물 등을 원료로 제조되는 우리 전통주들은 제조 과정 중에 이들 원료로부터 각종 미네랄 성분과 생리기능성 물질이 용출되므로 영양학적 측면에서도 우수할 것으로 예상되지만 과학적으로 입증된 연구 결과는 미흡한 실정이다³⁸⁾. 본 연구에서는 소주를 대조군으로 하여 충북 지역에서 생산되고 유통되는 전통주 중에 탁주 23종, 약주 6종, 과실주 2종, 증류주 2종, 총 33종의 전통주류를 대상으로 미네랄 성분과 항산화 활성성분을 분석하였다.

칼슘(Ca)의 평균함량은 탁주와 약주가 각각 4.79 mg/100g, 4.19 mg/100g으로 다소 높게 나타났으며 증류주와 대조군인 소주는 1.96 mg/100g, 1.93 mg/100g으로 낮게 나타났다. 철(Fe)의 평균함량은 과실주 0.11 mg/100g, 약주 0.06 mg/100g, 탁주 0.04 mg/100g 순으로 미량 함유되어 있었으며 증류주와 대조군인 소주에는 검출되지 않았다. 칼륨(K)의 평균함량은 과실주가 가장 함량이 높은 30.67 mg/100g으로 나타났으며 약주 15.06 mg/100g, 탁주 11.70 mg/100g 순이었으며 증류주와 대조군인 소주는 미량 함유되어 있었다. 마그네슘(Mg)의 평균함량은 약주 4.67 mg/100g, 탁주 3.11 mg/100g, 과실주 2.70 mg/100g, 증류주 0.25 mg/100g, 소주 0.21 mg/100g 순으로 검출되었다. 망간(Mn)은 모든 시료에서 불검출이거나 미량검출 되었으며, 나트륨(Na)의 평균함량은 탁주가 16.5 mg/100g으로 가장 높게 나타났으며 약주 16.2 mg/100g, 과실주 9.02 mg/100g, 소주 3.43 mg/100g, 증류주 2.53 mg/100g 순으로 나타났다. 아연(Zn)의 평균 함량은 0.45~0.66 mg/100g 범위로 주류별 차이 없이 소량 검출되었다. 구리(Cu)의 평균함량은 탁주 0.004 mg/100g, 약주 0.003 mg/100g로 미량 검출되었을 뿐 대부분의 주류에서 검출 되지 않았다.

총 폴리페놀의 평균함량은 약주가 21.70 mg TAE/L로 가장 함량이 높고 탁주 18.71 mg TAE/L, 과실주 17.99 mg TAE/L, 증류주 5.80 mg TAE/L 순으로

검출되었다. 소주는 폴리페놀이 검출되지 않았다. 총 플라보노이드의 평균함량은 약주가 6.27 mg QDE/L로 가장 함량이 높고 과실주 3.58 mg QDE/L, 탁주 3.00 mg QDE/L, 증류주 2.73 mg QDE/L 순으로 검출되었다. 소주는 플라보노이드가 검출되지 않았다.

전통주류 중 탁주와 약주 과실주는 곡류 및 과실을 이용한 발효식품으로서 알코올 도수가 증류주나 소주에 비해 낮아 부담 없이 즐길 수 있는 데다 영양학적 측면에서도 우수하다. 소주와 비교한다면 결코 적지 않은 영양성분이 전통주에 함유되어 있음을 시사하는 결과라 판단된다. 증류주의 미네랄 성분은 다른 전통주에 비해 함유량이 적었지만 총 폴리페놀과 총 플라보노이드는 소주보다 많았다.

참고문헌

1. <http://user.chol.com/~chhbin/> 탁주 약주 이야기
2. 이상희(2009), 술 한국의 술문화, 도선출판선
3. 한국주류산업협회, 알코올 소비량 보도자료 2013.4.10
4. 국세청, 주류 출고동향 보도참고자료 2010.6.30
5. 노구치 데쓰노리(2010), 내 몸을 살리는 미네랄 백과사전, 아르고나인, p9, 13, 80, 94, 110, 122, 132
6. 윤건묵. 열처리 온도와 시간이 옻나무 추출물의 이화학적 특성과 항산화 활성에 미치는 영향 2013.2, p2, p50, p77, p91, 77
7. Lee BH, Kim SY, Cho CH.(2011), Estimation of Daily Per Capita Intake of Total Phenolics, Total Flavonoids, and Antioxidant Capacities from Fruit and Vegetable Juices in the Korean Diet Based on the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008. Korea J. Food Sci. Technol. 43: p475~482
8. 식품공전(2013). 식품의약품안전처
9. 건강기능식품공전(2013). 식품의약품안전처
10. Allen LH. Calcium bioavailability and absorption. Am. J. Clin. Nutr. 35(4): 738-808 (1982)
11. Einhorn TA, Levine B, Michel P. Nutrition and bone. Ortho. Clin. Nor. Am. 21: 43-50 (1990)
12. Sentipal JM, Wardlaw GM, Mahan J, Matkovic V. Influence of calcium intake and growth indexes on vertebral bone mineral density young females. Am. J. Clin. Nutr. 54: 425-428 (1991)
13. Kim HS, Yu CH. The effect of calcium supplementation on the metabolism of sodium and potassium and blood pressure in college woman. Korean J. Nutrition 30(1): 32-39 (1997)

14. Matkovic V, Ilich JZ. Calcium requirements for growth: are current recommendations adequate. *Nutr. Rev.* 51(6): 171-180 (1993)
15. 김윤성 외6인(2010), 경기도보건환경연구원보, 전통주류의 미량무기원소 및 중금속 함량에 관한 연구, 경기도보건환경연구원보, p21-28
16. Whitney EN, Cataldo CB, DeBruyne LK, Rolfe SR. Nutrition for health and health care. New York:Wadsworth Thomson Learning : 211-213 (2001)
17. Park MY, Kim SH. Iron status in female college students in the gyeongnam area. *Korean J Nutr.* 44(3): 222-230 (2011)
18. Ahn KY, Kim BY, Lee SW. Renal adaptive responses of HK α 2 gene (HK α 2a, HK α 2b) to the changes of potassium(K) diet. *Korean J Nephrol* 18: 672-682 (1999)
19. Shin KN, Lee HS, Kwon CS. Effects of nutrition education in type 2 diabetes mellitus on diabetes control and blood antioxidant status. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 689-695 (2011)
20. Zhao Xin, Jeong JK, Kim SY, Park KY. Increased in vitro anticancer effects of potassium bamboo salt. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1248-1252 (2012)
21. Green JH, Booth C, Bunning R. Impact of supplementary high calcium milk with additional magnesium on parathyroid hormone and biochemical markers of bone turnover in postmenopausal women. *Asia Pac J Clin Nutr* 11(4): 268-273 (2002)
22. Zimmermann P, Weiss U, Classen HG, Wendt B, Epple A, Zollner H, Temmel W, Weger M, Porta S. The impact of diets with different magnesium contents on magnesium and calcium in serum and tissues of the rat. *Life Sci* 67(8): 949-958 (2000)

23. Yoon CS. A study on status of magnesium, iron, copper, zinc in Korean obese male elementary school students. Master's thesis, Sookmyung Women's Univ. Korea. (2006)
24. Heo OS, Oh SH, Shin HS, Kim MR. Mineral and heavy metal contents of salt and salted-fermented shrimp. Food Sci Biotechnol 37: 519–524 (2005)
25. Tobin L. The relationship of salt to hypertension. Am J Clin Nutr 32: 2739–2748 (1979)
26. Altschul AM, Grommet JK. Sodium intake and sodium sensitivity. Nutr Rev 38: 393–402 (1980)
27. Kruts TW, Morris RC Jr. Hypertension and sodium salts. Science 228: 351–353 (1985)
28. Housion MC. Sodium and hypertension. A review. Arch Intern Med 146: 179–185 (1986)
29. Coruzzi P, Biggi A, Musiari L, Ceriati R, Mossini GL, Guerra A, Novarini A. Calcium and sodium handling during volume expansion in essential hypertension. Metabolism 42: 1331–1335 (1993)
30. Yi SY. Studies on electrolyte and nitrogen metabolism of the Korean. Korean J Internal Med 8: 717–731 (1965)
31. Lee HJ, Lee CH, Lee KS, Jung YJ, Ha SH, Jung YY, Kim DS. Survey on sodium contents in meals of school foodservice and sodium intakes of students in Busan and Gyeongsangbuk-do. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(1): 85–91 (2010)
32. Hambidge M. Human zinc deficiency. J Nutr 130(5S): 1344–1349 (2000)
33. MacDonald RS. The role of zinc in growth and cell proliferation. J Nutr 130(5S): 1500–1508 (2000)

34. Bae YJ, Kim MH, Yeon JY. Evaluation of dietary zinc, copper, manganese and selenium intake in female university students. Korean J Community Nutr 17(2): 146-155 (2012)
35. Chang OJ. A Study on nutrient intake status and serum minerals in korean osteoarthritis women. PhD Dissertation. Soonchunhyang Univ. Asan-city, Korea. (1998)
36. 박명기 외 7인(2011), 웰빙주(막걸리, 와인 등)에 대한 영양성분 비교조사, 경기도보건환경연구원보
37. Hetog MGL, Hollman PCH, Van de Putte B. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of tea infusions, wines and fruit juice. J. Agr. Food Chem. 41: 1242-1246(1993)
38. Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC.(2011), Composition of Organic Acids and Physiological Functionality of Commercial Makgeolli. Korea J. Food Sci. Technol. 43: p206~212
39. Kim EY, Baik IH,(2004), Screening of the Antioxidant Activity of Some Medicinal Plants. Korea J. Food Sci. Technol. 36: p333~338

충청북도보건환경연구원보 제22권, 56~99, 2013

절임배추 생산이 하천에 미치는 영향

조성렬, 박선희, 전병진, 권오근, 석태광, 홍성호

환경조사과

Effect of salted Baechu production on stream water

S.R.Jo, S.H.Park, B.J.Jeon, O.K.Kwon, T.G.Seok, S.H.Hong

Environmental Analysis Section

ABSTRACT

Salted Baechu industry increase rapidly because it is easy of use to domestic Kimchi. For processing of salted Baechu production, large quantity of salt is applied to Baechu for salting. This study was performed to estimate the change of water quality of the stream water in Goesan-gun area under the influence of Salted Baechu industry. 40 samples of 18 streams in Goesan area were collected once every month from January to September in 2013, and analyzed for organic substance, anion, cation and electrical conductivity variation. The results were as followed.

- When salted Baechu production start, chloride and sodium concentration of stream water increase also. And annual variation of chloride and sodium concentration of stream water is high. Relative standard deviation of sodium 73.5 %RSD (47~119), chloride is 62.7 %RSD (30~121).

Therefore water quality of stream in Goesan under the influence of Salted Baechu industry.

2. Salinity of salted water for salting of Bachu was 116.4 psu (72.5 psu~167.6 psu), washing water of salted Baechu was 3.3 psu (0.99~5.68 psu). Electrical conductivity of washing water of salted Baechu was 6,069 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1,909~10,356 $\mu\text{S}/\text{cm}$).
3. 24hr EC₅₀ for *Daphnia magna* of salinity was 4.67 psu(3.00~5.85 psu), 24hr EC₅₀ for Snail of salinity was 3.59 psu(2.65~4.97 psu), 24hr LC₅₀ for snail of salinity was 5.51 psu(4.48~7.04 psu),
4. water quality management critera of stream for prevent influence of salted Baechu industry was suggested 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ appropriate level. Electrical conductivity management of washing water of salted Baechu was needed below 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for the sake of water ecosystem conservation.
5. Control methodologies to minimize environmental influence of salted Baechu industry are as follows : Brines which high concentration of the salt collection and reuse for tennis court management or snow removal agent, reducing salinity of washing water of salted Baechu, regulation of salted water effluent flow, increasing stream maintenance water, education for ecotoxicity of salinity to farmer, and rigid surveillance for water quality variation during salted Baechu production period.

I. 서 론

1. 연구 배경

김치는 우리나라의 대표적인 종합 발효식품으로서 우리의 식생활에서 빼놓을 수 없는 기본부식이다. 또한 건강 기능적 우수성이 세계 여러 나라에 알려지고 있고, 한식의 세계화에 중심을 차지하고 있다. 전체 김치 시장 규모는 Table 1에 나타낸 바와 같이 2013년 기준 2조 5천 268억 원으로 가정생산 김치 시장 규모는 1조 2천 840억 원(50.8%), 상품 김치 시장규모는 1조 2천 428 억 원(49.2%)으로 추정되고 있다. 김치생산량과 국민 1인당 김치소비량은 줄고 있으나 김치시장 규모는 증가하는 추세인 것으로 보고되고 있다.¹⁾

일반적인 배추김치 제조공정은 배추선별, 다듬기, 절단, 절임, 탈염 및 세척, 탈수, 양념속 넣기, 숙성으로 행하여지고 있다. 김치의 제조를 위해서는 배추의 절임 및 세척이 필수적인 처리공정인데, 특히 배추를 소금으로 절이는 과정은 맛에 있어 매우 중요한 역할을 하며²⁾, 가정에서 김치를 직접 담그는 경우 가장 시간이 오래 걸리고 힘든 과정이다. 더구나 아파트에 거주하는 인구가 증가함으로써 배추를 씻거나 절이는 작업을 할 수 있는 작업공간의 한계성과 음식물 쓰레기 종량제 시행 등은 절임배추의 수요를 증가하게 하는 요인으로 작용하여 절임배추 시장의 성장을 유도하고 있다.

또한 소비자의 간편성 추구패턴으로 최근에는 절임배추를 구입하여 김치를 담그는 가정이 급증하고 있어 절임배추 생산이 새로운 산업으로 부상하고 있다. 이러한 추세에 따라 충북, 강원, 전남 등 국내 여러지역에서 절임배추를 생산하기 시작하였고 각 지역의 소득품목으로 자리매김하고 있다. 농가에서 배추로 출하하는 가격이 0.1 ha당 70~100만원인 반면 절임배추로 출하할 경우 이보다 5~6배 높은 가격을 받을 수 있어 농가소득 증가에 일익을 담당하고 있다.³⁾

충북 괴산지역의 시골 절임배추는 1998년경부터 시작되었고 수요가 증가하면서 해마다 빠른 속도로 생산량이 증가하여 2002년 4,000톤에서 2012년

22,800톤으로 5배 넘게 증가하였으며, 농가 수익은 28억에서 285억으로 10배 넘게 증가하였다.

그러나 김치의 산업화로 김치제조의 규모가 방대해지면서 대두되는 문제의 하나는 김치 제조과정에서 발생하는 엄청난 양의 염수가 재활용 없이 처리되고 있으며, 염수의 배출로 인한 농지와 하천 등의 환경오염을 발생시킨다는 것이다.⁴⁾ 배추 1톤을 절이기 위해서는 대략적으로 70 kg의 소금이 사용되고 있으며, 절임 후 세척 등을 위하여 필요로 하는 용수의 양은 배추 1톤당 10톤 정도가 사용되는 것으로 추정되고 있다⁵⁾. 배추절임에 사용된 염수의 염분은 8 %(80 psu)에서 16%(160 psu)까지 다양한 것으로 보고되고 있으며,⁶⁾ 해수의 염분이 3.5%(35 psu)인 것과 비교하면 절인물의 염분은 2.3배에서 4.6배정도 진한 농도이다. 절임배추를 생산하면서 발생하는 이러한 고농도의 염수가 하천으로 유입되면 하천의 수질변화와 담수생태계에 영향을 미칠 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 괴산지역 하천의 수질 변화를 모니터링하여 절임배추 생산으로 인한 환경영향을 줄이기 위한 방안을 찾고자 하였다.

Table 1. Scale of Kimchi market in Korea

Year	Amount				Money						
	Domestic Product		Factory Product		Sum 1,000 ton	Domestic Product		Factory Product			
	1,000 ton	%	1,000 ton	%		Hundred million	%	Hundred million			
2007	817	64.6	447	35.3	1,265	11,442	54.5	9,560	45.5	21,002	
2008	832	63.3	483	36.7	1,315	12,065	52.9	10,741	47.1	22,806	
2009	789	61.8	487	38.2	1,276	11,914	52.5	10,767	47.5	22,681	
2010	750	60.6	487	39.3	1,238	12,082	51.8	11,239	48.2	23,321	
2011	744	60.4	488	39.6	1,231	12,124	50.9	11,682	49.1	23,806	
2012	728	59.5	496	40.5	1,224	12,229	50.4	12,025	49.6	24,254	
2013	764	60	509	40	1,273	12,840	50.8	12,428	49.2	25,268	

Table 2. State of salted cabbage production in Goesan

Year	2002	2004	2006	2008	2009	2010	2011	2012
Production (ton)	4,000	4,520	7,700	16,100	23,619	17,760	21,840	22,800
Farm No.	195	255	380	804	958	857	949	949
Income (Hundred million won)	28	41.6	61.2	161.4	236.2	222	273	285
Salt water (ton)	80	104	144	322	338	500	800	800
Salt (Estimate, ton)	280	316	539	1,127	1,653	1,243	1,529	1,596

주) 소금사용량은 배추생산량 × 0.07 (소금 톤/배추 톤)로 추정하였음

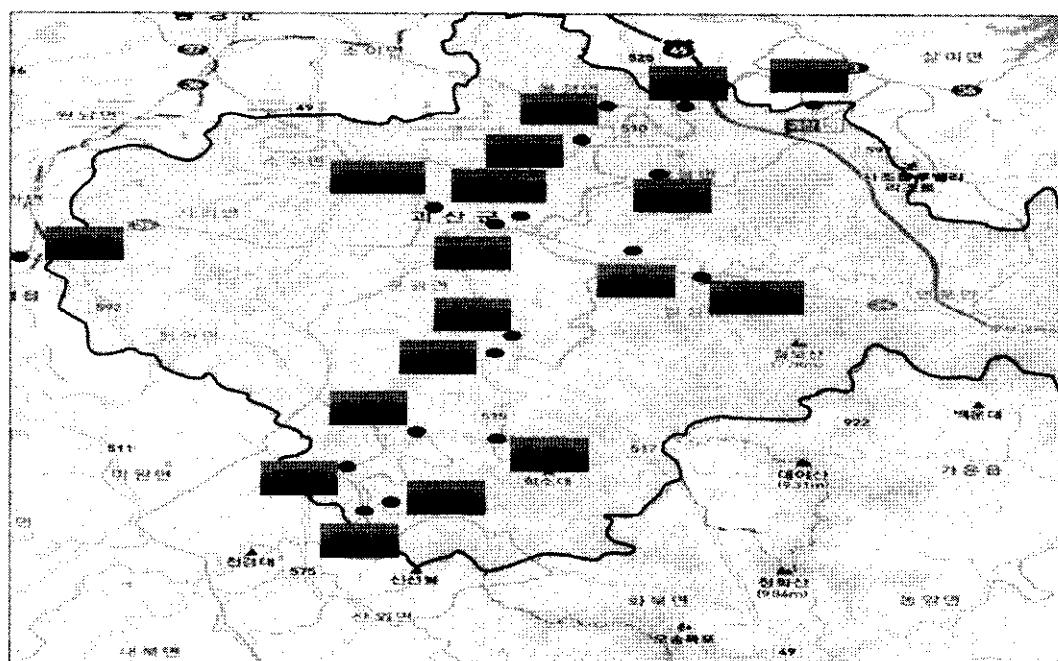


Fig. 1. Sampling site of stream water in Goesan.

II. 연구방법

1. 시료채취

괴산지역 하천의 수질변화를 파악하기 위하여 괴산군에 소재한 18개 하천을 선정하였으며, 매월 초 현장을 방문하여 PE(Polyethylene)재질의 무균 채수용기에 시료를 채취하였다. 시료채취시 YSI 600XL 현장측정기를 이용하여 수온, pH, 전기전도도, 용존산소를 측정하였다. 절임배추 생산이 본격적으로 이루어지는 11월과 12월의 변화를 자세히 파악하기 위해 10월부터는 채취지점을 상류지점과 하류지점으로 구분하여 조사하였고, 11월에는 2회 시료를 채취하였다. 시료채취 지점은 Table 3에 정리하였고 Fig. 1에 나타내었다.

2. 시료 분석

시험실로 운반된 시료는 유기물 지표항목인 BOD, COD, TOC, 음이온 항목으로 F, Cl, NO₃-N, SO₄²⁻, 양이온항목으로 Ca, Mg, Na, K, Si를 분석하였다. TOC는 TOC 분석기(Shimadzu TOC-L), Ca, Mg, Na, K, Si는 ICP(Varian 720ES)로 분석하였으며, F, Cl, NO₃-N, SO₄²⁻는 이온크로마토그래피(Dionex ICS 2000)로 분석하였다.

본 실험에 사용한 ICP와 IC의 구성 및 운영조건은 다음의 Table 4, Table 5와 같다.

3. 생태독성 시험

염분농도가 하천 생물에 미치는 영향을 알아보기 위하여 절임배추 생산에 사용되는 소금과 배추 절인물을 수거하여 물벼룩과 다슬기를 이용한 생태독성 실험을 실시하였다. 생태독성 시험은 수질오염공정시험기준에 따라 실시하였다.

소금은 2013년과 2010년에 신안에서 생산된 천일염을 농가에서 구하여 염분농도를 0.25%에서 4%까지 단계적으로 2배씩 증가하도록 제조하여 독성시험을 실시하였으며, 시험액의 염분농도는 2.1~33.5 psu 이었다. 배추 절인물은 청안면과

소수면에서 무작위로 추출하여 염도를 측정하였고, 실험조건은 염분농도 2~40 psu 범위에서 생태독성실험을 수행하였다. 청안면의 배추 절인물은 염분농도 101.9 psu, 소수면의 배추 절인물은 167.6 psu로 각각 해수 염도 35 psu의 약 3배, 5배 높은 수준이었다.

생태독성시험은 수서무척추동물인 물벼룩을 이용하여 시료의 급성독성을 평가하는 방법으로써 시료를 여러 비율로 희석한 시험수에 물벼룩을 투입하고 24시간 후 유영상태를 관찰하여 시료농도와 치사 혹은 유영저해를 보이는 물벼룩 마리수와의 상관관계를 통해 생태독성값을 산출하는 방법이다.⁷⁾ 24시간 경과 후 시험용기를 살며시 움직여주고, 15초 후 관찰했을 때 아무 반응이 없는 경우를 ‘치사’라 판정하고, 독성물질에 의해 영향을 받아 일부 기관(촉각, 후복부 등)이 움직임이 없을 경우를 ‘유영저해’로 판정 하였다. 투입 시험생물의 50%가 치사 혹은 유영저해를 나타낸 농도를 반수영향농도(EC₅₀, effect concentration of 50%)로 표현하였으며, 투입 시험생물의 50%가 치사한 농도를 반수치사농도(LC₅₀, Leyhal concentration of 50%)로 하였다. 배양실 및 실험실의 온도와 조도는 각각 20 ± 2 °C 와 500~1000 Lux로 유지하였으며, 시험기간 동안 조명은 명 : 암 = 16 : 8시간을 유지하였고 물교환, 먹이공급, 폭기는 하지 않았다. 시험이 끝난 후 유영저해 개체수와 치사된 개체를 기록하고, 트립드 스피어만-카버(Trimmed Spearman-Karber)방법을 사용하여, 최종적으로 시료의 EC₅₀, LC₅₀ 값과 95%에서의 신뢰 구간을 구하였다.

다슬기는 연체동물문, 복족강, 중복족목, 다슬기과에 속하며, 청정지역에 서식하는데 절임배추 생산의 영향 정도를 파악하기 위해 괴산지역에서 채취하여 독성실험을 실시하였다. 크기는 0.5 cm, 1 cm, 1.5 cm, 2 cm의 개체를 이용하였다. 시험 종료 후 치사된 개체를 확인하기 위해 하천수로 이식하여 회복되지 못한 것을 치사개체로 하였다.

Table 3. Sampling site of stream water in Goesan

No.	Stream	Address	Etc.
1	달천(중)	청천 도원 560-16	10월 ~ 12월 채수
2	달천(상)	청천 귀만리 485-8, 강평교	
3	달천(하)	장연 조곡 367 (조곡교)	
4	신월천(상)	싱주 화북 중벌 (용화교)	10월 ~ 12월 채수
5	신월천(하)	청천 귀만 484 (가락교)	
6	구룡천(상)	미원면 구방리 157-4(구방교)	10월 ~ 12월 채수
7	구룡천(하)	청천 청천 1-1(후평교)	
8	황암천(하)	청천 삼락 94-1(삼락교)	10월 ~ 12월 채수
9	압항천(상)	청안 문당 38-1(운곡교)	10월 ~ 12월 채수
10	압항천(하)	청천 금평 210-4(금평교)	
11	화양천(상)	청천 삼송 221-1	10월 ~ 12월 채수
12	화양천(하)	청천 화양 (화양재1교)	
13	대전천(상)	청천 여사왕리 303	10월 ~ 12월 채수
14	대전천(하)	청천 덕평 434-1(꽃봉교)	10월 ~ 12월 채수
15	쌍천(상)	연풍 삼풍 50-5	10월 ~ 12월 채수
16	쌍천(하)	칠성 도정 (칠성교)	
17	동진천(상)	소수 길선 275-4(길선교)	10월 ~ 12월 채수
18	동진천1	괴산 서부 (정용교)	
19	동진천2	괴산 동부 (동진교)	
20	고마천(상)	소수 소암 128-1	10월 ~ 12월 채수
21	고마천(하)	소수 고마 1-2(아성교)	10월 ~ 12월 채수
22	성황천(상)	사리 수암 1035(엠씨에스 앞)	10월 ~ 12월 채수
23	성황천(하)	괴산 동부 716-3(남산대교)	
24	안민천(상)	감물 매전 1046-3	10월 ~ 12월 채수
25	안민천(하)	감물 오성 477-5(오간교)	
26	신항천(상)	괴산 신항 763-1	10월 ~ 12월 채수
27	신항천(하)	불정 지장 817-1(장화교)	
28	건개천(하)	불정 지장 661-2 (제2세평교)	10월 ~ 12월 채수
29	음성천(상)	불정 응동 441-30 9(응동교)	10월 ~ 12월 채수
30	음성천(하)	불정 창산 (남창교)	
31	오가천(상)	장연 오가 554-1 (당아제2교)	10월 ~ 12월 채수
32	오가천(하)	장연 광진 462-14(광진교)	
33	보강천(상)	사리 소매 734-2 (백마교)	10월 ~ 12월 채수
34	보강천중	도안 도당 840-64(석곡교)	10월 ~ 12월 채수
35	보강천(하)	증평 증평 (반탄교)	
36	문방천(상)	청안 효근 599-3(도근이제 부근)	10월 ~ 12월 채수
37	문방천(하)	청안 청용 409-12 (증평경계)	10월 ~ 12월 채수
38	흑석천(하)	문광 흑석 384-3 (흑석교)	10월 ~ 12월 채수
39	석문천(하)	살미 문강 (문강교)	
40	석문동천(하)	수안보 온천 (한화콘도앞)	

Table 4. Analytical Conditions of ICP

Parts	Conditions
Varian 720-ES (ICP, Optical Emission spectrometer)	Power : 1.20 kw Plasma flow : 15.0 L/min Auxiliary flow : 1.50 L/min Nebulizer flow : 0.75 L/min Replicate read time : 5 sec Instrument stabilization delay : 20 sec Sample uptake delay : 30 sec Pump rate : 12 rpm Rinse time : 4 sec
MSC-100(Refrigerated re-circulator)	Temperature : 18 ~ 22 °C Pressure : 0.2 MPa

Table 5. Analytical Conditions of IC

Parts	Conditions
Dionex ICS 2000 Ion Chromatography	Column : IonPac AG15, AS15, 2 mm Eluent : 40 mM KOH, EG Flowrate : 0.50 mL/min Inj Vol. : 25 µL Temp. : 30 °C Detection : ASRS ULTRA 2 mm, Autosuppression recycle mode Current : 60 mA

III. 결과 및 고찰

1. 괴산지역 하천의 수질특성

가. 유기물질 및 전기전도도

괴산지역 하천의 유기물질 지표항목과 전기전도도의 연간 평균값과 표준편차, 변동계수를 Table 6, Fig. 2, Fig. 3에 나타내었다. 괴산지역 전체 하천수의 BOD는 평균 0.9 mg/L로 수질환경기준 I a로 ‘매우좋음’ 상태로 나타났다. 개별 하천별로는 보강천이 BOD 2.0 mg/L를 초과하여 II등급으로 나타났으며, 향목동천, 화양천, 신월천의 수질이 가장 좋은 것으로 나타났다. 변동계수(Coefficient of Variation)는 표준편차를 평균값으로 나눈후 100을 곱하여 %RSD(Relative standard deviation)를 구하여 비교하였다. 유기물질 지표항목으로 사용되는 세 항목 중 BOD의 변동계수가 평균 39.3 %RSD로 가장 커으며, COD(25.2 %RSD)와 TOC(26.7 %RSD)는 비슷하게 나타났다. BOD는 미생물에 의해 유기물질이 산화되는데 필요한 산소량을 측정하는 방법으로 미생물의 순응상태, 하천수의 초기 DO농도 수준, 난분해성 유기물의 존재 등에 따라 측정값에 차이가 나타날 수 있는데, 이들 요인이 복합적으로 작용한 결과로 해석된다.

변동계수가 가장 크게 나타난 하천은 음성천으로 BOD 65 %RSD, COD 36 %RSD, TOC 38 %RSD로 나타나 연중 변동 폭이 큰 것으로 나타났다. 음성천의 경우 농번기가 본격적으로 시작되는 4월부터 8월까지 3.0 mg/L를 초과하고 있으며, 5월에는 최고 4.2 mg/L로 수질이 악화되는 것으로 조사되었다.

전기전도도는 물질이나 용액이 전하를 운반할 수 있는 정도를 나타내는 항목으로 비저항의 역수이며, 단위는 지멘스(S, Siemens)/m나 1/Ωm를 사용한다. 전해질 용액의 전기전도도는 이온의 농도, 전극 사이의 거리, 전극의 단면적, 이온의 전하 크기, 온도 등에 의해 영향을 받는다. 하천수의 전기전도도는 물속에 녹아있는 전체 이온물질의 양을 간접적으로 확인할 수 있는 항목으로서

수질변화 여부를 확인하는데 유용하게 이용될 수 있다. 괴산지역 하천의 전기전도도는 평균 $197 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났으며, 향목동천이 $63 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 가장 낮았고, 오가천이 $442 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 가장 높았다. 전기전도도의 연간 변동계수는 평균 25.1 %RSD였으며, 변동계수가 가장 큰 하천은 오가천으로 63.2 %RSD로 나타났다. 오가천의 경우 2월부터 10월까지의 평균 전기전도도 값은 $301 \mu\text{S}/\text{cm}$ 이었으나 11월, 12월, 1월의 평균 값은 $760 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 특히 변동폭이 큰 것으로 나타났다. 최고 값은 12월에 $1,157 \mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났다.

Table 6. Concentration of Organic Substance and Electrical conductivity of stream water in Goesan

Stream	BOD, mg/L			COD, mg/L			TOC, mg/L			EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$		
	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD
석문천	0.9	0.3	31	2.3	0.6	27	1.4	0.3	22	271	49.0	18.1
석문동천	0.6	0.2	33	1.7	0.4	23	1.0	0.2	17	221	31.4	14.2
보강천	2.6	1.1	41	4.3	0.9	22	2.4	0.5	21	261	45.0	17.2
동진천1	0.9	0.2	23	2.4	0.7	28	1.4	0.4	27	205	68.5	33.4
동진천2	0.9	0.4	42	2.4	0.5	23	1.3	0.3	20	222	66.8	30.0
음성천	2.0	1.3	65	3.6	1.3	36	2.0	0.8	38	227	39.8	17.6
쌍천	0.7	0.2	32	2.0	0.5	27	1.3	0.3	24	199	42.2	21.2
향목동천	0.4	0.1	31	1.4	0.5	35	0.9	0.2	25	63	13.6	21.6
화양천	0.4	0.1	31	1.4	0.4	27	1.0	0.3	29	79	20.4	25.9
오가천	0.8	0.3	38	2.4	0.4	15	1.6	0.5	34	442	279.5	63.2
성황천	0.8	0.4	47	2.0	0.3	17	1.3	0.3	25	213	57.0	26.7
신항천	0.7	0.3	43	2.3	0.9	38	1.6	0.5	34	169	33.2	19.6
달천 하	0.8	0.3	42	2.3	0.5	21	1.5	0.6	36	168	49.5	29.5
안민천	0.8	0.3	36	2.8	0.6	20	2.0	0.7	33	255	63.4	24.9
압항천	0.7	0.3	46	1.6	0.3	19	1.0	0.2	22	162	37.7	23.3
구룡천	0.7	0.4	53	1.4	0.4	29	1.0	0.3	27	156	27.5	17.6
달천 상	0.8	0.3	36	2.2	0.3	15	1.4	0.3	21	154	43.8	28.5
신월천	0.5	0.2	37	1.5	0.5	34	1.1	0.3	26	83	16.3	19.6
평균	0.9	0.4	39.3	2.2	0.6	25.2	1.4	0.4	26.7	197	54.7	25.1

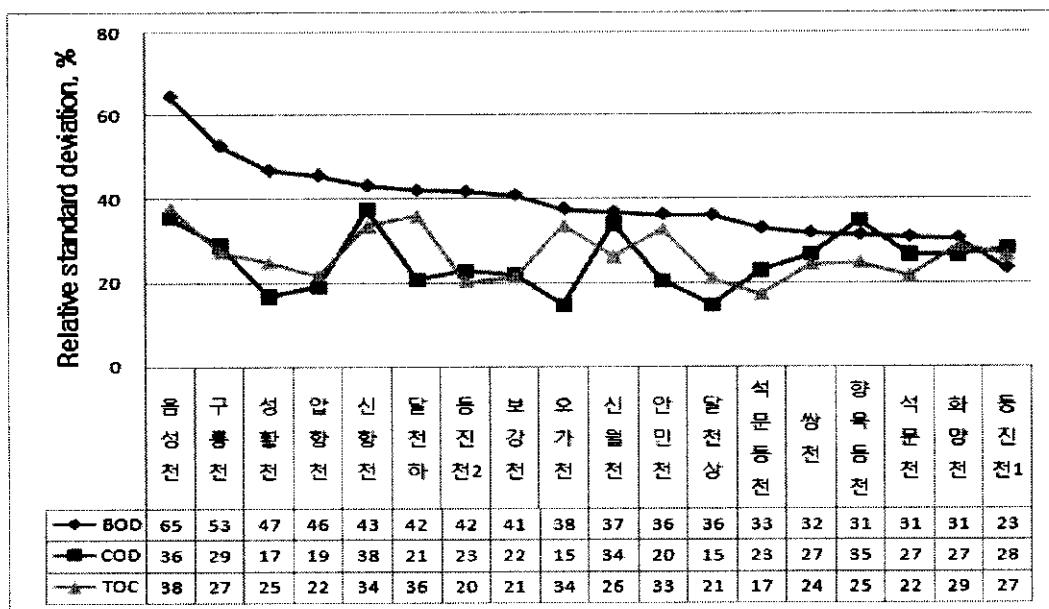


Fig. 2. Relative Standard deviation(%) of Organic substance of stream water in Goesan.

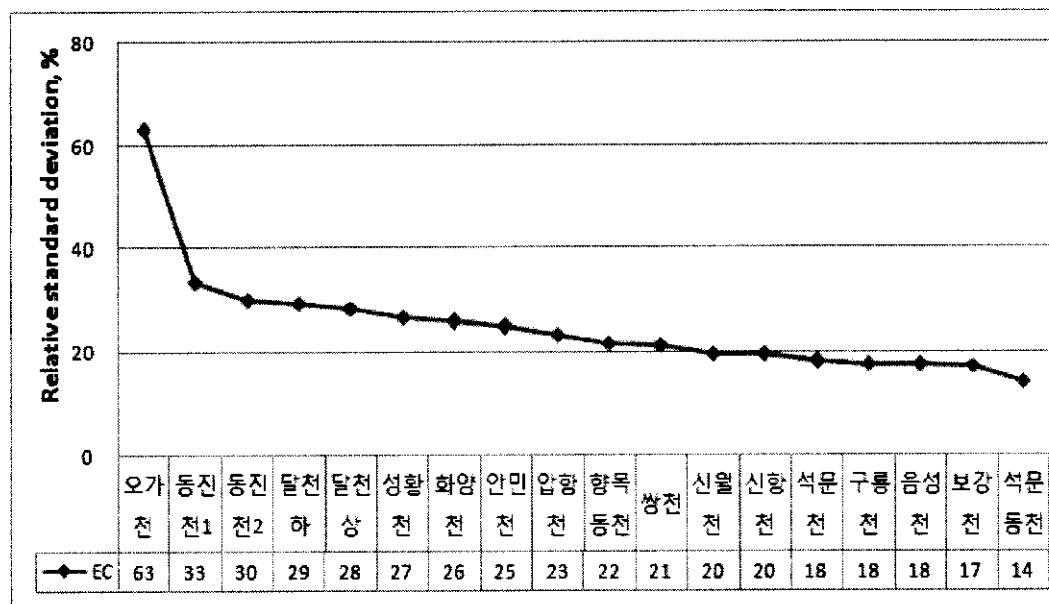


Fig. 3. Relative Standard deviation(%) of EC of stream water in Goesan.

나. 음이온물질

괴산지역 하천수의 음이온 물질 농도의 연간 평균값과 표준편차, 변동계수를 Table 7, Fig. 4에 나타내었다. 음이온의 평균 농도는 불소 0.2 mg/L, 염소이온 14.6 mg/L, 질산성질소 2.3 mg/L, 황산이온 11.7 mg/L로 나타났다. 변동계수는 불소 15.3 %RSD, 염소이온 62.7 %RSD, 질산성질소 24.2 %RSD, 황산이온 22.0 %RSD로 음이온 4항목 가운데 변동계수가 가장 큰 항목은 염소이온으로 나타났다. 변동계수가 가장 높은 오가천을 제외하면 염소이온의 평균농도는 12.1 mg/L로 나타났으며, 변동계수는 오가천을 제외하더라도 59 %RSD로 음이온 항목 가운데 가장 높게 나타났다.

염소이온의 월별 농도변화를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 대부분의 하천들에서 염소이온의 농도는 11월과 12월에 높아지는 경향을 나타내었으며, 염소이온의 변동계수가 50 %RSD를 초과하는 하천은 18개 하천중 11개로 나타났다. 오가천의 경우 염소이온은 121 %RSD의 변동을 보였으며, 평균농도는 56.2 mg/L로 다른 하천에 비해 월등히 높은 결과를 나타내었다. 특히 오가천의 염소이온농도는 2013년 1월 92.2 mg/L, 11월 195.0 mg/L, 12월에 206.8 mg/L로 나타나 절임배추 생산의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 염소이온 농도가 높은 1월, 11월, 12월 3개월 평균은 164.7 mg/L로 이 기간을 제외한 오가천의 염소이온농도 23.6 mg/L에 비해 7배 정도 높아지는 것으로 나타났다.

염소이온의 변동계수가 큰 이유는 11월 중순부터 시작되는 절임배추의 생산과 관계가 있는 것으로 생각되며, 절임염수 뿐만 아니라 절인배추를 세척하는 과정에서 발생하는 세척수도 다량의 염소이온을 함유하고 있기 때문에 이들이 하천으로 유입된 결과로 풀이된다. 오가천의 염소이온 변동계수가 특히 큰 이유는 오가천의 유량이 작고, 오가천 주변에 절임배추 생산농가가 밀집되어 있으며, 이들 농가에서 발생한 세척수가 직접 오가천으로 유입되기 때문인 것으로 사료된다. 오가천 상류구간 하천수의 전도도 값은 11월에 8,946 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 과 7,440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 으로 괴산지역 하천중 가장 높은 값을 나타내었으며, 이때 염소이온의 농도는 2,383.1 mg/L, 2,343.5 mg/L였다.

Table 7. Concentration of Anion of stream water in Goesan

하천	F, mg/L			Cl ⁻ , mg/L			NO ₃ -N, mg/L			SO ₄ ²⁻ , mg/L		
	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD
석문천	0.4	0.10	23	15.4	6.0	39	3.2	0.7	24	16.9	3.3	20
석문동천	0.3	0.03	10	9.3	2.8	30	2.8	0.4	14	12.8	2.2	17
보강천	0.2	0.03	12	16.7	6.1	36	2.6	0.5	20	22.8	5.7	25
동진천1	0.2	0.03	15	19.1	15.9	83	2.3	0.5	23	10.1	1.8	18
동진천2	0.2	0.03	17	17.9	15.2	85	2.0	0.5	25	10.3	2.4	23
음성천	0.2	0.03	12	15.0	5.9	39	2.3	0.7	30	17.3	4.3	25
쌍천	0.3	0.04	15	10.4	4.5	44	2.0	0.5	23	11.0	2.9	26
항목동천	0.2	0.04	17	4.9	2.2	45	1.2	0.2	17	4.9	1.8	37
화양천	0.2	0.03	13	6.3	4.0	62	1.8	0.3	14	6.1	1.9	31
오가천	0.2	0.03	16	56.2	67.8	121	3.9	1.3	35	22.3	6.1	27
성황천	0.2	0.03	17	15.3	11.5	75	2.0	0.4	22	10.1	1.6	15
신황천	0.2	0.03	15	11.2	9.3	83	2.0	0.7	35	10.9	1.5	13
달천 하	0.2	0.03	18	9.6	3.2	33	1.8	0.3	19	10.1	1.8	18
안민천	0.2	0.03	15	19.8	15.1	76	3.5	0.9	27	13.9	2.2	16
압항천	0.2	0.03	16	9.6	8.3	87	2.1	0.5	22	6.2	1.9	30
구룡천	0.2	0.03	17	8.9	5.2	59	2.4	0.3	12	7.1	1.1	16
달천 상	0.2	0.02	11	10.5	8.5	81	1.7	0.4	24	11.3	2.3	20
신월천	0.3	0.04	15	6.6	3.3	50	1.8	0.9	50	5.9	1.0	17
평균	0.2	0.0	15.3	14.6	10.8	62.7	2.3	0.6	24.2	11.7	2.5	22.0

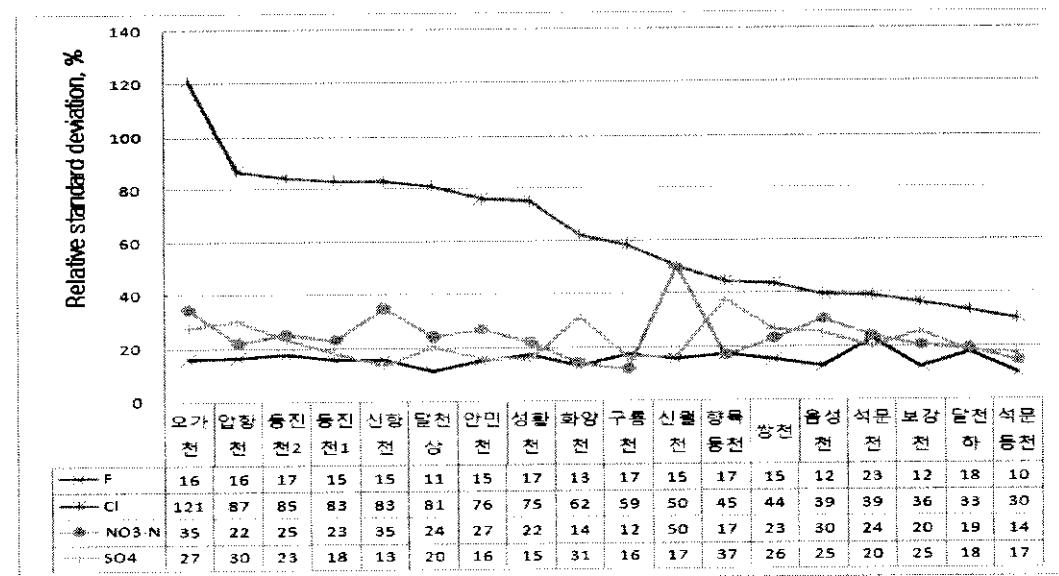


Fig. 4. Relative Standard deviation(%) of Anion of stream water in Goesan.

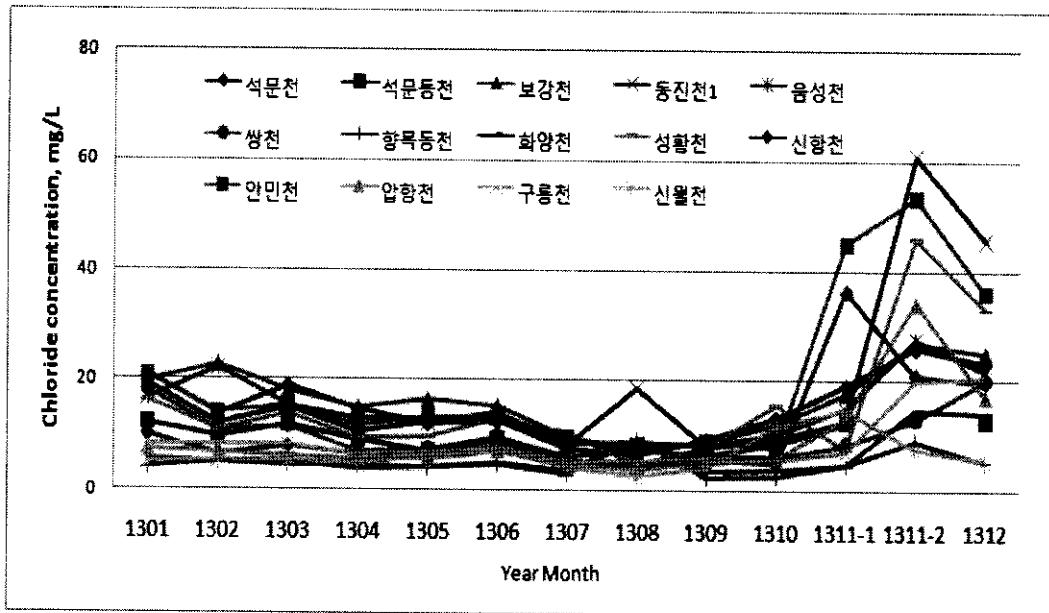


Fig. 5. Variation of Chloride Concentration of stream water in Goesan

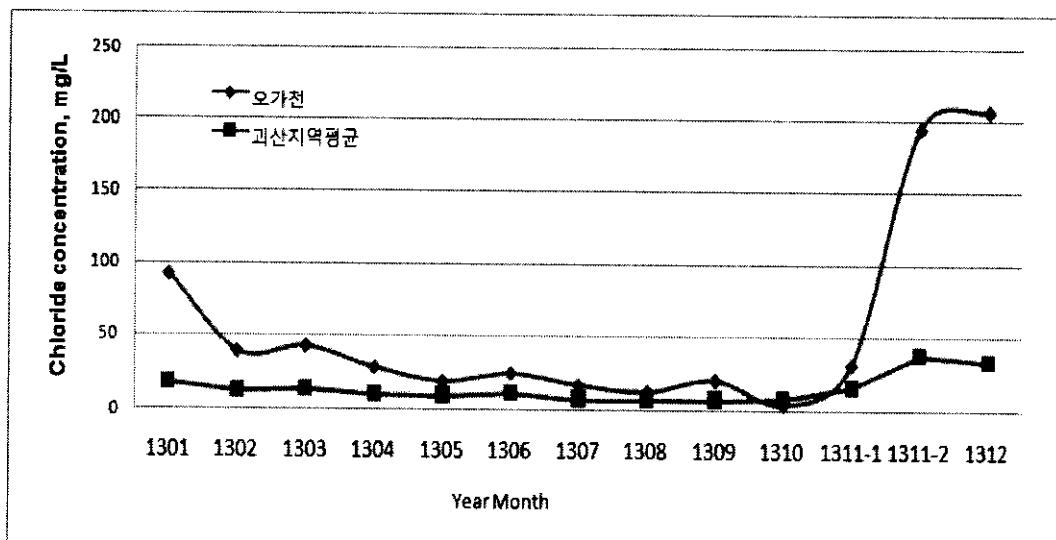


Fig. 6. Variation of Chloride Concentration of Ogacheon and average of stream in Goesan

다. 양이온물질

괴산지역 하천의 양이온물질의 연간 평균값과 표준편차, 변동계수를 Table 8, Fig. 7에 나타내었다. 양이온의 평균 농도는 칼슘 19.9 mg/L, 마그네슘 4.6 mg/L, 나트륨 7.4mg/L, 칼륨 2.7 mg/L로 나타났다. 변동계수는 나트륨 73.5 %RSD, 칼륨 30.3 %RSD, 칼슘 27.5 %RSD, 마그네슘 21.2 %RSD로 양이온 4 항목 가운데 변동계수가 가장 큰 항목은 나트륨으로 나타났다. 나트륨의 경우 신월천을 제외한 모든 하천의 변동계수가 50 %RSD를 초과하는 것으로 나타났으며, 오가천의 경우 나트륨은 119 %RSD의 변동계수를 보여 가장 큰 변동을 보였으며, 평균농도는 20.6 mg/L로 다른 하천에 비해 월등히 높은 결과를 나타내었다. 특히 오가천의 나트륨농도는 음이온의 염소이온과 같이 2013년 1월 26.6 mg/L, 11월 66.7 mg/L, 12월에 80.9 mg/L로 나타났다. 나트륨 농도가 높은 1월, 11월, 12월 3개월 평균은 58.0 mg/L로 이 기간을 제외한 오가천의 나트륨 농도 9.4 mg/L에 비해 6배 정도 높아지는 것으로 나타났다. 11월과 12월에 오가천 상류 지점의 나트륨 농도는 538.8 mg/L, 182.0 mg/L로 매우 높게 나타났다.

수질항목별 변동계수는 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 괴산지역 하천들의 수질항목중 가장 큰 변동계수를 보이는 항목은 나트륨으로 평균 73.5 %RSD 이었으며, 다음은 염소이온으로 62.7 %RSD 이었다. 수질변동 폭이 가장 큰 항목은 염소이온으로 최소 30.3 %RSD에서 최대 120.7 %RSD로 나타났으며, 나트륨은 최소 47.2 %RSD에서 최대 118.6 %RSD로 나타났다. 청정지역인 괴산지역 하천수의 나트륨과 염소이온의 변동계수가 크게 나타나며, 특히 11월과 12월에 고농도를 보이는 것은 절임배추 생산에 사용된 소금이 하천으로 유입되고 있음을 나타내는 것으로 생각할 수 있다. 따라서 소금물의 유입으로 인한 하천 영향을 줄이기 위한 대책이 필요한 것으로 사료된다.

Table 8. Concentration of Cation of stream water in Goesan

Strea m	Ca, mg/L			Mg, mg/L			Na, mg/L			K, mg/L		
	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD	Avg.	SD	%RSD
석문천	32.4	7.5	23	5.6	0.9	17	8.9	5.5	62	2.8	0.9	31
석문동천	29.5	6.6	22	4.7	0.8	17	4.6	2.3	50	1.7	0.5	27
보강천	23.3	4.6	20	5.3	1.0	18	11.7	6.1	52	5.1	1.2	24
동진천1	17.7	4.4	25	5.1	1.3	25	10.6	10.1	95	3.4	1.2	35
동진천2	21.1	5.4	25	5.5	1.3	24	10.1	9.6	95	3.3	1.1	33
음성천	21.8	5.4	25	5.0	1.0	19	10.1	5.8	58	3.9	1.0	25
쌍천	24.5	6.4	26	4.6	1.1	23	4.5	2.5	55	1.6	0.5	29
향목동천	5.9	1.5	25	1.7	0.3	21	2.6	1.5	57	0.5	0.2	29
화양천	6.5	1.6	24	1.5	0.3	20	3.9	2.7	69	1.4	0.4	32
오가천	35.7	15.6	44	9.8	4.1	42	20.6	24.5	119	3.9	1.9	48
성황천	21.6	6.0	28	5.3	1.1	20	7.7	7.1	92	3.2	1.0	30
신항천	15.6	4.3	28	4.8	0.8	18	6.3	4.0	64	2.9	0.7	25
달천 하	16.0	4.8	30	3.8	0.7	18	5.0	2.6	52	2.5	0.7	26
안민천	24.6	6.9	28	8.4	1.5	18	8.0	6.9	87	3.6	0.9	26
압항천	19.2	4.8	25	3.6	0.6	16	4.9	5.1	103	2.1	0.6	26
구룡천	18.1	4.9	27	3.1	0.5	15	4.3	2.8	64	2.4	0.6	24
달천 상	17.2	6.6	38	3.7	1.2	31	5.8	6.0	102	2.5	0.9	38
신월천	7.4	2.3	31	1.9	0.4	19	3.5	1.6	47	1.3	0.5	36
평균	19.9	5.5	27.5	4.6	1.0	21.2	7.4	5.9	73.5	2.7	0.8	30.3

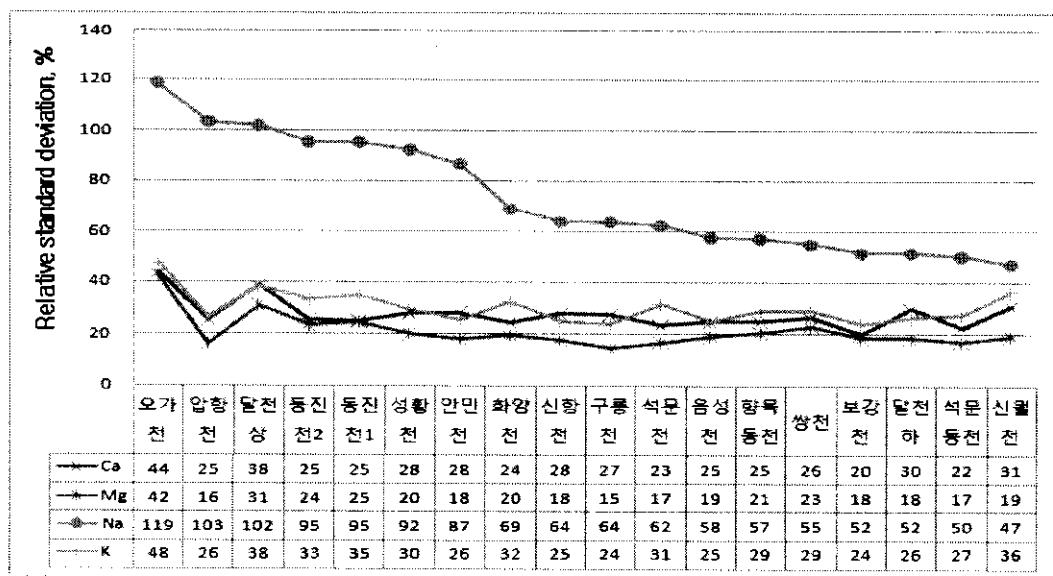


Fig. 7. Relative Standard deviation(%) of Cation of stream water in Goesan.

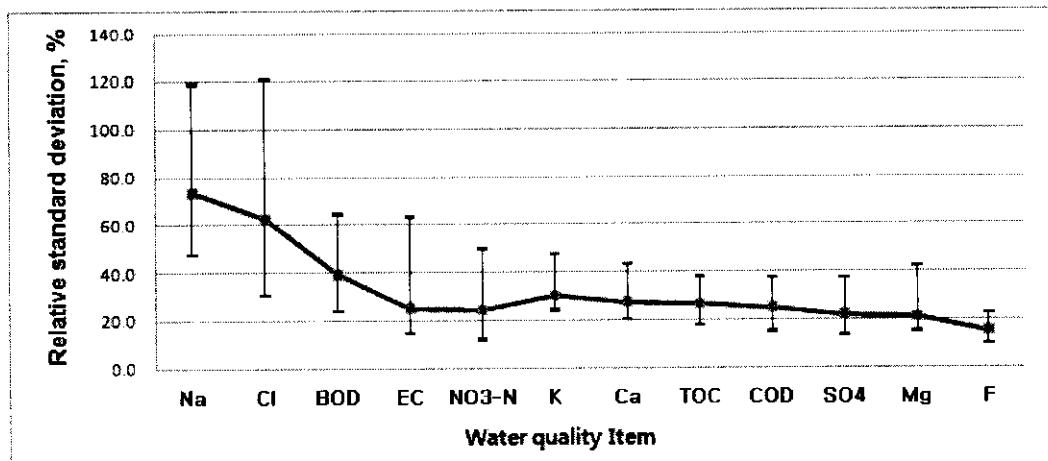


Fig. 8. Relative Standard deviation(%) of water quality Item of stream water in Goesan

라. 하천 상하류간 농도 변화

괴산지역 하천수의 TOC, 염소이온, 나트륨, 전기전도도 항목에 대하여 상류와 하류의 농도와 농도비를 Table 9와, Table 10에 나타내었다. 상류와 하류의 농도비(UDR : upstream over downstream ratio)가 1보다 큰 경우는 상류의 농도가 높은 경우이며, 1보다 작은 경우는 하류의 농도가 높음을 의미한다. 그리고 UDR 값이 급격히 변화하면 상류와 하류 사이에 오염원이 존재함을 유추할 수 있다. Fig. 9에 염소이온에 대한 하천별 UDR 값을 나타내었다. Fig. 9에서 보듯이 절임배추 생산이 본격적으로 이루어지는 시기인 11월, 12월에 대부분의 하천에서 염소이온의 UDR값이 10월에 비해 증가하는 것으로 나타났다. UDR 값이 클수록 하천 상류의 농도가 높으며, 변동폭이 클수록 영향을 크게 받는 것으로 생각할 수 있다. Fig. 9에서 보면 오가천, 문방천, 신항천, 대전천, 성황천, 음성천의 순으로 염소이온의 UDR값이 크게 나타나고 있어 절임배추 생산의 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 신항천의 경우에는 10월에도 UDR 값이 3.0이상이므로 절임배추 생산 이외의 염소이온 배출원이 있음을 추측할 수 있다. 전기

전도도에 대한 하천별 UDR 값을 Fig. 10에 나타내었는데, 전기전도도의 UDR 값이 크게 변하는 하천은 오가천, 문방천, 대전천으로 나타났다. 따라서 염소이온과 전기전도도의 UDR 값이 2회이상 2.0을 초과하는 하천에 대해서는 절임배추 생산기간동안 예찰활동을 강화하여야 할 것으로 판단된다. 하천별 염소이온과 전기전도도에 대한 UDR 값을 비교하면 절임배추 생산으로 인한 영향을 받는 하천을 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

괴산지역 하천중 절임배추 생산 영향이 가장 큰 것으로 추정되는 오가천의 수류 흐름방향에 대한 수질변화를 알아보기 위하여 절임배추 생산의 영향이 없는 최상류 지역부터 하류방향으로 전기전도도 등 현장측정 항목 조사 결과를 Table 11에 나타내었고, 채취지점은 Fig. 11에 나타내었다. Fig. 12는 오가천 1지점부터 4지점까지 거리에 따른 전기전도도 감소를 나타낸 것으로 유하거리에 따라 선형으로 감소하는 것이 아니라 다항식의 관계로 감소하는 것으로 나타났다. 거리에 따른 전기전도도의 감소식은 다음과 같이 나타났다.

$$y = -8E-08x^3 + 0.001x^2 - 4.473x + 7440$$

$$R^2 = 1$$

y : 전기전도도, $\mu\text{S}/\text{cm}$

x : 하류방향으로의 거리, m

거리에 따른 전기전도도의 감소는 하류로 가면서 지천들이 합류되어 희석된 결과로 생각되어지며, 합류되는 하천의 유량에 따라 거리에 따른 전기전도도 감소식은 달라질 것으로 사료된다. 오가천 5번 지점은 오가천으로 합류되는 지천의 하나로, 이 지점 부근에도 절임배추 생산 농가가 밀집되어 있어, 전기전도도 값이 3,670 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났다. 오가천의 유하거리별 전기전도도의 변화를

Fig. 13에 나타내었다. 오가천의 경우 하천의 관리기준으로 제안한 전기전도도 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 달성하기 위해서는 상류의 오가저수지와 오가천 5번 지점 상류에 위치하는 방곡저수지의 방류량을 늘려야 할 것으로 사료된다.

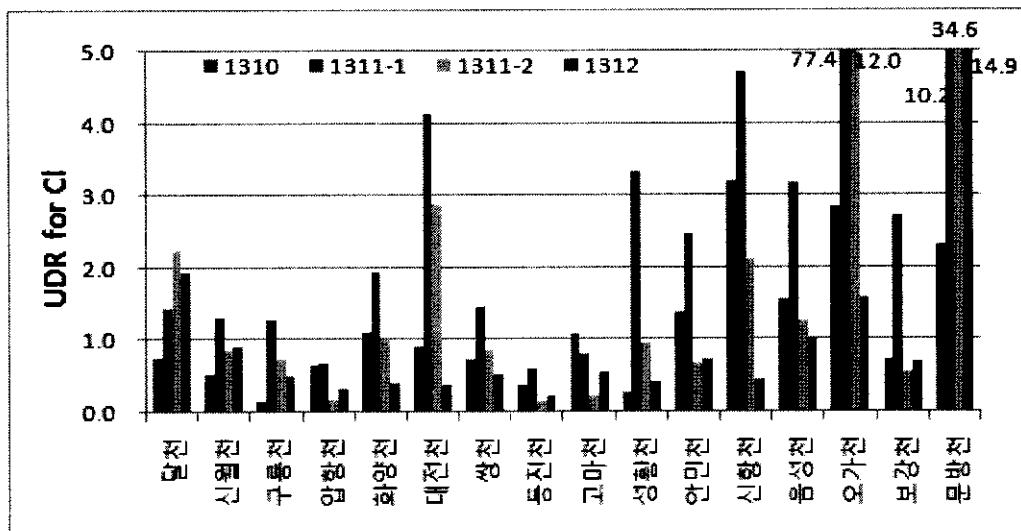


Fig. 9. UDR(upstream/downstream ratio) for Chloride of stream in Goesan.

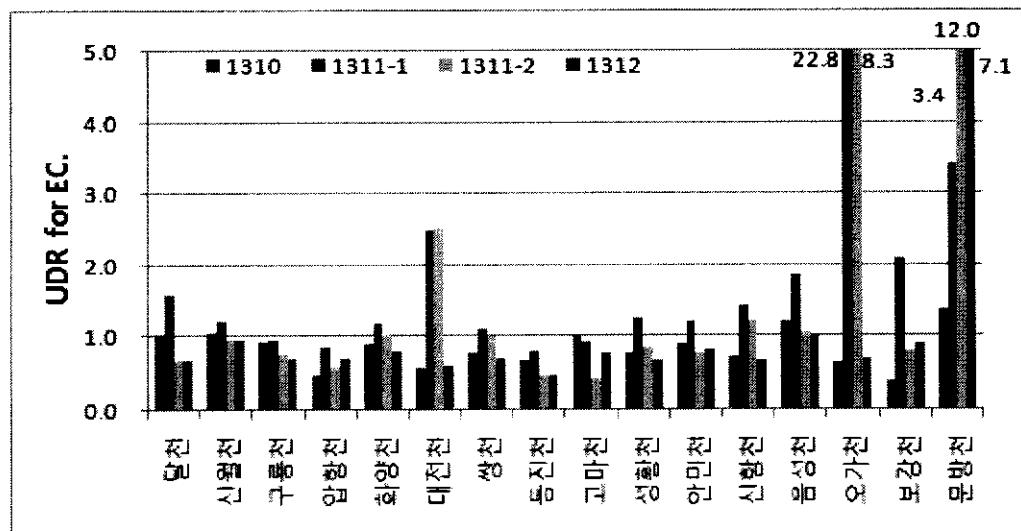


Fig. 10. UDR(upstream/downstream ratio) for Electrical conductivity of stream in Goesan.

Table 9. Concentration of TOC, Cl, Na and EC of stream water in Goesan

하천	TOC				Cl				Na				EC			
	13. 10	13. 11-1	13. 11-2	13. 12												
달천(상)	1.2	1.2	1.3	1.2	6.3	10.0	28.6	30.0	5.0	5.9	19.9	17.8	157	270	194	174
달천(중)	1.0	1.0	1.1	1.2	20.1	13.5	12.7	14.0	5.1	9.6	8.3	8.0	206	241	182	158
달천(하)	1.0	1.0	1.1	1.2	8.5	6.9	12.7	15.4	5.6	8.9	8.6	9.2	151	169	286	255
신월천(상)	0.8	0.8	0.8	1.0	6.1	6.4	6.8	5.1	4.9	6.6	6.7	4.8	97	123	108	72
신월천(하)	0.9	0.9	0.9	1.0	11.8	4.9	7.9	5.7	4.6	5.4	6.5	4.5	91	102	112	76
구룡천(상)	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	9.2	14.9	10.5	4.1	5.9	8.7	6.7	146	165	166	133
구룡천(하)	0.8	0.8	0.7	0.9	5.5	7.1	20.2	20.8	4.6	5.9	9.5	10.1	158	171	218	191
황암천	0.7	0.7	0.9	1.8	5.8	38.8	95.5	25.5	4.4	25.1	51.6	12.4	170	295	491	214
압광천(상)	0.8	0.8	0.9	1.0	3.9	5.3	6.1	5.5	3.9	4.7	5.6	4.5	77	150	159	132
압광천(하)	0.9	0.9	0.8	1.0	5.9	7.7	34.3	17.3	4.3	5.7	20.0	9.4	160	173	272	185
화강천(상)	0.7	0.7	0.8	0.9	4.2	9.0	14.9	5.9	3.9	6.8	10.6	4.9	76	111	132	79
화강천(하)	0.9	0.7	0.7	0.8	3.7	4.6	14.9	14.2	4.2	5.0	8.7	9.0	84	93	128	98
대천(상)	1.2	1.2	1.8	1.5	5.3	179.5	313.5	33.5	4.7	97.4	170.5	20.5	74	716	1110	209
대천(하)	0.6	0.6	0.7	0.7	5.8	43.5	109.2	88.1	4.3	22.5	43.7	31.9	130	286	442	344
쌍한천(상)	0.7	0.7	1.0	1.2	4.7	12.6	11.4	10.5	3.6	7.4	6.2	5.7	164	265	256	159
쌍한천(하)	1.2	1.0	1.0	1.0	6.4	8.6	13.3	20.3	5.0	5.9	7.4	9.7	213	239	255	223
동진천(상)	1.3	1.3	1.2	2.6	3.5	7.6	9.4	9.8	6.5	7.5	8.6	8.3	133	172	183	135
동진천(하)	1.3	1.0	1.1	1.1	9.6	12.8	60.8	45.7	8.5	10.4	34.9	25.3	196	213	391	288
고마천(상)	1.6	1.6	1.7	1.7	5.4	36.6	21.8	21.4	10.3	17.3	14.2	14.3	190	287	201	181
고마천(하)	1.1	1.1	1.1	1.3	5.0	44.9	95.8	38.6	8.4	28.8	48.3	19.7	182	309	482	234
성황천(상)	1.6	1.6	1.1	1.8	4.5	39.5	43.9	14.0	7.7	21.1	29.2	12.2	166	298	314	184
성황천(하)	1.0	1.0	1.0	1.4	15.7	11.9	46.0	33.1	6.9	8.8	27.6	17.3	214	235	366	270
안반천(상)	2.0	2.0	2.5	2.2	11.2	36.4	36.7	26.2	4.6	17.6	16.9	13.8	239	342	329	260
안반천(하)	1.6	1.6	1.3	1.8	8.0	14.8	53.2	36.1	8.0	10.1	26.7	17.7	266	281	424	312
신황천(상)	2.6	2.6	2.9	2.9	17.0	36.3	44.8	8.9	5.7	27.2	32.2	8.0	136	275	297	138
신황천(하)	1.1	1.1	0.9	1.2	5.3	7.7	21.2	20.1	7.5	8.3	15.2	13.2	185	193	246	204
진기천	0.7	0.7	0.9	0.8	7.8	13.1	20.3	37.0	8.8	8.7	11.3	14.8	178	200	221	224
음성천(상)	1.3	1.3	1.3	1.5	16.3	47.9	35.1	22.3	14.3	36.8	27.6	18.5	271	388	348	265
음성천(하)	1.5	1.3	1.7	1.3	10.4	15.0	27.6	21.9	10.9	14.9	22.1	17.8	226	208	328	266
오기천(상)	4.7	4.7	1.4	2.7	10.7	2383.1	2343.5	326.6	5.5	538.8	4.6	182.0	233	8976	7440	808
오기천(하)	1.1	1.1	1.1	1.3	3.8	30.8	195.0	206.8	11.8	15.5	66.7	80.9	353	394	895	1157
보강천(상)	1.8	1.8	1.4	1.9	9.1	49.1	15.1	17.7	5.7	9.8	13.5	14.0	106	622	276	257
보강천(하)	2.0	1.7	2.9	2.0	12.3	18.0	27.1	25.2	13.7	18.2	22.5	20.2	259	297	338	286
분방천(상)	2.5	2.5	2.8	2.2	12.3	331.6	1392.7	670.9	15.2	203.6	545.5	396.2	285	1216	4407	1974
분방천(하)	1.4	1.4	1.7	2.0	5.3	32.4	40.3	45.0	13.2	25.2	42.6	24.3	207	354	366	277
흑석천	0.9	0.9	0.9	1.4	0.8	50.0	73.9	19.4	4.6	27.3	31.3	11.0	158	332	413	174

Table 10. UDR (upstream/downstream ratio) of stream in Goesan.

하천	TOC				Cl				Na				EC			
	13. 10	13. 11-1	13. 11-2	13. 12												
달천	1.2	1.2	1.2	1.0	0.7	1.4	2.3	1.9	0.9	0.7	2.3	1.9	1.0	1.6	0.7	0.7
신월천	0.9	0.9	1.0	1.1	0.5	1.3	0.9	0.9	1.1	1.2	1.0	1.1	1.1	1.2	1.0	0.9
구룡천	0.7	0.7	1.2	1.0	0.2	1.3	0.7	0.5	0.9	1.0	0.9	0.7	0.9	1.0	0.8	0.7
압항천	0.9	0.9	1.2	1.0	0.7	0.7	0.2	0.3	0.9	0.8	0.3	0.5	0.5	0.9	0.6	0.7
화양천	0.8	1.0	1.1	1.0	1.1	1.9	1.0	0.4	0.9	1.3	1.2	0.5	0.9	1.2	1.0	0.8
대전천	2.1	2.1	2.4	2.0	0.9	4.1	2.9	0.4	1.1	4.3	3.9	0.6	0.6	2.5	2.5	0.6
쌍천	0.6	0.7	1.0	1.2	0.7	1.5	0.9	0.5	0.7	1.3	0.8	0.6	0.8	1.1	1.0	0.7
동진천	1.1	1.3	1.1	2.4	0.4	0.6	0.2	0.2	0.8	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.5	0.5
고마천	1.5	1.5	1.5	1.3	1.1	0.8	0.2	0.6	1.2	0.6	0.3	0.7	1.0	0.9	0.4	0.8
성황천	1.5	1.5	1.2	1.2	0.3	3.3	1.0	0.4	1.1	2.4	1.1	0.7	0.8	1.3	0.9	0.7
안민천	1.3	1.3	1.9	1.2	1.4	2.5	0.7	0.7	0.6	1.7	0.6	0.8	0.9	1.2	0.8	0.8
신항천	2.3	2.3	3.0	2.5	3.2	4.7	2.1	0.4	0.8	3.3	2.1	0.6	0.7	1.4	1.2	0.7
음성천	0.9	1.0	0.8	1.1	1.6	3.2	1.3	1.0	1.3	2.5	1.2	1.0	1.2	1.9	1.1	1.0
오가천	4.1	4.1	1.3	2.1	2.8	77.4	12.0	1.6	0.5	34.8	6.7	2.3	0.7	22.8	8.3	0.7
보강천	0.9	1.1	0.5	1.0	0.7	2.7	0.6	0.7	0.4	0.5	0.6	0.7	0.4	2.1	0.8	0.9
문방천	1.7	1.7	1.6	1.1	2.3	10.2	34.6	14.9	1.2	8.1	12.8	16.2	1.4	3.4	12.0	7.1
평균	1.4	1.5	1.4	1.4	1.2	7.4	3.8	1.6	0.9	4.1	1.8	1.8	0.8	2.8	2.1	1.1
최소	0.6	0.7	0.5	1.0	0.2	0.6	0.2	0.2	0.4	0.5	0.1	0.3	0.4	0.8	0.4	0.5
최대	4.1	4.1	3.0	2.5	3.2	77.4	34.6	14.9	1.3	34.8	12.8	16.2	1.4	22.8	12.0	7.1

Table 11. Water quality variation in Ogacheon toward downstream

지점명	Temp. °C	EC μS/cm	Salinity psu	DO mg/L	pH	측정지점	유하거리 m
오가천상	7.56	238	0.11	14.36	8.67	장연중학교	0
오가천 1	7.99	7440	4.11	10.44	7.6	우체국앞	145
오가천 2	9.52	4013	2.13	14.79	8.23	신촌교	1,107
오가천 3	7.30	1192	0.59	14.3	8.58	석산교	2,979
오가천 4	7.93	866	0.43	15.03	8.44	추점교	4,891
오가천 5	7.25	3670	1.94	13.17	7.9	방곡교차로앞	6,205
오가천하	7.95	895	0.44	16.01	8.18	광진교	8,210

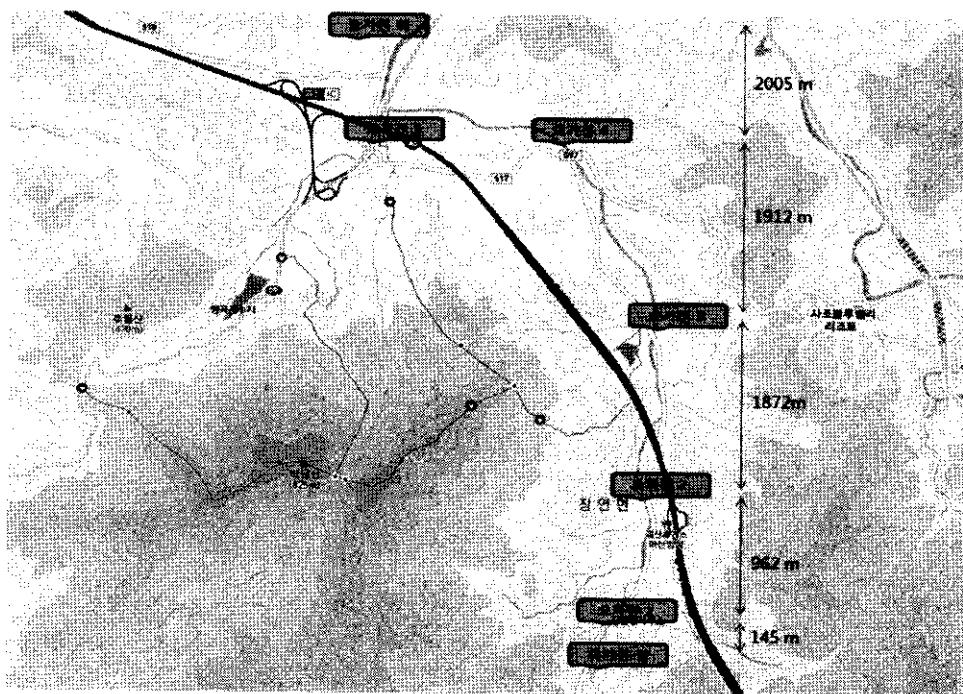


Fig. 11. Sampling site of Ogacheon in Goesan.

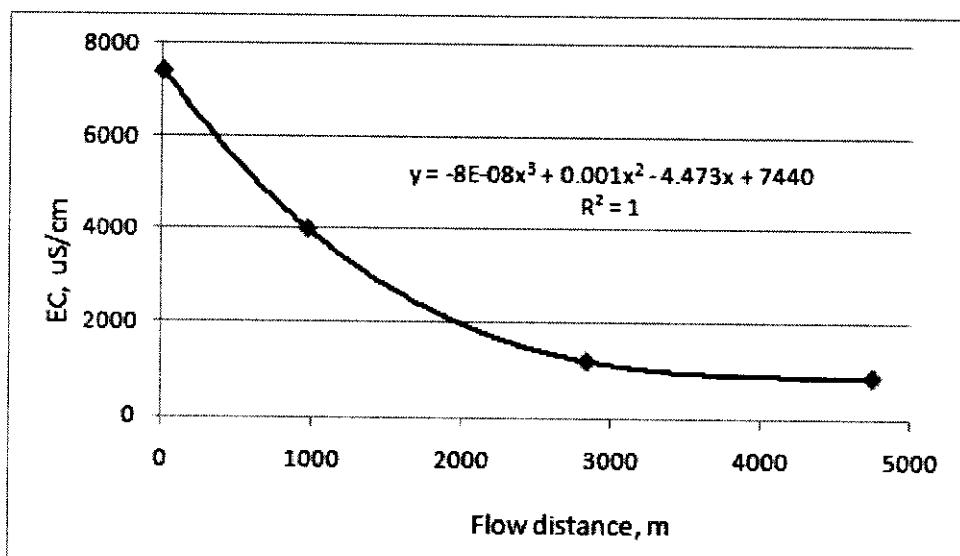


Fig. 12. Electrical conductivity reduction of Ogacheon with flow distance.

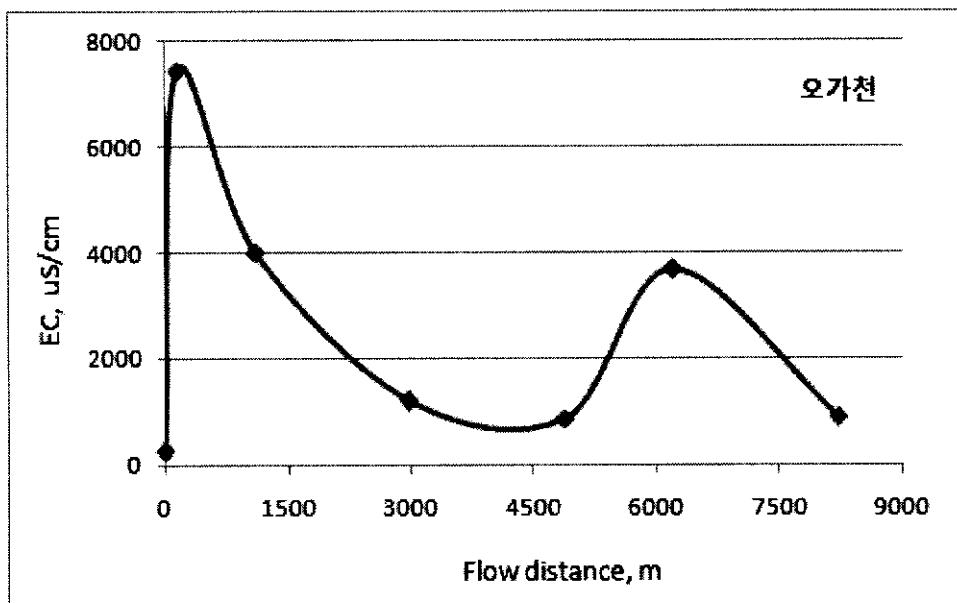


Fig. 13. Electrical conductivity variation of Ogacheon with flow distance.

2. 절임배추 생산과정에서 발생하는 소금물의 특성

가. 배추 절인물의 염도 및 절임시간

절임배추는 배추 다듬기, 절단, 염수절임, 세척, 탈수, 포장의 과정을 거쳐 생산된다. 절임배추 생산에서 가장 시간이 오래 걸리고 중요한 과정은 절임과정이다. 절임과정은 김치의 맛과 저장성을 결정하는 요인으로 알려져 있다.

배추를 절이기 위해서는 고농도의 소금물에 담그는 방법과, 배추 속에 속소금을 뿌려 소금물에 담그는 방법, 그리고 소금만 이용하는 방법이 사용되는데, 괴산지역의 절임배추 생산농가에서는 배추 속에 속소금을 뿌리고 소금물에 담그는 방법을 사용하고 있었다. 배추를 절인물은 수차례 재활용하는 것으로 나타났으며, 절인물을 재사용할 경우 경험에 의해 소금을 추가하여 염도를 조절하고 있었다.

염분의 단위는 실용염분단위 psu(practical salinity unit), 천분율 ‰(퍼밀, part per thousand), 백분율 %(퍼센트, part per hundred), ppm(part per milion) 등으로 표현되고 있다. 절대염분은 해수 질량에 용해된 물질의 질량비로 정의되는데, 실제로 이 양을 직접 측정 할 수 없어서 서로 다른 방법으로 측정되고 정의되어 왔다. 퍼밀 단위는 천분율을 나타내는 것으로 염소량 적정 원칙으로 정의된 단위이며, 해수의 건조잔류물과 염소량의 관계, 염소이온과 전기전도도의 관계를 이용하여 염분을 측정하는데 사용되어 왔다. 그러나 1979년 IAPSO(International Association for the Physical Sciences of the Ocean)에서는 염분을 표준용액에 대한 비를 이용하여 정의하도록 하였으며, 현재 염분의 국제 단위는 1981년 UNESCO 보고서에 정의된 실용 염분단위 psu를 이용하고 있다.³¹⁾ 따라서 본 연구에서는 염분의 단위로 psu를 사용하였으며, psu와 퍼밀 값 사이의 차이가 물리적으로 의미를 지니지 않을 때는 단위를 변경하지 않아도 큰 문제가 되지 않기 때문에 본 연구에서 사용되는 psu는 퍼밀 값과 같은 값으로 보아도 무방하다. 백분율 농도인 %값은 psu의 1/10로 이해하면 된다.

배추 절인물의 염도는 Table 12에 나타낸 바와 같이 72.5~167.6 psu(7.2~16.8%)로 생산농가마다 차이가 있었으며, 절임시간도 10시간에서 20시간 정도로 다양한 것으로 나타났다. 배추 절인물의 평균 염도는 117.2 psu(11.7%)로 조사되었고, 평균 절임시간은 17시간으로 나타났다.

배추 절인물의 유기물질 함량은 TOC 196.8 mg/L(염분 97 psu)~466.2 mg/L(염분 161.6 psu)로 나타났으며, 알칼리성 과망간산칼륨법으로 시험한 COD 농도는 204.4 mg/L(염분 97 psu)~538.7 mg/L(염분 161.6 psu)로 나타나 염분농도가 높을수록 유기물의 함량도 높은 것으로 나타났다.

절임이 끝난 후 세척과 탈수 공정을 거치는데, 세척공정은 세척조에서 지하수를 월류시키면서 절임배추를 세척하였으며, 보통 3단계 세척을 하고 있었다. 세척과정에서 발생하는 폐수와 탈수공정에서 발생하는 폐수는 배추잎과 같은 큰

폐기물만 거른 후 별도의 처리없이 하천으로 방류되고 있었다. 세척수의 염도는 절임염수의 농도에 비례하여 높게 나타나는 경향을 보였으나, 세척수의 양에 더 큰 영향을 받을 것으로 사료된다. 세척조 월류수의 염도는 평균 3.3 psu(전기전도도 6,069 $\mu\text{S}/\text{cm}$)로 조사되었다. 김치제조 공장에서 세척수의 염도는 1회 세척 후 2~2.6%, 2회 세척 후 0.2~0.9%, 3회 세척 후 0~0.46% 정도인 것으로 알려져 있으며, 포장하기 전 1~2시간 중력탈수를 거치는데, 탈수액의 염도는 3.2~4.4% 정도로 보고되고 있다.⁵⁾ 따라서 절임배추 생산농가에서 최종 배출되는 방류수의 염도는 세척수로 사용하는 지하수량에 따라 변동이 클 것으로 생각되며, 세척조 월류수와 비슷하거나 약간 높을 것으로 사료된다.

Table 12. Salting conditions of cabbage

Sample No.	Salinity (psu)	salting time, hr	salinity of washed water (psu)	salinity of effluent (psu)
1	101.9	15		
2	167.6	24		
3	108.2	10		
4	111.0	12		
5	116.3	12		
6	126.3	12		
7	102.1	20	5.68	5.96
8	138.6	20		
9	123.2	20	5.56	4.44
10	150.4	16	2.89	
11	101.3	20	2.2	
12	104.0	20	2.74	
13	72.5	20	0.99	
Avg.	117.2	17	3.34	5.2
Std. Err.	6.8	1.2	0.77	0.76
Std. Dev.	24.5	4.4	1.89	1.07
Min.	72.5	10.0	0.99	4.44
Max.	167.6	24.0	5.68	5.96

나. 배추 절인물의 생태독성

소금물과 배추 절인물의 생태독성 실험 조건과 EC₅₀, LC₅₀을 평가한 결과를 Table 13에 나타내었고, Fig. 14와 Fig. 15에 물벼룩과 다슬기의 염분농도에 따른 생존율을 나타내었다. 그림에서 나타나듯이 염분의 영향은 임계치를 넘을 경우 급격히 생존율이 낮아지는 특성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 반수영향농도와 반수치사농도는 트림드 스피어만-카버(Trimmed Spearman-Karber) 방법을 이용하여 산출하였다.

생태독성 실험결과 소금물에 대한 물벼룩의 24시간 EC₅₀은 4.66~5.18 psu, 다슬기의 24시간 EC₅₀은 2.65~4.97 psu로 나타났으며, 배추 절인물에 대한 물벼룩의 24시간 EC₅₀은 3.00~5.85 psu, 다슬기의 24시간 EC₅₀은 3.35~3.38 psu로 나타났다. 다슬기의 24시간 LC₅₀은 소금물 5.75~7.04 psu, 배추 절인물 4.48~4.77 psu로 나타났다. 전체적으로 볼 때 염분농도에 대한 물벼룩의 24시간 EC₅₀은 3.00~5.85의 범위를 나타났으며, 평균값은 4.67 psu로 나타났다. 다슬기의 경우 24시간 EC₅₀은 2.65~4.97의 범위를 보였으며, 평균값은 3.59 psu로 나타났다. 물벼룩의 경우 유영장애를 일으키는 개체수가 없이 모두 사멸되어 LC₅₀은 EC₅₀과 같게 나타났으나, 다슬기의 경우 실험 종료후 원래의 서식처 물을 공급하여 회복된 개체수를 확인하고 사멸된 개체수를 확정하여 LC₅₀값을 산출하였으며, 24시간 LC₅₀은 4.48~7.04의 범위를 나타내었으며, 평균값은 5.51 psu로 나타났다.

본 결과로 미루어 볼 때 고농도의 배추 절인물이 하천으로 무단방류될 경우 유량이 많지 않은 하천의 생태계에 매우 치명적인 영향을 미칠 것으로 사료되며, 세척수만 방류되는 경우에도 세척수의 염분이 5 psu를 넘으면 다슬기의 생존에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 염분농도가 매우 높은 배추 절인물에 대한 처리대책과 세척수에 대한 관리 기준을 마련하는 것이 필요한 것으로 사료된다. 본 연구에서 두 종류의 생물을 이용한 생태독성 실험결과

가장 낮게 나타난 EC₅₀값인 2.65 psu를 하천 생태 보호를 위한 관리 염분농도로 정하여, 절임배추 세척수의 염분농도를 관리하는 것이 적절할 것으로 사료된다. 염분농도 2.65 psu는 전기전도도 값으로 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 정도에 해당하며, 하천수의 염분농도는 안전계수 0.1로 적용하여 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 초과하지 않도록 관리하는 것이 적정할 것으로 사료된다. 하천수의 유량이 적은 경우에는 하천수의 관리기준을 초과하지 않도록 세척수의 염분을 더 낮추어 탄력적으로 적용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

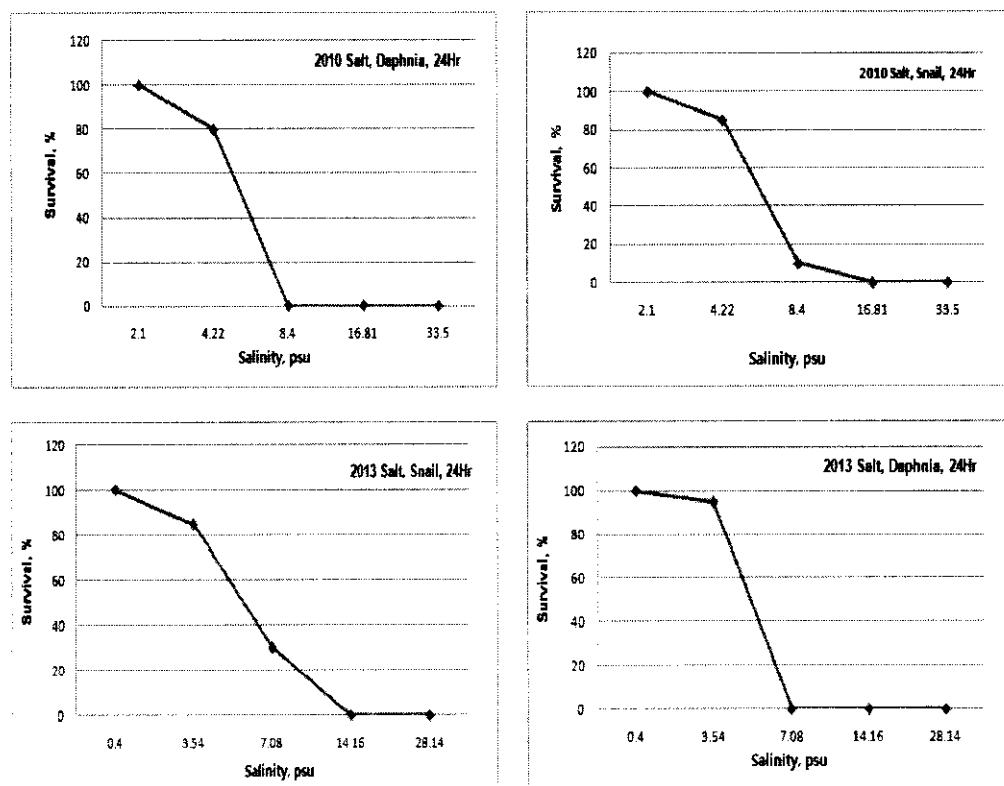


Fig. 14. Survival % of *daphnia magna* and snail in salt water

Table 13. Toxicity of salt water and salted water of cabbage for daphnia and snail

Item	salin ity	EC	pH	EC ₅₀						LC ₅₀		
				Daphnia, 24 Hr			Snail 24 Hr			Snail 24 Hr		
				EC ₅₀	95%L	95%H	EC ₅₀	95%L	95%H	EC ₅₀	95%L	95%H
2013 salt	0.4	810	8.76	4.66	4.05	5.36	4.97	3.79	6.51	7.04	5.54	8.95
	3.54	6449	8.11									
	7.08	12308	7.93									
	14.16	23326	7.82									
	28.14	43572	8.16									
2010 salt	2.1	3950	8.1	5.18	4.58	5.87	2.65	-	-	5.75	4.98	6.64
	4.22	7589	7.91									
	8.4	14407	7.72									
	16.81	27283	7.57									
	33.5	50935	7.61									
salted water A	1.58	3017	8.15	5.85	4.57	7.48	3.38	2.26	5.05	4.77	3.92	5.8
	3.02	5550	7.8									
	6.02	10586	7.5									
	12.2	20342	7.33									
	29.5	45456	7.1									
salted water B	2.68	4965	7.64	3.00	1.97	4.57	3.35	2.66	4.22	4.48	3.75	5.35
	5.25	9310	7.64									
	10.04	17917	7.19									
	21.03	33445	6.62									
	42.38	62770	5.97									

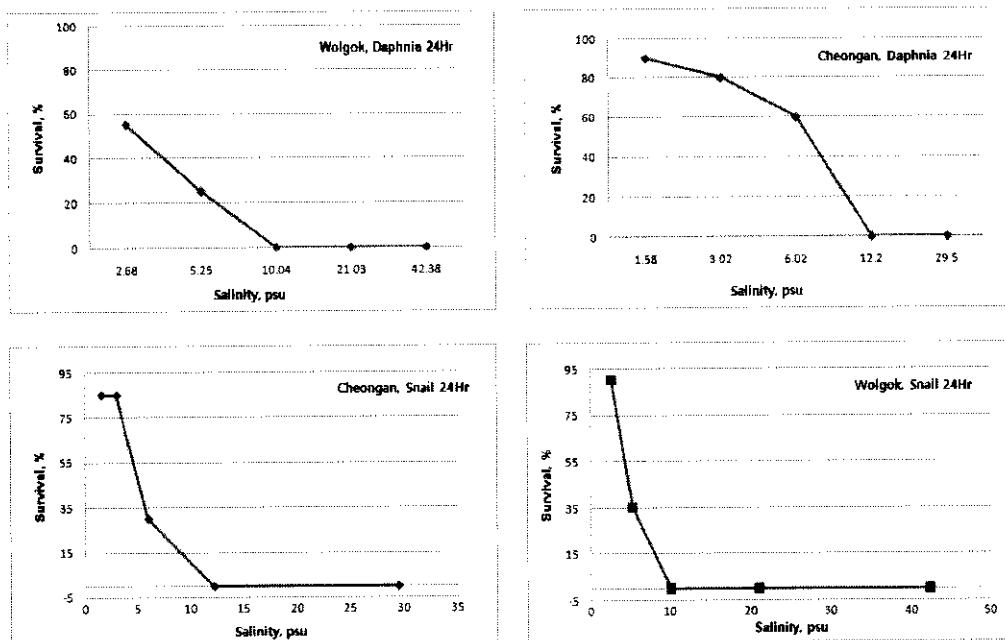


Fig. 15. Survival % of *daphnia magna* and snail in salted water of cabbage.

다. 소금 사용량 및 회수량

절임배추 생산에 필요한 소금은 괴산시골절임배추 영농조합법인을 통하여 구입하거나, 농협을 통해 개별구매 하는 것으로 조사되었으며, 영농조합법인을 통해 구입된 소금량을 Table 14에 나타내었다. 또한 2012년과 2013년에 괴산군 농업기술센터에서 폐 소금물을 수거하여 생산한 소금량을 Table 15에 나타내었다. 영농조합 법인을 통해 괴산지역에서 절임배추 생산을 위해 구입하는 소금은 연간 1,000톤 정도인 것으로 조사되었으며, Table 2에서 추정한 소금 수요량 1,596 톤에 비해 적은 것으로 보아 개별적으로 구입하는 소금도 상당량 될 것으로 추정된다.

괴산지역에 투입되는 절임배추용 소금 구입량, 절임배추에 포함되는 소금량, 괴산군에서 회수하는 소금량, 그리고 달천 하류지역의 유량과 염소이온농도 측정 자료로부터 괴산지역의 소금 물질수지를 파악해 보았다.

$$\Delta Q_{salt} = Salt_{in} - Salt_{out} - Salt_{cabbage} - Salt_{recover}$$

ΔQ : 소금 축적량

Salt_{in} : 소금 구입량, 999.34 ton

Salt_{out} : 소금 유출량, 달천 하류지점에서 10월과 11월의 변화량

$$\begin{aligned} &= \Delta(\text{달천 유량}(m^3/s) \times \text{염소이온농도}(mg/L)) \times 30\text{일} \\ &= ((5.665 m^3/s \times 11.89 mg/L) - (6.632 m^3/s \times 8.45 mg/L)) \times \\ &\quad 86400 \text{ sec/day} \times 10^{-6} \text{ ton/g} \times 30 \text{ day} \\ &= 29.3 \text{ ton} \end{aligned}$$

Salt_{cabbage} : 절임배추를 통한 유출량, 절임배추 생산량 × 절임배추 염분(0.03)

$$= 22800 \text{ ton} \times 0.03 = 684 \text{ ton}$$

Salt_{recover} : 괴산군 회수 소금량, 80 ton

$$\Delta Q_{salt} = 999.34 - 29.3 - 684 - 80$$

$$= 206.04 \text{ ton}$$

위에서 계산한 괴산지역의 소금 물질수지로부터 괴산군 농업기술센터에서 수거하는 소금의 회수율을 절임배추에 포함된 분량을 제외하고 계산하면 25.4% 정도가 된다. 하천으로 유출된 소금량이 모두 세척수와 탈수액으로부터 발생한 것으로 가정하고, 배추 절인물에 포함되었을 소금량에 대한 회수율을 산정해도 28.0% 정도이다. 2012년 절임배추 생산량에 근거하여 추정된 소금량 1,596톤을 소금 유입량으로 고려할 경우에는 소금 회수율이 9.1%로 낮아진다. 따라서 소금의 회수율을 높일 수 있는 방안을 모색해야하며, 소금물을 하천으로 방류할 경우 환경에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 대책이 필요한 것으로 사료된다.

Table 14. Purchase Conditions of salt for cabbage salting in Goesan area

NO.	Area	2013		2012	
		bag (20Kg)	ton	bag (20Kg)	ton
1	괴산	4,760	95	10810	216.2
2	감물	6,390	128	3835	76.7
3	장연	120	2	3445	68.9
12	연풍	780	16	260	5.2
4	칠성	3,945	79	2560	51.2
5	문광	9,780	196	10730	214.6
6	청천	5,835	117	3480	69.6
7	덕평	4,095	82	1350	27
8	청안	3,773	75	2080	41.6
9	사리	2,370	47	1010	20.2
10	소수	5,220	104	5387	107.74
11	불정	4,515	90	5020	100.4
합계		51,583	1,032	49967	999.34

Table 15. Salt recovery conditions from cabbage salted water in Goesan area

Year	2009	2010	2011	2012
Recovered Salt, ton	50	70	80	80
Brines water	338	500	800	800

3. 염분의 환경영향

가. 어류에 대한 영향

염분이 환경에 미치는 영향은 주로 어류와 식물에 미치는 영향이 보고되고 있다. 경골어류들은 염분변화에 적응하기 위하여 항상성 유지측면에서 삼투압 조절 기구를 가지고 있으며, 주로 아가미, 소화관 및 신장에 존재한다. 급격한 염분변화에 따른 어류의 삼투압 조절은 이온과 수분 평형에 영향을 주어 어류의 생리조건을 악화시키거나 폐사를 유발하고 장기적으로 성장지연을 초래하는 것으로 알려져 있다.⁸⁾

급격한 염분 변화는 해양생물에게는 염분농도가 급격히 낮아지는 경우, 담수생물에게는 급격히 높아지는 경우를 말한다. 경골어류의 염분내성이 어종에 따라 다른 것으로 알려져 있으며, 화유성 어류인 연어과 어류, 기수지역에 서식하는 망둥어와 송어과 어류등은 해수와 담수에서 서식이 가능하지만 담수에서 서식하는 잉어과 어류는 해수에서 서식할 수 없다. 붕어의 경우 50% 해수(17.5 psu)에서, 잉어의 경우에는 12 psu에서 생존이 가능한 것으로 알려져 있으며⁹⁾, 산천어는 이보다 염분내성이 강하여 100% 해수에서 24시간 생존율이 66%라고 보고되고 있다.⁸⁾ 이복규(1988)¹⁰⁾는 담수산 새우의 생존율은 3.8 psu 까지 큰 변동이 없으며, 13.7 psu 이상에서 급격히 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 광염성 담수어종인 자바틸라피아는 40 psu에서도 잘 자라고, 35 psu에서도 산란을 하며, 나일틸라피아는 13.5~29 psu에서 산란하고 35 psu까지 적응하는데, 광염성 어종인 자바틸라피아의 경우에도 순화과정없이 급격한 염분변화가 일어날 경우 24 psu에서 72시간 만에 모두 폐사하였고, 단계적으로 순화시킨 경우에는 32 psu에서도 생존하였으며 염분증가에 따라 산소소비와 아가미 호흡수가 증가한다고 보고하였다.¹¹⁾ 염분 환경이 변화하면 담수어종은 환경적응을 위해 삼투압 조절, 호흡수 변화가 일어나며, 단계적으로 염분변화에 순화된 경우와 급격한 변화에 따라 호흡수와 암모니아 배설이 달라진다.

광염성 송사리(*Oryzias dancena*)는 염분이 증가함에 따라 생존율과 부화율이 저하되는 경향을 나타내었고, 고염분의 조건에서는 기형유발과 부화의 지연이 관찰되었다는 보고도 있다.¹²⁾ 광염성 종이라도 순화과정이 없으면 생존에 영향을 주고 항상성 유지에 많은 어려움을 겪게 되며, 일정 수준이상의 염분농도에서는 삼투압 조절능력을 상실하여 폐사되는 결과를 초래한다. 삼투압 조절 능력이 아주 우수한 어종을 제외하고는 순차적인 순화단계를 거치지 않고는 삼투압 조절을 위한 항상성에 많은 어려움을 겪게 된다.

해양생물의 경우에는 염분농도가 급격히 감소하는 경우 스트레스를 받게되는데, 붉은 명게는 염분 20 psu 이하에서 발생이 중지되고, 25 psu에서는 기형 유생이 출현하는 것으로 보고되었으며¹³⁾, 둥근 전복의 경우 25 psu에서 폐사된 개체 발견¹⁴⁾, 바지락의 경우 19.2 psu 이하에서 생존율 저하 및 대사율 감소¹⁵⁾, 15 psu 이하에서 7일만에 전량 폐사¹⁶⁾, 두줄망둑은 6.7 psu 이하에서 체중 및 성장을 감소¹⁷⁾, 날개망둑은 13.4 psu에서 산소소비 감소, 10.1 psu 이하에서 성장 저해, 6.7 psu에서 생존율 감소¹⁸⁾, 그리고 광염성 어종인 넙치의 경우 5 psu에서 성장저하가 현저¹⁹⁾한 것으로 보고되고 있다. 해양생물의 경우 고염분 보다는 저염분의 영향이 크며, 급격한 염분 변화 스트레스는 삼투압 조절기능을 저하시키고, 면역력을 감소시키며, 생리기능 및 대사활성의 저하를 유발하여 성장 저해 및 생존율 감소를 유발하는 것으로 사료된다.

나. 식물에 대한 영향

식물의 염분 영향에 대한 연구는 주로 벼에 대한 보고가 많으며, 배추, 콩 등의 밭아 및 생육에 관한 연구들이 있다. 밭작물의 내염성은 작물에 따라 다양하며, 보리, 밀, 사탕무, 목화, 유채, 사료작물, 수수, 토마토 등은 강한편이고, 땅콩, 완두, 감자, 고구마, 옥수수 등은 약한 것으로 보고되고 있다.²⁰⁾ 토양에 염분이 집적되면 수분결핍, 이온독성, 이온불균형과 같은 요인들이 복합적

으로 작용하여 식물의 성장을 저해하는 것으로 알려져 있으며²¹⁾, 염분농도가 증가하면 줄기나 뿌리의 감소, 초장, 생체중, 건물중의 감소 등이 나타나며, 엽록소의 양도 감소하는 것으로 보고되고 있다.²²⁾

이경수(1997) 등은 배추의 경우 토양 염분농도가 13.6 mS/cm까지도 발아율은 85% 이상이었으나, 출아율은 8.5 mS/cm 이상에서 크게 감소하였고, 엽면적과 지상부 생체량은 6.8 mS/cm이하일 때 무염토양과 차이가 없었으며, 광합성을 정상으로 유지하기 위해서는 5.1 mS/cm 이하로 토양염분농도를 낮추어야 한다고 보고하였다.²⁰⁾

관개용수의 염분농도는 벼의 뿌리부분의 염분농도에 크게 영향을 미치며,²³⁾ 최경구 등(1987)은 활착기에 염분농도가 증가함에 따라 벼의 고사율이 증가하며 염분농도 0.3%(3.0 psu)에서 83%, 0.45%(4.5 psu)에서 전품종이 고사한 것으로 보고하였다.²⁴⁾ 최선화(2004) 등은 초장과 건물중은 염분농도가 높을수록 감소함을 보고하였는데, 관개용수의 염분농도가 1,000 μ S/cm 이상에서 수량이 감소하였으며, 특히 3,000 μ S/cm 이상에서 절대적인 벼 생육 피해뿐만 아니라 식물체 고사까지 초래하는 것으로 보고하였다.²⁵⁾

콩의 경우 천상욱 등은(2003)²⁶⁾ 토양을 120, 440, 730, 1,040 μ S/cm로 염처리한 결과 염분농도 증가에 따라 엽록소 함량 15~60%, 광합성 28~48%, 호흡량 16~34% 감소가 나타났다고 보고하였다. 작물이 염분의 영향을 받으면 질소 흡수량이 심하게 감소되어 건물 생산에도 영향을 미치는데, 질소함량은 잎보다 뿌리에서 심하게 감소한 것으로 보고하였다. 그리고 대부분의 무기물 함량은 뿌리보다 잎에서 축적량이 크지만 나트륨은 뿌리에 더 많이 축적된 것으로 보고하였다.

다. 폐수처리에 대한 영향

염분농도는 폐수처리시설의 제거효율에도 영향을 미치는데, 안태석 등은

(2000)²⁷⁾ 염분 1% 정도에서는 영향이 없으나, 염분이 2% 이상이 되면 종속영양세균수가 감소하며, 세균군집의 변화가 생긴다고 하였고, 5% 이상에서는 사멸할 정도의 피해를 입힌다고 보고하였다. 서정범 등(2003)²⁸⁾은 염분농도 10,000 mg/L부터 TOC 제거율 감소, 최용법 등은 호기성 분해시 염분농도 6,000 mgCl/L 이상에서 미생물 활성도에 영향을 미쳐 용존 유기물질 제거효율이 감소하며,²⁹⁾ 혐기성 분해시에는 8,000 mgCl/L 이상에서 유기물 제거에 영향을 미치는 것으로 보고하고 있다.³⁰⁾

4. 배추 절인물의 환경영향 감소방안

가. 배추 절인물의 회수 및 소금 재활용

절임배추 생산과정에서 발생하는 절임염수의 염분농도는 72.5~167.6 psu로 매우 고농도이며, 해수 염도의 2.1배~4.8배에 해당한다. 기존에 보고된⁶⁾ 염분농도와 비슷한 수준이었다. 이러한 고염분의 폐수가 하천으로 직접 방류될 경우 하천 생태계의 파괴가 우려된다. 절임에 사용된 고농도의 절인물은 절임배추 생산농가의 절임염수 저장탱크에 저장되어 재사용 된 후 괴산군에서 공급한 플라스틱 통에 저장하여 직접 하천으로 유입되는 것을 방지하고 있다. 그러나 저장탱크의 부족으로 일부 고농도의 염수가 유출되고 있는 것으로 추정되어 하천 및 농경지에 미치는 영향이 우려되며, 이에 대한 대책이 필요하다.

괴산군 농업기술센터에서는 ‘배추절임 폐 소금물 자원화’ 사업을 통하여 절임배추 생산과정에서 발생하는 고농도의 염분폐수를 수거하여 소금을 생산하고, 생산된 소금은 운동장 관리용 등으로 재활용함으로써 고염분 절임폐수의 하천 유입을 방지하고, 폐자원을 재사용하는 1석2조의 효과를 보고 있다. 그러나 11월에 폐소금물 발생 예상량을 조사하고, 절임배추의 생산이 끝나는 12월 중순부터 수거하는 관계로 절임폐수의 수거효율이 낮아지는 단점이 있다. 절임배추 생산은 11월 10일경부터 시작되어 12월 10일 정도에 끝나는 특성이

있으며, 절임에 필요한 염수를 생산기간 중간에 교체하는 경우가 발생하게 되는데, 절임염수의 수거가 제때에 이루어지지 않으면 농가에서는 하천으로 방류할 수 밖에 없는 실정이다. 따라서 절임배추 생산기간에 맞춰 수거를 시작하고, 절임배추 생산농가를 대상으로 교육 및 홍보를 실시하여 절인물의 회수율을 높여야 할 것으로 사료된다.

나. 세척수의 염도 조절

절임용 고농도 염수외에도 절임후 세척과정에서 발생하는 세척수는 탈수과정에서 발생하는 탈수액과 합해져 처리과정 없이 하천으로 방류되고 있다. 세척수의 염분농도는 평균 3.3 psu(전기전도도 6,069 $\mu\text{S}/\text{cm}$)로 조사되었으며, 탈수액이 합해져 최종 방류되는 세척수의 평균염도는 세척수의 염도와 비슷할 것으로 추정된다. 세척수의 염분농도는 소금물의 생태독성 실험에서 나타난 물벼룩의 24시간 EC₅₀은 3.00~5.85 psu, 다슬기의 24시간 EC₅₀은 2.65~4.97의 범위내에 포함되는 값이므로 하천수의 수량이 충분하지 않거나, 절임배추 생산농가가 밀집되어 있는 지역에서는 하천생태계에 영향을 미칠 수 있는 것으로 사료된다. 따라서 절임배추를 충분히 탈수한 후 세척을 실시하고, 세척수의 수량을 증가시켜 최종 세척조에서 월류되는 물의 염분농도를 낮춰야 할 것으로 사료된다. 세척수의 염분관리 기준 값은 앞서 설명한 EC₅₀ 2.65 psu(전기전도도 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) 정도가 적당할 것으로 사료되며, 하천수의 전기전도도 값이 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 넘지 않도록 세척수의 염분농도를 관리하여야 할 것으로 사료된다.

다. 집수조 설치 및 방류량 조절

세척수의 염분농도를 조절하기 어려운 경우에는 집수조를 활용하여 방류량을 조절하는 방법을 사용할 수 있다. 집수조는 별도로 설치하거나 농가에 설치된 절임조를 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 절임배추 생산농가에서는 보통 배추

절임조를 두 개 이상 보유하고 있는데, 비어있는 절임조를 유량조정조로 활용하여 하천으로 방류되는 세척수의 양을 일정하게 유지함으로써 하천수의 염분농도가 급격하게 증가하는 것을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

라. 상류 저수지 방류량 증가 및 교육홍보강화

절임배추 생산기간에 하천수의 염분농도가 높게 나타나는 하천은 하천 유지용수가 부족하기 때문이다. 따라서 절임배추 생산기간에는 상류지역에 설치되어 있는 저수지의 방류량을 늘려 하천유지용수를 확보하는 것이 필요하다.

또한 반상회, 이장단회의 그리고, 농한기에 실시되는 농민교육 등을 활용하여 절임배추생산에서 발생하는 염수 및 세척수의 환경영향과 폐염수 재활용에 대한 교육을 강화하여 농가에서 자발적으로 환경영향 저감노력을 기울일 수 있도록 사회적 네트워크를 형성하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

절임배추 생산기간에는 관련부서에서 합동으로 하천수의 염분농도에 대한 밀도 있는 예찰활동을 실시하고, 지역특성에 맞는 대안을 선택하여 절임배추 생산으로 인한 환경영향을 줄이기 위한 노력이 필요한 것으로 사료된다.

이상에서 살펴본 바와 같이 절임배추의 생산으로 인한 염분의 하천유입은 하천 수질에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 고농도의 배추 절인물이 하천으로 방류될 경우 하천생태계에 미치는 영향은 치명적일 것으로 사료된다. 충북 괴산지역은 국내에서 유기농과 절임배추 생산의 중심지역으로 자리잡고 있으며, 이에 발맞춰 고농도 폐염수의 재활용 시스템을 갖추고 있어 절임배추 생산이 하천에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 평가할 수 있지만, 배추 절인물의 하천 유입이 전무하다고 할 수는 없다. 현재 운영중인 폐소금물 자원화 사업의 실효성을 높이기 위해 소금물 회수시기를 절임배추 생산시기와 맞추어야 하며, 소금물 수거빈도를 증가시켜 농가에서 고농도의 배추 절인물이 하천으로 유입

되는 것을 방지해야 할 것으로 사료된다. 더불어 세척수의 염분관리와 절임배추 생산기간동안 하천모니터링을 강화하여 절임배추 생산이 하천에 미치는 영향을 차단하여, 괴산 시골절임배추의 청정이미지를 상품에 부여하여 부가가치를 높이는데 노력해야 할 것으로 사료된다. 또한 절임배추 생산은 전국 농촌지역으로 확대되고 있으므로 타 지역에서도 폐소금물 회수시스템의 도입이 필요할 것으로 사료된다.

IV. 결 론

절임배추 생산이 하천에 미치는 영향을 파악하기 위하여 괴산지역 하천의 수질을 조사하고, 배추 절인물의 생태독성을 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 괴산지역 하천수의 염소이온과 나트륨 농도가 절임배추 생산시기에 증가하는 것으로 나타났으며, 나트륨은 73.5 %RSD(47~119), 염소이온은 62.7 %RSD(30~121)의 변동을 보여 절임배추 생산이 하천수의 수질에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 하천 하류보다 상류지역의 농도가 높게 나타나는 경향이 있었으며, 하천유량이 적은 일부하천에서는 절임배추 생산에서 발생하는 소금물의 영향을 크게 받는 것으로 나타나 관리가 필요한 것으로 사료된다.
2. 배추 절인물의 염분농도는 평균 117.2 psu(72.5 psu~167.6 psu)로 매우 높았으며, 세척수의 염분농도는 평균 3.3 psu(0.99~5.68 psu)로 나타났다. 세척수의 염분농도는 전기전도도로 평균 6,069 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (1,909~10,356 $\mu\text{S}/\text{cm}$)로 나타났다.
3. 소금물의 생태독성 실험결과 염분농도에 대한 물벼룩의 24시간 EC₅₀은 3.00~5.85의 범위를 나타내었으며, 평균값은 4.67 psu, 다슬기의 24시간 EC₅₀은 2.65~4.97의 범위를 나타내었으며, 평균값은 3.59 psu로 나타났다. 다슬기의 24시간 LC₅₀은 4.48~7.04의 범위를 나타내었으며, 평균값은 5.51 psu로 나타났다.

4. 절임배추 생산이 하천에 미치는 영향을 줄이기 위한 관리기준으로 하천수의 전기전도도 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 절인 배추 세척수의 전기전도도 5,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이 적정 할 것으로 판단되며, 세척수의 전기전도도는 하천의 유량을 고려하여 탄력적으로 적용하는 것이 필요하다.
5. 고농도 배추 절인물의 철저한 회수 및 재활용, 세척수의 염도조절, 집수조를 활용한 방류량 조절, 상류 저수지를 활용한 하천유지용수의 증가, 절임배추 생산 농가에 대한 교육 및 홍보강화, 관계기관의 관리 강화 등을 통하여 절임배추 생산이 하천 및 농경지에 미치는 환경영향을 최소화 하기 위해 지속적인 노력이 필요하다.

V. 참고문헌

1. 안상돈, 이삼섭, 2013, 국내 김치 산업 동향 및 소비자 김장 계획 조사, 농협 경제연구소 NHERI 리포트 제230호.
2. 한기영, 노봉수, 1996, 통배추의 염절임 방법에 따른 특성변화, 한국식품 과학회, 학술대회발표 자료집 1996권 1호, pp. 36~36.
3. 최병열, 2012, 배추절임 폐 소금물 자원화, 괴산군.
4. 윤혜현, 전수경, 최희경, 최숙경, 김동만, 1999, 봄배추 절임공정 중 재사용 염수의 화학적 특성변화, Food Engineering Progress 3권 4호, pp 199~204.
5. 농림부, 2000, 김치공장의 염수 및 폐수의 효율적 처리 및 재활용 기술 개발, p. 18.
6. 한웅수, 석문식, 1996, 김치공장의 배추 절임공정 개선, 식품산업과 영양, 1권 1호, pp. 50~70.
7. 환경부, 2011, 환경부고시 제2011-103호, 수질오염공정시험기준.
8. 박우동, 이철호, 김대중, 손영창, 2008, 급격한 염분변화에 따른 담수어 3종의 프로락틴 및 성장호르몬 유전자 발현 변화, J. Kor. Fish Soc. 41권 1호, pp. 1~6.
9. 김인배, 조재윤, 최재영, 1975, 염분함유수에서의 잉어 사육시험, Bull. Korean Fish Society. 8권 3호 pp. 181~184.
10. 이복규, 1988, 담수산 새우의 유생에 대한 수온, 염분 및 먹이의 영향, Bull. Korean Fish Society. 21권 3호 pp. 145~149.
11. 이춘희, 한상우, 허준옥, 이정열, 2008, 염분변화에 따른 자바틸라피아의 산소 소비, 아가미 호흡수 및 암모니아 배설, Korean J. Environ. Biol. 26권 3호, pp. 138~144.
12. 조영선, 이상윤, 김동수, 남윤권, 2010, 광염성 송사리 *Oryzias dancena*성체 및 자어의 염분도 변화에 대한 내성, Korean Journal of Ichthyology. 22권 1호, pp. 9~16.

13. 이주, 박민우, 이재성, 김수경, 김완기, 2009, 붉은 명게 발생에 관한 수온 및 염분의 영향, *한국환경과학회지* 18권 10호, pp. 1171~1179.
14. 좌민석, 강경필, 최미경, 여인규, 2009, 저염분 자극에 의한 등근전복의 생리학적 변화, *한국어병학회지* 22권 3호, pp. 293~303.
15. 신윤경, 김윤, 정의영, 허성범, 2000, 바지락의 온도 및 염분내성, *J. Kor. Fish Soc.* 33권 3호, pp 213~218.
16. 김철원, 고강희, 2004, 바지락의 먹이섭취에 미치는 수온과 염분의 영향, *Korean J. Environ. Biol.* 22권 1호, pp. 28~34.
17. 강주찬, 지정훈, 김성길, 박경수, 박승윤, 2004, 염분농도에 따른 두줄망둑 치어의 내성, *Korean J. Environ. Biol.* 22권 1호, pp. 153~158.
18. 강주찬, 진평, 이정식, 신윤경, 조규석, 2000, 날개망둑 치어의 생존, 성장 및 산소 소비율에 미치는 염분의 영향, *J. Kor. Fish Soc.* 33권 5호, pp. 408~412.
19. 김맹진, 정상철, 송춘복, 2004, 염분에 따른 넙치의 성장과 생존율, *Korean Journal of Ichthyology.* 16권 1호, pp. 100~106.
20. 이경수, 이정민, 최선영, 취원열, 1997, 토양염분농도가 배추의 초기생육과 잎 기능에 미치는 영향, 전북대학교 농대 논문집 제28편, pp. 25~32.
21. 박승조, 김정섭, 우성훈, 김희수, 2006, 음식물 쓰레기 처리에 있어 염분농도의 영향, *한국폐기물학회지* 23권 4호, pp. 273~277.
22. 남유경, 백정애, 장매희, 2007, 염분농도에 따른 나문재, 해홍나물, 통통마디의 생장반응, *한국토양비료학회지* 40권 5호, pp. 349~353.
23. 김진기, 최선영, 최경구, 1984, 간척지의 농업개발을 위한 종합연구 II, 염분농도가 수도 영양생장에 미치는 영향, 전북대학교 농대논문집, 제15집, pp. 7~11.
24. 최경구, 김재수, 장영남, 이종영, 1987, 수도의 생장반응에 미치는 염분농도의 영향, 전북대학교 농대논문집 제18편, pp. 1~13.

25. 최선화, 김호일, 안열, 장정렬, 오종민, 2004, 관개용수내 염분농도가 벼 생육 및 수량에 미치는 영향, Korean J. Limnol. 37권 2호, pp. 248~254.
26. 천상욱, 박종환, 2003, 염분에 대한 콩의 생리학적 반응지표 연구, 한국환경 농학회지 22권 3호, pp. 185~191.
27. 안태석, 서미애, 홍선희, 김동주, 오덕화, 박경미, 2000, 하수종말처리장에서 염분농도에 따른 세균군집과 *Zoogloea ramigera* 분포의 변화, 한국물환경 학회·대한상하수도학회·한국수도협회 공동 춘계학술발표회 논문집, pp. 393~396.
28. 서정범, 황창민, 2003, 활성슬러지 공법의 생분해성 및 침강성에 미치는 염분농도의 영향, Journal of Korean society on Water Quality, 19권 6호, pp. 741~749.
29. 최용범, 권재혁, 임재명, 2010, 해산물 가공폐수의 호기성 생분해도에 미치는 염분농도의 영향, 대한환경공학회지, pp. 256~263.
30. 최용범, 권재혁, 임재명, 2010, 해산물 가공폐수내 염분농도가 혐기성 최종 생분해도와 유기물 다중분해속도에 미치는 영향, 대한환경공학회지, pp. 1038~1045.
31. 박경애, 최지영, 2009, 중등 과학교과서에서 사용된 염분단위 분석 및 단위 개정을 위한 제안, Jour. Korean Earth Society, 30권 4호, pp. 513~526.

충청북도보건환경연구원보 제22권, 100~127, 2013

도내 주요 등산로 삼림욕 여건 조사

김용성, 신필식, 이진원, 유병열, 민윤희, 임종현

대기보전과

Survey on Forest Bath Conditions of Major Hiking Trails
in Chungcheongbuk-do

Y.S.Kim, P.S.Shin, J.W.Lee, B.Y.Yu, Y.H.Min, J.H.Lim

Air Quality Preservation Section

ABSTRACT

Phytoncide(monoterpene) exists in the forests. Plants emit phytoncide for life against the insect species and bacterium by oneself. Monoterpenes are major components of phytoncide which good for human health. For this reason many people visit the major hiking trails for forest bath. This study was conducted to investigate the distribution characteristics of phytoncide(monoterpene) in the four major hiking trails in Chungcheongbuk-do. So we'll provide the effective method of forest bath to people visiting major hiking trails in Chungcheongbuk-do.

The obtained results were as following.

1. The annual concentrations of Phytoncide are Sangdangsansung 372 pptv, Cheongnamdae 428 pptv, Worak Mt. 421 pptv, Sobaek Mt. 405 pptv.
2. The concentrations of major five volatile compounds such as, α -pinene, β -pinene, camphene, myrcene, limonene were measured from samples taken from four major hiking trails in Chungcheongbuk-do.
3. The variation of seasonal concentration is summer > spring > fall > winter. The Phytoncide(monoterpene) concentration of coniferous forest is higher than broad leaved forest. In case of diurnal variation, the highest Phytoncide concentration is approximately 12 noon.
4. Sangdangsansung major components ratio is α -pinene > camphene > β -pinene > myrcene. In Cheongnamdae, Worak Mt., Sobaek Mt. major components ratio is α -pinene > β -pinene > myrcene.
5. It is good time for forest bath with doing light exercise and mediation from 10 a.m. to 12 noon in terms of pleasantness and high Phytoncide(monoterpene) concentration.
6. When build up the new recreation forest, afforestation of coniferous forest is more benefit in aspect of terpene amounts. It is necessary to make the various concourses and resting places through coniferous forest in the established recreation forests. And development of programs such as aromatherapy and forest counseling is necessary.

I. 서 론

최근 들어 여가시간 및 소득 증가에 따른 삶의 질 향상, 고령화의 가속화, 만성 질환·성인병·우울증 증가, 도시화에 따른 스트레스 등의 영향으로 건강한 삶에 대한 욕구가 어느 때보다 강해지고 있다. 이제 “힐링”이라는 용어는 시대적 화두가 되었으며¹⁾, 이는 국민들의 건강한 삶에 대한 열망을 반증하는 것이기도 하다. 친환경적인 삶에 대한 국민의 관심이 높아지고 있으며, 이와 함께 오염되지 않은 자연환경을 만끽하고자 하는 요구가 지속적으로 증가하고 있지만 사람들의 중요한 생활 터전이 되었기에 도시를 떠나 자연으로 돌아가기란 쉽지 않다.

근래 주말이면 스트레스 해소, 건강증진 등 여가와 휴양을 위해 숲을 찾는 사람들이 눈에 띄게 많아졌음을 쉽게 알 수 있다. 가까운 산책로부터 시간과 경비를 마다 않고 도시와 멀리 떨어진 숲을 찾아 삼림욕을 즐기는 것이다.

도시인의 로망 가운데 하나인 삼림욕. 이 삼림욕을 “집에서 멀지 않은 근처에서”, 그리고 “공원이 아닌 진짜 숲 속에서”, 그것도 “사람이 봄비지 않은 곳에서”, 무엇보다 “숨차지 않은 편안한 오솔길에서” 호젓하고 상쾌하게 즐길 수 있는 쉬운 방법이 있을까? 이처럼 우리는 이를 숲을 찾고 있으며, 숲에는 특별한 무언가가 있다고 알고 있다. 몸과 마음이 편안해지고 상쾌해지는 나무에서 방출되는 피톤치드라는 물질로, 그 효과가 알려지면서 삼림욕을 통한 질병의 치료까지 기대를 갖게 하고 있는 것이다.

피톤치드(phytoncide)란 식물이 만들어 내는 성분으로 본래 나무가 곤충이나 미생물 등 외부로부터 자기방어, 생존의 수단으로 방출하여 섭식저해작용, 살충작용, 살균작용 등의 역할을 하는데 인간에게는 삼림욕뿐만 아니라 일상생활에 유용하게 활용되고 있는 물질이다.^{3,4)}

삼림욕이란 말도 1980년대 일본에서 처음으로 사용되고 각광 받았으나 실상

이미 오래전부터 사람들이 겪어왔던 경험적인 일이다. 제도적인 차원에서 독일과 일본이 체계적인 모습을 갖추고 있고 우리나라도 자연휴양림, 삼림욕장, 학교 숲 조성 등 관심과 정성을 들이고 있는 실정이다.⁴⁾

사회적 여건변화 속에서 힐링 자원으로서의 산림의 가치를 주목할 필요가 있으며, 우리나라는 OECD 국가들 중에서 4번째로 산림의 비중이 높은 국가이며, 전 국토의 64%를 차지하는 산림은 우리나라의 대표적인 힐링자원 이기도 하다.⁵⁾

따라서 본 연구에서는 산림율이 전국 4위인⁵⁾ 우리 충북에서도 산림자원을 적극 활용하고 개발할 시기에 도내 소재 많은 사람들이 찾는 명소 및 등산로에 대한 피톤치드 배출특성 조사 등을 통한 우리의 유용한 자산인 충북의 숲에서 몸에 이롭다고 알려진 피톤치드가 얼마나 발생이 되고 분포 특성은 어떤지를 조사함으로써 도내 산림의 효용 가치를 높여 이용객과 이용률이 증가하고, 아울러 이용자에게는 효과적인 삼림욕을 제시하여 숲을 더 많이 찾는 계기로 보다 건강한 삶을 가질 수 있기를 바라고자 본 조사연구 사업을 실시하게 되었다.

II. 이론적 고찰

1. 삼림욕(森林浴)

일반적으로 울창한 숲속에 들어가 나무들이 뿜어내는 향기(피톤치드)와 신선한 공기를 마음껏 호흡하거나 피부에 접촉시키면서 피로와 스트레스 각종 현대병에 지친 심신의 활력을 되찾고 건강을 새롭게 하는 자연건강법으로 숲에서 자연과 교감하며 휴식을 취하는 모든 행위를 삼림욕이라 말할 수 있으며,⁶⁾ 이제는 단순 휴양의 개념을 넘어 치유의 개념까지 확대되고 있는 실정이다.

이미 독일과 일본에서는 숲을 이용한 의료와 복지의 적용이 이루어지고 산림

요법, 산림의학에 관한 연구도 진행되어 왔다. 독일의 바트 브르스호펜 휴양지는 크나이프 요법의 발상지로 이곳에서의 산림산책은 의료보험을 이용한 삼림욕이다. 이곳에서는 3가지 산책코스로 기획하여 교외 숲에 관한 정보나 크나이프 요법 코스를 안내하는 산책, 호흡·순환기 계통 운동, 재활운동을 포함한 산책, 지방산림관리청 공무원의 안내에 따라 숲을 학습하는 산책으로 운영하고 있다.

일본에서는 산림활동이 단순한 휴양활동의 수준을 벗어나서 심신의 건강을 증진하고 질환을 치유하는 산림요법과 산림의학 등으로 발전하고 새로운 산림 휴양의 개념으로 산림테라피라는 용어를 사용하기 시작했다. 연구 사례와 내용을 Table 1에 정리해 보았다. 그러나 자연·산림테라피의 증거의학(EBM : Evidence Based Medicine)은 아직 발전 단계에 있어 앞으로의 가능성을 기대할 수 있다.⁶⁾

Table 1. Research cases of Forest bath⁷⁾

Researcher	Type of forest bath	Subjects	Results
우에하타 외 (1985)	삼림욕을 도입한 온천욕, 하이킹, 금연, 금주 등	남성 30명 경증 건강이상자 (고혈압, 당뇨병, 간기능장애, 비만 등)	·체중 감소 ·수축기 혈압 감소 ·총콜레스테롤 저하 ·γ-GPT 감소
오츠카 외 (1998)	삼림욕 + 걷기	당뇨병 환자 87명	·혈당치 저하
이마니시 외 (2003)	삼림욕을 도입한 온천욕, 걷기, 아로마테라피, 허브요법, 운동요법 등	29명	·자가평가 우울증 저하 ·특성불안, 상태불안 저하
시모무라 (2002)	삼림욕 + 걷기 (대조조건 : 삼림욕 없음 + 걷기)	일반성인 10명	·수축기 혈압 감소 ·코티솔 수치 낮음

2. 삼림욕(森林浴) 조건

삼림욕의 조건은 크게 물리화학적 환경인자, 감각적 인자, 사회심리적 인자로 구분할 수 있으며, 물리화학적 환경조건은 빛, 물, 공기, 기후, 지형 등 생명체에 영향을 미치는 비생물적 환경요소와 산소, 음이온, 테르펜 등과 같이 화학적 성분을 포함하는 화학적 요소를 통합한 것을 말한다.⁸⁾ 감각적 조건은 인체의 오감(五感)을 통한 감각적 경험을 일으키는 요소를 말하며, 사회 심리적 인자란 개인과 집단 사이의 관계에서 인간의 심리적 상태와 행동에 변화를 가져오는 요소를 말한다.

삼림욕의 개념적 정의에 있어 학자와 연구자들의 견해는 다양하지만, 산림환경을 활용하여 인간의 심신 건강 증진을 도모한다는 점에서 뚜렷한 공통점을 보인다. 산림청(2011)은 산림문화·휴양에 관한 법률에서 '산림치유란 향기, 경관 등 자연의 다양한 요소를 활용하여 인체의 면역력을 높이고 건강을 증진시키는 활동으로 정의하였다.

본 연구에서는 산림의 다양한 자연환경 요소 즉, 경관, 소리, 향기, 피톤치드, 음이온, 광선, 기후, 지형 등이 인간의 신체조직과 생리적·감각적·정신적으로 심신 건강을 증진시키는 숲속의 환경요소를 삼림욕 조건으로 하였다.

가. 경관

경관은 산림치유의 중요한 조건 중 하나로 맑고 푸른 숲의 전경을 바라보는 것만으로도 심신의 안정에 주는 효과는 매우 큰 것으로 알려져 있다.

나. 소리

물소리와 새소리, 바람에 흔들리는 나뭇잎 소리 등 산림 안에서 만들어지는 자연의 소리는 전화, 자동차, TV 등 도시의 소리에 흥분된 신경을 안정시킵니다.

다. 향기(테르펜)

테르펜 향, 꽃향기, 흙 내음, 이끼 향 등 상쾌하고 향기로운 자연의 냄새는

후각을 자극하여 기분을 쇄신시키고, 감각신경에 긍정적인 자극을 준다.

라. 음이온

음이온은 공기중에 떠다니는マイ너스 전하를 띤 초미립자를 말하며, 효능은 독성을 중화시키며 스트레스 해소에 도움을 주고, 숲속, 폭포, 바닷가, 계곡 주변에서 많이 발생하는 것으로 알려졌다.

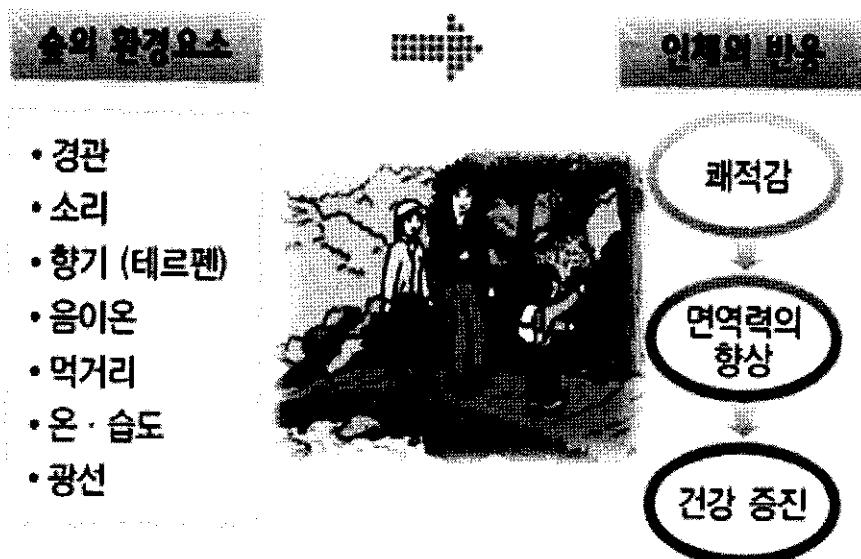


Fig. 1. Conditions of Forest bath⁶⁾

3. 피톤치드(Phytoncide)

삼림욕의 대표적인 요건인 피톤치드는 '식물'을 의미하는 '피톤(Phyton)'과 다른 생물을 죽이는 '살해자'라는 뜻의 '치드(Cide)'가 합성된 것으로 어떤 특정한 화학성분을 지칭하는 것이 아니라 식물이 스스로를 방어하기 위해 생산하여 발산하는 정유(精油)를 포함한 피톤치드 물질과 살균성질을 가진 모든 화합물을 총칭하는 표현이다.⁹⁾

피톤치드의 주요 구성물질은 피톤치드라고 하는 유기화합물이며, 피톤치드는 일반식(C_5H_8)_n을 갖는 탄수화물 및 이들의 알코올, 알데히드, 케톤 등 유도체의 총칭이다. 식물은 뿌리로부터 흡수한 물과 대기 중의 이산화탄소를 원료로 하고, 태양의 빛에너지를 사용하여 광합성 작용을 한다. 그 부산물이 글루코스이며 피톤치드 합성의 출발물질이다. 식물의 꽃, 잎, 가지나 줄기 등에서 액체로 추출되는 것을 정유(精油, essential oil)라고 하는데 정유 함량이 많을수록 피톤치드의 방출량이 많아진다.

피톤치드의 성분은 주로 terpene으로 그 작용기에 따라 alcohol, aldehyde, ketone, ether, ester, acid, oxide 등으로 나눌 수 있고,²⁾ 분자식은 (C_5H_8)_n으로 isoprene의 단위 구조를 몇개 가지고 있느냐에 따라 Table 2와 같이 구분할 수 있다.

예전 n=2인 것, 즉 $C_{10}N_{16}$ 의 조성을 갖는 화합물만을 피톤치드라고 하였으나, 현재는 이것을 모노피톤치드(monoterpene, $C_{10}N_{16}$: 이하 피톤치드)이라고 한다. terpene 중 대표적인 물질이 n=2의 monoterpene으로 이번 조사항목 10종류의 특성을 Table 3에 나타내었다.

이들 물질은 이성질체로서 그 구조가 달라 각각의 물질 특성은 조금씩 다르지만 다양한 생리활성을 가지고 있어 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키고, 진정효과를 지닌다. 또한 우리 몸의 면역력을 높여 주고, 마음을 안정시켜 스트레스를 낫춰 주는 역할을 한다. 환경적 측면에서 보면 isoprene과 같이 O_3 , OH radical, nitrate radical과의 반응성이 매우 높고 lifetime이 짧아 대기 중에서 빠르게 광화학 반응이 이루어지고 비도시 지역의 산성 침적에 기여하는 유기산의 생성에 기여 할 뿐 아니라 오존의 농도를 높일 수 있는 것으로 알려져 있다.

terpene의 배출 영향인자로 기상조건에 따라 많이 달라지는데 빛과 온도가 가장 영향력이 크고 중요하다고 알려져 있다.

Table 2. Classification of terpene compounds

Classification	isoprene No. (n)	Formula
hemiterpene	1	C ₅ H ₈
monoterpenes	2	C ₁₀ H ₁₆
sesquiterpenes	3	C ₁₅ H ₂₄
diterpenes	4	C ₂₀ H ₃₂
polyterpenes	>10	>10(C ₅ H ₈) _n

Table 3. Chemical characteristic of monoterpenes

components	boiling point (°C)	melting point (°C)	density
α-pinene	155~156	-62.0	0.858
camphene	159	51~52	0.910
sabinene	163~164		0.844
β-pinene	164~165	-61.0	0.865
myrcene	165		0.794
α-phellandrene	171~172	125~126	0.846
δ3-carene	168~169		0.867
α-terpinene	173.5~174.8	60~61	0.838
d-limonene	175~176	-95.2	0.840
γ-terpinene	183		0.853

4. 산림환경 서비스의 수요변화

최근들어 산림에 대한 국민의 관심이 높아지며 자연환경을 만끽하고자 하는 요구가 지속적으로 증가하고 산림서비스에 대한 수요는 양적인 증가와 함께 치유, 휴양, 교육, 체험, 레포츠 등 다양한 형태로 변화하고 있고, 산림이 가치는 공익적 기능이 다양한 산림서비스 제공으로 이루어져야 한다.

우리나라 산림의 공익적 가치는 조사에 의하면 109조원 정도로 파악되는데, 이는 GDP의 10%수준으로 국민 1인당 연간 약 216만원의 산림복지 혜택이 돌아가는 것으로 이 중 산림휴양, 산림치유, 산림경관(조망) 등은 28.9% 정도로 큰 비중을 차지하고 있으며 꾸준히 증가세를 보이고 있는 것으로 조사되었다.⁸⁾

2012년 조사에 의하면 산림에 대한 국민의식조사에 따르면, 국민들이 산을 방문하는 이유는 '심신의 기분전환과 여유를 즐기기 위해(32.8%)', '등산·스키 등 스포츠 활동(31.6%)', '아름다운 경관을 즐기기 위해(20.9%)' 순으로 나타났다.

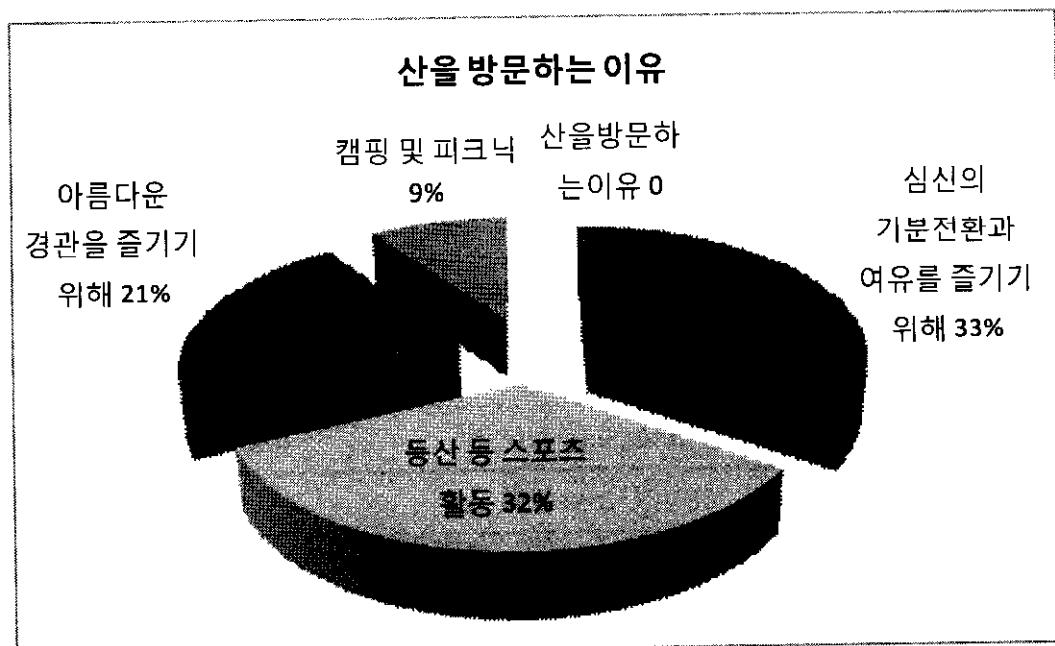


Fig. 2. Research of visit a mountain⁸⁾

III. 조사내용 및 방법

1. 조사내용

가. 조사대상 및 기간

조사대상으로 도내 이용객이 많은 등산로 및 명소 중 많은 시민들이 산책 및 등산을 위해 찾는 청주시 상당산성, 청원군 청남대, 제천시 월악산, 단양군 소백산 4개 지역을 선정 하였으며, 각 지역별 채취지점은 실제로 많은 사람들이 이용하는 산책로, 등산로, 야영장에서 채취하였다.

상당산성은 청주시 근교에 있는 둘레가 4 km가 넘는 산성으로 많은 시민들이 피크닉, 산책 및 등산을 위해 찾는 지역으로 산성 남문광장과 산성길 숲속 쉼터를 선정하였다. 청남대는 대통령 별장으로 사용되었던 곳으로 대청댐으로 둘러 싸여 주변 경관이 수려하고 조경을 잘 조성하여 아름다운 곳으로 산책로인 대통령길 2곳을 선정하였고, 월악산은 제천호반이 휘감고 있는 곳으로 주봉은 영봉이며, 채취지점은 만수계곡 자연관찰로와 만수봉 등산로를 선정하였고, 소백산은 한반도 온대 중부의 대표적인 식생을 갖는 지역으로 낙엽활엽수가 주종을 이루고 있으며 천동계곡 등산로와 남천야영장을 선정하였다.

조사기간은 2013년 1월부터 12월까지 1년 동안 계절별로 5월, 8월, 10월, 12월에 4회 조사하였다.

Table 4. Main at each sampling site

Site	Sampling site 1	Sampling site 2
Sangdangsansung	산성길 소나무숲 쉼터	산성남문 잔디밭광장
Cheongnamdae	대통령길(산책로)	대통령길(산책로)
Worak Mt.	등산로	만수계곡 자연관찰로
Sobaek Mt.	등산로	남천 야영장



Fig. 3. Sampling site in Chungcheongbuk-do

나. 시료채취 방법

Tenax TA(150mg)와 Carbopack B(130 mg)이 충진된 흡착관을 사용하였고 Personal mini pump(SIBATA, MP-Σ30)를 사용하여 100 mL/분의 유량으로 50분 동안 총 5 L를 Tenax Tube에 흡인시킨 후 관의 양쪽을 밀봉하여 저온 저장후 실험실로 운반하여 최대한 빠른 시일 내에 분석하였다.

등산이나 산책을 하는 낮시간대 연속적으로 시료채취를 하였으며, 1일 2시간 간격으로 2지점에서 시료를 채취하였다. 또한 국립공원 및 명소의 산책로와 등산로를 중심으로 시료채취 높이는 삼림욕을 즐기는 사람의 키 높이를 고려하여 지상 1.5 m에 샘플러를 설치하여 채취하였다.



Fig. 4. Apparatus of Sampling extraction(Sangdangsansung, Cheongnamdae)

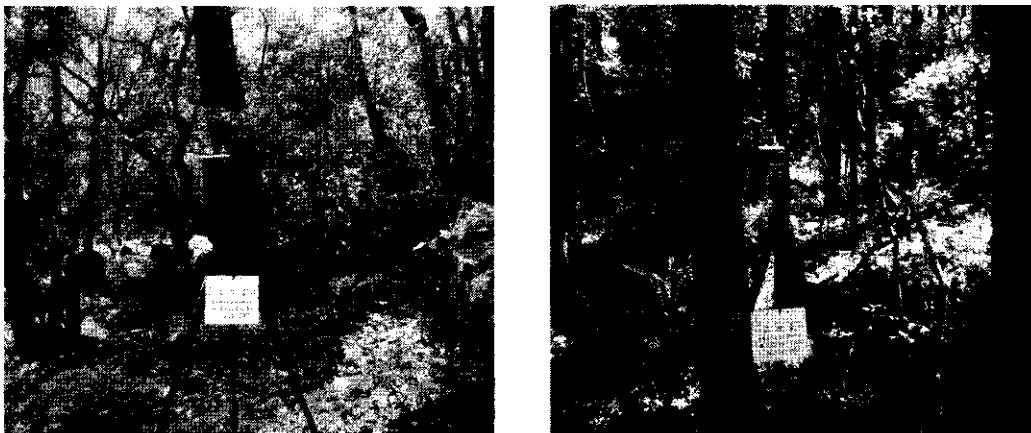


Fig. 5. Apparatus of Sampling extraction(Worak Mt., Sobaek Mt.)

2. 조사방법

가. 분석항목

피톤치드의 주성분인 테르펜류(모노테르펜) 중에서 배출되는 양이 충분하고 일반적인 측정방법으로 측정이 가능한 물질로 α -pinene, camphene, β -pinene, myrcene, α -phellandrene, δ -carene, α -terpinene, limonene, γ -terpinene, sabinene 10종을 선택하여 분석하였다.

나. 분석방법

수목으로부터 방출되어 숲속 공기중에 확산되어 있는 테르텐 성분을 포집하기 위하여 고체 흡착관을 이용하였고, 흡착관은 시료채취 전 Tenax Tube를 Tube Conditioner TC-20(MARKES 社)으로 280 °C에서 4시간 동안 질소로 폐지 시켜 초기 컨디셔닝 후 Blank test한 다음 시료를 채취하였으며, 채취된 시료는 냉암소에 보관하여 실험실로 운반 즉시 분석을 하였다.

채취된 시료중의 테르텐류를 분석하기 위한 주요 분석 장비는 열탈착 자동 시료 주입장치(Ulitra TD Autosampler, Markes)와 가스크로마토그래피/질량 분석기(GC/MSD)로 구성된 장비로 분석하였다.

모노페톤치드 표준품은 Fluka, Aldrich, supelco(95% 이상) 제품으로 메탄올로 희석하여 혼합 표준용액을 조제하고 단계적으로 취하여 검량선을 작성하였다.
($r^2 : 0.95 \sim 0.99$)

분석 조건은 다음과 같다.

- 분석기기 : MARKS TD, Agilent 6890N GC
- 검출기 : Agilent 5975 MSD
- 저온농축조건

Cold Trap : MARKS U-T3ATX

농축 : -10°C, 탈착 : 250°C

- GC 분석조건

Column : DB-5ms, 60m x 0.25mm x 0.25 μ m FT

Column 유속 : 1.0mL/분

Oven 온도 : 50°C → 5°C/분, 100°C(15분) → 200°C(1분)

MS 온도 : Quad. 150°C, Ion source 230°C, Transfer line : 280°C

EI mode, 40~250 amu

IV. 결과 및 고찰

1. 지역별 피톤치드 농도

지역별 피톤치드 연평균 농도는 청주 상당산성이 372 pptv, 청남대 428 pptv, 월악산 421 pptv, 소백산 405 pptv의 농도가 나타났다.(Fig. 6) 가장 많은 피톤치드의 농도가 검출된 청남대는 주변의 침엽수류등 수목이 수십년간 울창하게 유지되고 있고 청남대 내부의 조경도 침엽수류를 비롯한 다양한 종류의 수목이 조성되어 관리되고 있으며, 지리적으로도 주변이 댐청댐 호소로 둘러싸여 있어서 오염원인 도시 및 도로로 부터 차단된 청정지역 때문인 것으로 판단된다.

월악산 및 소백산은 국립공원으로 자연상태의 생태환경과 활엽수 등 혼유림 수목이 울창하며 등산로를 따라 옮 뿐 들어간 계곡에 많은 계곡수가 흐르는 지형적인²³⁾ 조건 지역으로 높게 나타난 것으로 판단된다.

도심에서 가장 가까이 위치한 상당산성도 침엽수인 소나무류가 많이 조성되어 있어서 자연휴양림 수준의(172~964 pptv)^{3,4,5,22)} 비교적 많은 농도가 나타난 것으로 판단된다.

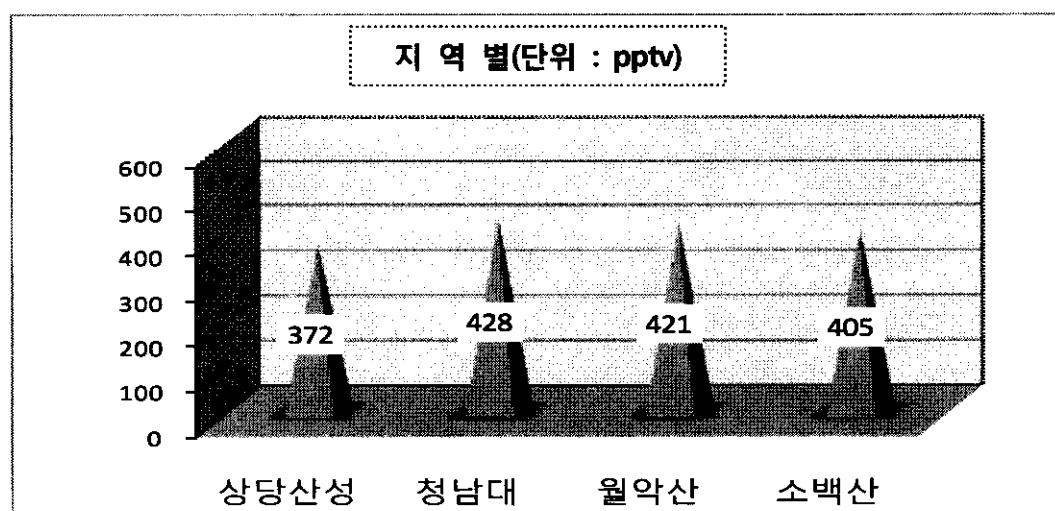


Fig. 6. Average concentration of phytoncide in each sampling site

2. 피톤치드의 항목별 농도 분포

각 지역 대한 피톤치드의 구성 물질별 배출특성과 구성비의 차이를 알아보기 위해 피톤치드의 10항목을 분석한 결과 전지역 모두 α -pinene, β -pinene, myrcene, camphene 4항목이 전체 피톤치드의 대부분을 차지하였으며, 상당산성과 청남대에서는 α -pinene, β -pinene, camphene, myrcene 피톤치드의 배출 구성비가 유사한 것으로 나타났는데 이는 두지역 채취지점에서 수목 구성이 침엽수류인 소나무의 구성 비중이 높은 때문으로 판단되며, 특히 상당산성에서 camphene 성분의 비중이 높은 이유는 산성남문 광장의 채취지점에 침엽수류가 조림 및 숲가꾸기로 많이 있기 때문으로 판단된다.

그리고 모든 수목이 자연적으로 흔재되어 있는 국립공원인 월악산과 소백산의 경우는 α -pinene의 비중이 50% 이상 차지한 것으로 나타나 두지역에서 배출되는 구성비가 유사한 것으로, 월악산과 소백산 지역에서 α -pinene 비중이 상당 산성과 청남대 보다 상대적으로 높은 이유는 국립공원 지역인 관계로 모든 생태 환경이 인위적인 숲가꾸기나 간벌 없이 자연적으로 조성된 다양한 활엽수류의 수종이 많이 분포되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

각 지역별로 피톤치드 각각 성분의 구성비를 살펴보면(Fig. 6) 상당산성은 α -pinene(44%) > camphene(18%) > β -pinene(15%) > myrcene(14%) > limonene(3%) 순으로 높게 나타났으며, 청남대 α -pinene(43%) > β -pinene (16%) > myrcene(13%) > camphene(12%) > limonene(6%) 순이었다.

또한 월악산은 α -pinene(52%) > β -pinene(12%) > myrcene(9%) > camphene(8%) > limonene(6%), 소백산 α -pinene(52%) > β -pinene(14%) > myrcene(11%) > camphene(6%) > limonene(5%) 순으로 나타났다.

기타 α -phellandrene, δ ₃-carene, α -terpinene, γ -terpinene 등도 구성비가 미량으로 배출 되었으며, 편백나무, 삼나무 등에서 많이 배출되는 sabinene 성분은³⁾ 전지역 모두에서 거의 불검출 된 것으로 나타났다.

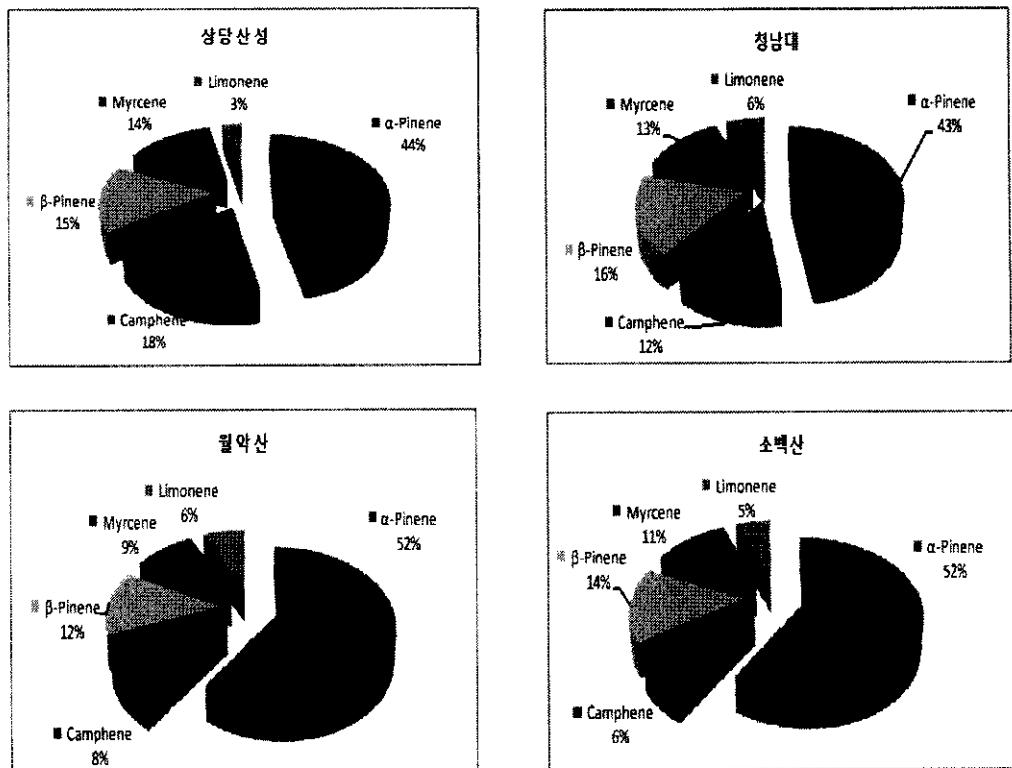


Fig. 7. Average component ratio of phytoncide in each sampling site

3. 계절별 피톤치드 농도

계절별 피톤치드의 농도 분포는 전지역에서 여름 > 봄 > 가을 > 겨울의 순으로 높게 나타났으며(Fig. 7) 계절별 농도를 나타낸 Table 5를 보면 여름철 국립공원인 제천 월악산에서 758 pptv로 가장 높게 나타났으며, 그리고 소백산 742 pptv, 청남대 731 pptv, 상당산성 598 pptv 순으로 나타났고, 수목의 광합성 활동이 왕성하고, 기온이 높은 여름철이 가장 높게 나타났다.

도심에서 가장 가까이 위치한 상당산성의 경우, 채취지점 주변 수목종 소나무류 구성비는 높으나 상대적으로 다른 3개 지역보다 울창하고 다양한 수목이 부족하기 때문에 봄과 여름철에 농도가 적게 나타난 것으로 판단된다.

Table 5. Seasonal concentration of phytoncide in each sampling site

(unit : pptv)

Site	Spring	Summer	Fall	Winter
Sangdangsansung	453	598	252	185
Cheongnamdae	530	731	276	174
Worak Mt.	527	758	237	161
Sobaek Mt.	501	742	218	159

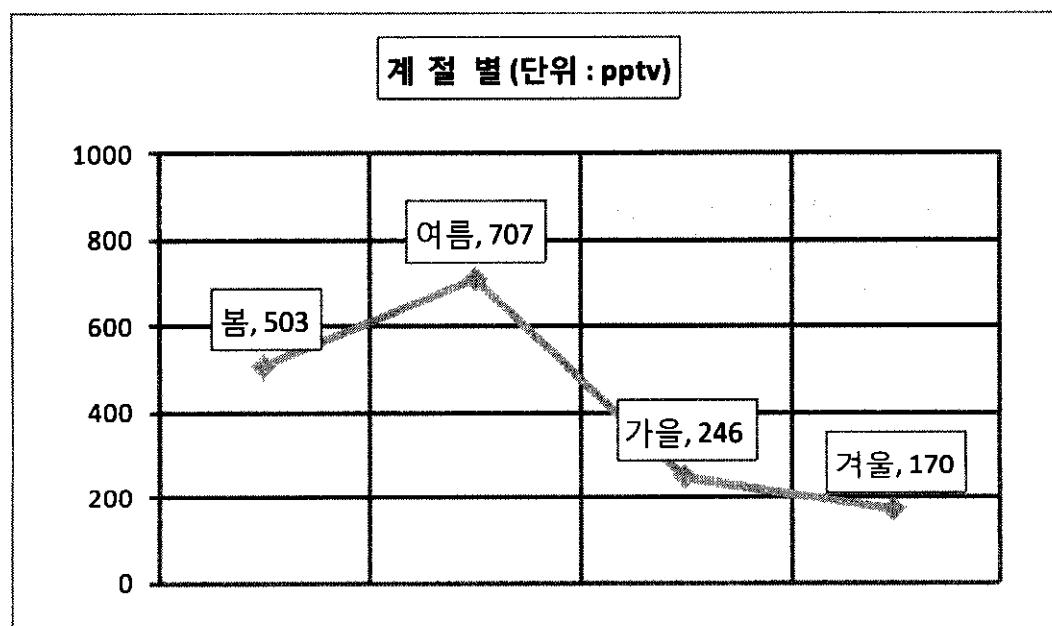


Fig. 8. Seasonal concentration of phytoncide in each sampling site

가장 높은 측정농도를 나타낸 여름철 측정값을 기준으로 했을 때, 봄철에서 여름철으로의 증가폭보다 여름철에서 가을철로의 감소량이 전지역 모두 많았다. 특히 소백산(70.6%)과 월악산(68.7%)(Table 6)에서 감소폭이 상대적으로 더 높았는데 이는 온도가 낮아지면서 식물생장 활동이 위축되고 활엽수류의 비중이

높은 소백산과 월악산의 경우 가을철에 낙엽이 지면서 배출원이 급격히 감소하기 때문인 것으로 판단되며, 침엽수류의 구성비가 상대적으로 높은 청남대와 상당산성은 계절적인 피톤치드의 감소폭이 적은 것으로 나타났다.

Table 6. Increasing and decreasing ratio of phytoncide concentration
with the turning of the season (unit : %)

Recreation forests	Spring → Summer (Increasing ratio. %)	Summer → Fall (decreasing ratio. %)
Sangdangsansung	32.0	57.9
Cheongnamdae	37.9	62.2
Worak Mt.	43.8	68.7
Sobaek Mt.	48.1	70.6

4. 시간대별 피톤치드 농도 변화

하루종 시간대별 피톤치드 농도 변화를 파악하기 위해 여름철 월악산 만수계곡 자연관찰로에서 아침부터 저녁까지 2시간 간격으로 시료를 채취하여 조사한 결과 낮 12시경 정도에 피톤치드의 농도가 가장 높게 측정되었으며 정오를 지나면서 오후시간에는 급격히 감소되었으며, 오후 4시경부터 저녁 무렵인 6시경 까지는 피톤치드의 농도가 소폭 증가세를 보였다.

낮 12시경에 가장 높은 이유는 피톤치드의 발생 요인 중 기온의 영향을 많이 받기 때문으로 판단되며, 아침에 높은 것은 기온은 낮지만 대기가 정체되어 피톤치드가 밤부터 계속 농축되어 대기중으로 확산이 안되기 때문이다.

따라서 본조사 결과로 볼때 피톤치드를 대상으로 한 효과적인 삼림욕 시간대는 오전 10시~12시경으로 판단되며, 도심이나 오염원이 가까이 위치한 지역의 이른 아침 시간대에는 대기오염물질이 확산되지 않고 정체되어 있기 때문에 피하는 것이 좋을 것으로 판단된다.

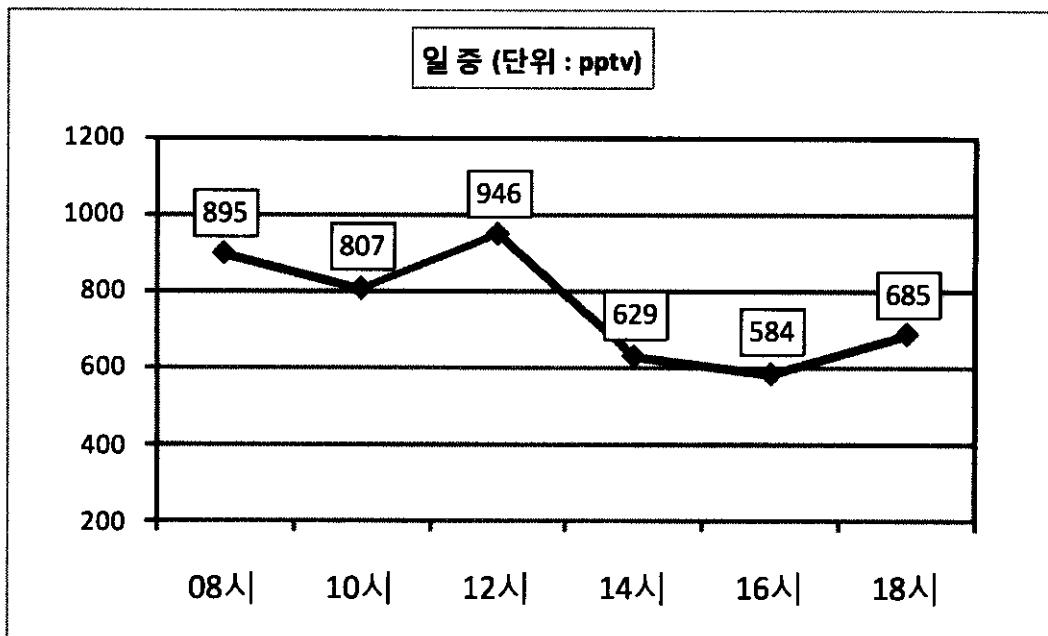


Fig. 9. Diurnal variation of average phytoncide concentration

5. 산 고도별(높이별) 농도 변화

산 높이에 따른 피톤치드의 농도 변화를 파악하기 위해 월악산 국립공원의 입구 부근에 있는 만수계곡 자연관찰로의 산아래쪽 지점과 산정상에 있는 만수봉(983 m)으로 가는 등산로의 상단부근(고도 700 m정도)에서 시료를 채취하여 비교 분석한 결과 산정상 부근의 피톤치드 농도가 산아래 지점보다 25%정도 적게 나타났는데 이는 정상부근의 수목 조밀도와 다양성이 하단부에 비하여 적고 그리고 산아래쪽 채취지역은 계곡수가 흐르는 곳으로 지형적으로 움푹 들어간 조건과 상대적으로 정상부근보다 바람이 약하게 불기 때문이다.

실제로 시료채취시 풍속, 기온, 상대습도를 측정한 결과 산아래 지역이 계곡 수로 인해 기온은 3~5 °C 정도 낮고, 상대습도는 10~20% 정도 높게 측정되어 기상학적인 요인도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

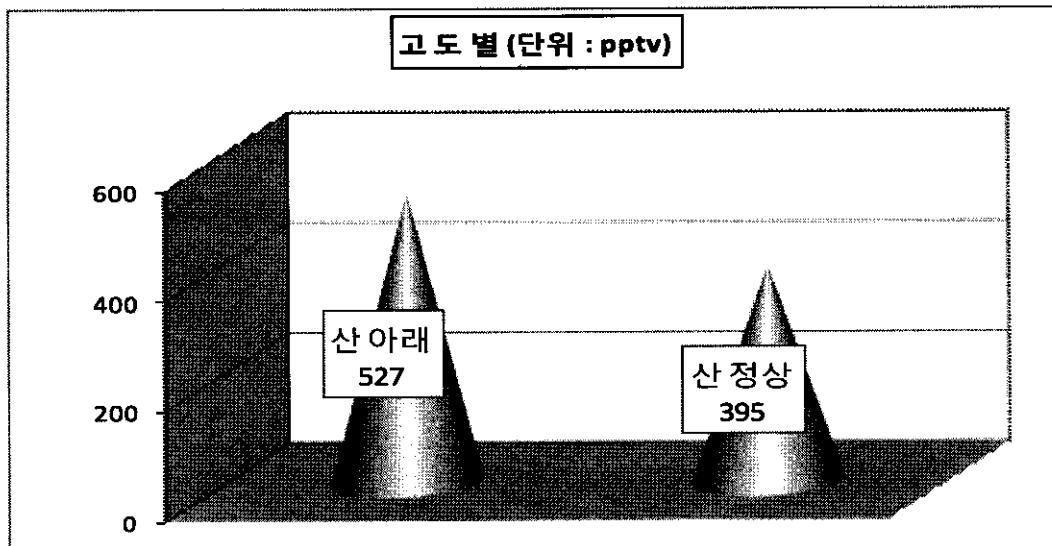


Fig. 10. Altitude a mountain variation of average phytoncide concentration

6. 소리(자연의 소리)

물소리와 새소리, 바람에 흔들리는 나뭇잎 소리 등 숲속에서 만들어 지는 자연의 소리는 맑고 조화로우며 인위적이지 않아서 사람의 마음을 편안하게 해주고 심신을 안정시킨다. 또한 숙면과 불면증 해소 뿐만 아니라 명상과 치유에 좋은 것으로 알려져 있어 자연의 소리를 측정하였다.

월악산과 소백산은 관찰로 및 등산로 주변에 계곡물이 흐르고 또한 국립공원 지역으로 생태계가 잘 보전되어 있어 새소리등 다양한 자연의 소리가 연 평균 47 dB(A), 52 dB(A)로 높게 측정 되었으며, 특히 봄철과 여름철에 수량이 많은 계곡수의 영향으로 소리의 크기가 높게 측정되었다.

상대적으로 상당산성과 청남대는 연 평균 40 dB(A), 42 dB(A)로 나타나 계절별 변동 없이 정온한 상태로 일정한 크기로 측정되었다.

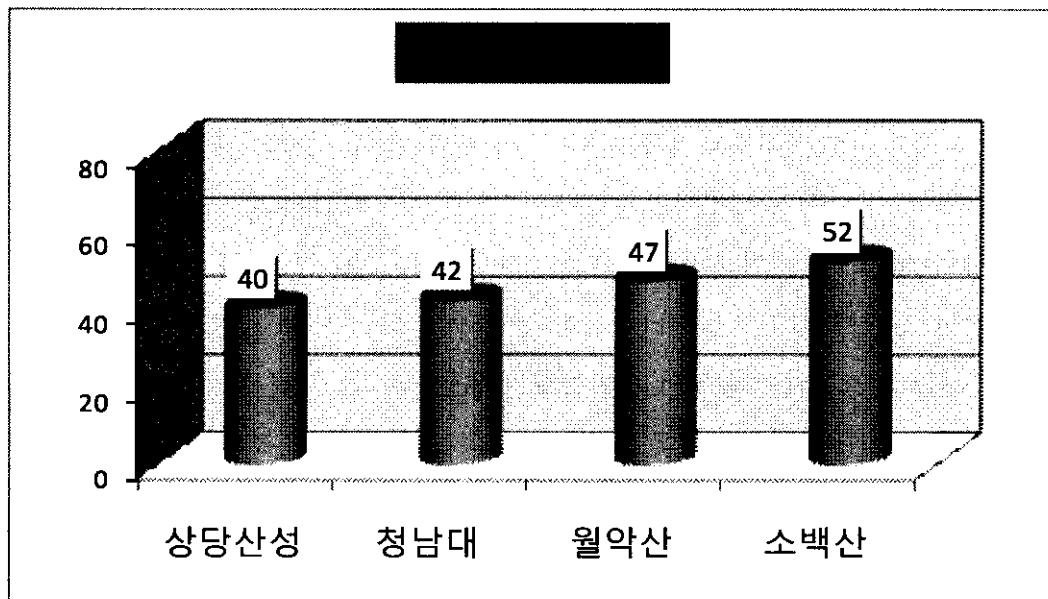


Fig. 11. Volume of sound in each sampling site

7. 효과적인 삼림욕 및 숲의 활용

이번 조사를 통해 침엽수든 활엽수든 정도의 차이는 있지만 도내 주요 산책로 및 등산로 주변 숲에서 피톤치드가 많이 발생되는 것으로 나타났으며, 숲의 환경요소인 향기(테르펜)등 모든 요소를 수치상으로 측정할 수는 없지만 삼림욕 조건이 조사지역 모두 양호한 지역인 것으로 나타났으며, 특히 청남대, 월악산, 소백산 지역은 호소와 계곡이 있어 피톤치드 뿐만 아니라 음이온 발생도 최상의 여건을²¹⁾ 가지고 있는 곳으로 판단되다.

이제는 산림휴양뿐 아니라 산림치유의 욕구도 높아지는 만큼 산림대체요법의 준비가 요구된다. 풍부한 산림 인프라와 계곡이 많은 충북에 유리한 점이라고 본다.

숲은 주위에 가까이 있고, 누구나 언제든지 숲을 찾아 삼림욕을 즐기면 되는데 조금만 더 관심과 정성을 쏟는다면 효과적으로 삼림욕을 즐길 수 있으므로 문헌조사 및 본 조사를 바탕으로 올바른 삼림욕 방법과 활성화 방안을 제시하고자 한다.

가. 효과적인 삼림욕 방법

피톤치드의 발생은 기존의 문현 조사와 본 조사에서 밝혀진 대로 침엽수류에서 많이 발생하는 것으로 나타났다. 침엽수가 많이 조성된 숲에서 삼림욕을 즐기는 것이 유효하며, 계절별로는 기온이 높아 피톤치드 성분들이 다른 계절에 비해 많이 배출 되는 여름철이 좋으며, 하루중에는 10~12시경 대기순환 활동이 활발한 시간에 삼림욕을 하는 것이 좋으며 아침 새벽에는 피톤치드 농도는 높아도 대기의 흐름이 정체되어 오염물질이 많을 수 있으므로 피하는 것이 좋다.

숲이 깊을수록 공기 중의 오염물질은 적고 피톤치드의 농도는 높기 때문에 숲의 가장자리에서 100 m이상 들어가야만 숲속의 피톤치드(테르텐), 음이온을 효과적으로 향유할 수 있게 된다.

나. 숲의 조성

침엽수류에서 피톤치드가 많이 발생하므로 새로이 조성할 숲은 상록침엽수로 조림하여 후손들에게 혜택을 받을 수 있도록 고려해야 할 것이며, 기존 숲길 조성시에는 상록침엽수가 많이 밀집되어 있는 지점을 고려하여 둘레길과 같은 다양한 산책로나 등산로를 조성하고 이용객들이 중간에 휴식할 수 있는 쉼터 공간을 확보하면 효과적일 것이다.

다. 프로그램의 개발

특별히 삼림욕을 즐기는데 전문성을 요하지는 않으나 다양한 산책로나 등산로를 갖추고 숲 해설가나 전문가들과 함께 하는 프로그램의 개발도 필요하다고 본다. 숲에 대한 학습과 해설도 해당될 수 있으며, 산책 중 함께하는 호흡 체조, 명상법에 관한 것들도 해당된다. 단순히 스트레스를 풀거나 좋은 공기를 마실수 있는 수준이 아니라 아토피 등 질병치료 관련 숲치유 프로그램을 활성화하여 숲이 주는 힐링효과 활성화도 좋은 사례가 될 것이며, 심리적 불안 요소들에 대한 상담과 삼림욕을 통한 해소 등 숲 카운슬링 프로그램도 유용할 것이다.

V. 결 론

충북의 주요 등산로 및 명소 4개 지역에 대한 삼림욕 여건에 대한 조사를 수행하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 피톤치드의 연평균 농도는 청원군 청남대 428 pptv > 제천시 월악산 421 pptv > 단양군 소백산 405 pptv > 청주시 상당산성 372 pptv 순으로 높게 나타났다.
2. 계절별 피톤치드의 농도는 여름 > 봄 > 가을 > 겨울 순으로 높게 나타났으며, 하루종 낮동안 피톤치드의 농도는 12시경에 가장 높게 나타났고, 산 높이별 농도는 산정상 지역보다 산아래 지역에서 더 많이 검출되었다.
3. 도심 근거리에 위치하며 침엽수류가 많은 청남대, 상당산성도 자연휴양림 수준의 높은 농도의 피톤치드가 나타났으며, 다양한 수목등이 식생하는 월악산, 소백산에서 가을, 겨울로 갈수록 피톤치드의 발생 감소폭이 높았다.
4. 피톤치드의 성분별 구성비는 α -pinene, β -pinene, myrcene, camphene, limonene 5항목이 대부분 이었으며, 4개 지역 모두에서 α -pinene 성분이 가장 많이 검출되었고, 상당산성, 청남대 그리고 월악산, 소백산 지역이 각각 피톤치드 구성 성분이 유사하게 나타났다.
5. 효과적인 삼림욕은 피톤치드 농도가 높게 나타난 봄과 여름철 오전 10~12시경이 삼림욕을 하기에 적당하며, 숲 주변에 계곡수 및 호소가 있는 지역으로 수목이 울창한 산높이 까지가 적당하며, 도심에서 가까운 지역의 이른 아침에는 대기오염물질이 많이 정체되어 있을 수 있기 때문에 삼림욕을 피하는 것이 좋다.

6. 숲에 대한 휴양과 치유에 대한 욕구가 높아지는 만큼 새로이 조성하는 숲은 삼림욕 차원에서 피톤치드 배출량이 많은 상록침엽수로 조림하고 기존의 숲길 조성은 상록침엽수가 밀집한 지역을 고려하여 다양한 둘레길 및 산책로와 휴식 공간을 조성하며, 숲치유를 특성화하여 프로그램 개발도 고려 해야 할 것으로 판단된다.

VI. 참고문헌

1. 김은란. “힐링시대, 산림복지에 대한 인식과 수요.” 2013
2. 박덕규 외 5. “도내 자연휴양림 피톤치드 분포 특성.” 충청북도보건환경연구원보 제19권. pp89~94. 2010
3. 공남식 외 4. “자연휴양림 피톤치드 발생특성 연구.” 경상남도보건환경연구원보 제19권. pp158. 2009
4. 박근영 외 10. “강원지역 산림자원의 가치증진을 위한 대기질 조사.” 강원도보건환경연구원보 제22권. pp115. 2011
5. 산림청. 임업통계연보. 2010
6. 산림청 홈페이지 “숲에 on 사이트”
7. 이연희. “치유의 숲 산림관리 기법에 관한 연구.” 국민대학교 박사학위논문 2011.
8. 모리모토 가네히사 외. 산림치유. 전나무숲. 2009
9. 김형철 외 7. “절물 자연휴양림 대기중 피톤치드 분포 특성연구.” 제주특별자치도보건환경연구원보 제22권. pp132. 2011
10. 오길영 외. “전남 유명산의 피톤치드 분포.” 전남보건환경연구원보. 2009
11. 석현덕, 안선진. “국민행복을 위한 산림환경서비스의 정책 방향.” 한국농촌경제연구원. 제63호. pp3~4. 2013
12. 양재경 외 5. “침엽수 잎으로부터 효율적인 정유 추출법 탐색 및 정유성분 분석.” 한국생물공학회지 17(4). pp357~364. 2002
13. 이혜영. “제주도 산림 대기 내 monoterpenes의 분포 특성.” 제주대학교 석사학위논문. 2007
14. 김대준. “제주지역 대기 중 오존 농도의 시공간적 분포 특성.” 제주대학교 석사학위논문. 2003

15. 우예하라 이와오. 내 몸을 치유하는 숲. 넥서스BOOKS. 2006
16. 김조천 외 5. “침엽수로부터 발생되는 방향성 피톤치드의 배출속도 비교” 한국대기환경학회지 20(2). 2003
17. 지동영 외 2. “소나무와 잣나무에서 배출되는 주요 피톤치드의 배출특성에 관한 비교 연구.” 한국대기환경학회지 18(6). 2002
18. 강하영 외. “수엽 정유함량에 미치는 생물·화학적 자극제 처리효과.” 한국 식품과학회지 34(1). 2002
19. 강하영. 피톤치드의 비밀. 역사넷. 2003
20. 야다가이 미쥬이오시. 피톤치드란?. 강원대학교출판부. 2007
21. 김익산. 전남 유명계곡의 음이온 분포. 대기분야 공동연구 워크숍. 2013.
22. 서울 북한산 등 11곳 삼림욕장 수준 피톤치드 발생. 서울시보건환경연구원 보도자료. 2011.
23. 박범진. 내 몸이 좋아하는 삼림욕. 넥서스BOOKS. 2006.
24. Rinne, H.J.I., Guenther, A.B., Greenberg, J.P. and Harley, P.C. “Isoprene and monoterpene fluxes measured above amazonian rainforest and their dependence on light and temperature.” Atmospheric Environment 36. 2002
25. Lerdau, M., Guenther, A. and Monson, R. “Plant production and emission of volatile organic compounds .” Bioscience 47(6). 1997
26. Hakola, H., Laurila, T., Rinne, H.J.I. and Puhto, K. “The ambient concentrations of biogenic hydrocarbons at a northern European, boreal site. Atmospheric Environment 34. 2002
27. Hsieh, C.C., Chang, K.H. and Wang, L.T. “Ambient concentrations of biogenic volatile organic compounds in South Taiwan.” Chemosphere 39(5). 1999

28. Yatagai, M., Ohira, M., Ohira, T., Nagai, S. "Seasonal variations of terpene emission from tree and influence of temperature, light and contact stimulation on terpene emission." *Chemosphere* 30(6). 1995
29. Hakola, H., Tarvainen, V., Laurila, T., Hiltunen, V., Hellen, H., and Keronene, P. "Seasonal variations of VOC concentration above a boreal coniferous forest." *Atmospheric Environment* 37(12). 2003
30. Kim, J. C. "Factors controlling natural VOC emissions in a southeastern US pine forest." *Atmospheric Environment* 35.
31. Kesselmeier, J., Kuhn, U., Wolf, A., Andreae, M. O., Ciccioli, P., Brancaleoni, E., Frattoni, M., Guenther, A., Greenberg, J., De Castro Vasconcellos, P., Telles de Oliva, Tavares, T., Artaxo, P. "Atmospheric volatile organic compounds (VOC) at a remote tropical forest site in central Amazonia." *Atmospheric Environment* 34. 2000

충청북도보건환경연구원보 제22권, 128~154, 2013

도내 공공수영장의 효율적인 관리방안 연구

송영상, 이재호, 류권걸, 김명희, 심재순
산업폐수과

A Research on the management of the public swimming pools

Y.S.Song, J.H.Lee, K.K.Ryu, M.H.Kim, J.S.Sim
Industrial Wastewater Inspection Section

ABSTRACT

In this research, 12 public swimming pools self-governed by Chungcheongbuk-do and their pool water were investigated to provide a bit more safety and favorable environment to the users.

Some public swimming pools out of 12 have been using underground water or tap water as a raw water, and the others have been using underground water mixed with tap water.

Change of the pool water was made by the replacement of total pool water or by backwashing.

Sodium hypochlorite, calcium hypochlorite and electrolysis of sodium

chloride have been using as disinfectants, and polymer coagulants as flocculants.

5 items of pool water standard were quarterly experimented and some other experiments(ex: ecotoxicological test, coliform test, disinfection by-product) were performed to supplement the re-establishment of swimming pool standard.

By doing this research, we could find that disinfection by-product such as THMs could be produced by chlorine disinfection and that 0.2 mg/L of free residual chlorine could possibly decimate not only coliform groups but also water fleas within 24 hours.

In consideration of all the experimental results, it seems a bit more desirable to maintain 0.2~0.5 mg/L of free chlorine rather than 0.4~1.0 mg/L to provide much more safety and favorable environment to the users.

I. 서 론

산업발달 및 의료수준의 향상으로 인간의 평균수명이 증가하고 있는 가운데 건강에 대한 관심 또한 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

따라서 많은 사람들이 여가 시간동안 자신의 건강을 최대한으로 유지하고 향상시키는 방안으로 각종 건강식품과 스포츠시설을 많이 이용하고 있고, 홍수처럼 쏟아지는 건강 유지에 필요한 정보도 적극적으로 활용하고 있다.

우리나라에서는 수영, 등산, 배드민턴, 탁구, 자전거 타기, 요가, 걷기 운동 등을 주로 하면서 자신의 건강을 돌보고 더 나아가 많은 사람들과 접촉하며 보다 나은 삶을 도모하고 있다.

수영은 전신운동으로서 점점 더 각광을 받고 있으며 이로 인하여 수영장의 이용 또한 증가하고 있는 추세이므로 청결하고 안전한 수영장의 관리가 그 어느 때 보다도 중요한 문제점으로 대두되고 있다. 따라서 수영장의 관리 주체는 시설관리 측면뿐 아니라 수질 관리에도 많은 노력을 기울여야 하며 보다 더 나은 환경을 이용객들에게 제공해야 한다.

수영장수의 수질은 원수의 초기 상태, 수영장수의 교체주기 및 역세척주기, 내부순환주기, 이용객수, 소독제 및 응집제등의 사용량과 더불어 수영장의 관리 정도에 따라 크게 달라질 수 있다.

따라서 수영장 운영주체 및 관리자는 이용객들에게 보다 안전하고 편안한 수영여건을 제공할 의무가 있고 보다 나은 환경조성을 위하여 부단한 노력을 기울여야 할 것이다.

II. 이론 및 배경

1. 수영장수 오염

가. 환경에 의한 오염

수영장 주변에서 바람에 의해 유입되는 먼지, 분진, 포자, 박테리아등과 수영장

원수(지하수, 상수도)에 포함되어 있는 각종 유기물 및 무기물, 일반세균, 대장균 그리고 시설물(타일, 타일접착제, 도료등)에서 발생하는 화학물질 등이 있다.

나. 인체에 의한 오염

이용객의 인체배설물이나 몸에 묻혀 들어올 수 있는 각종 화장품(로션, 마스크카라) 및 머리카락이나 발바닥에 묻혀들어 오는 각종 오염물질 등을 수질을 오염시킬 수 있다.

(1) 땀(때)

보통성인 1사람이 25 °C의 물속에서 1시간 수영할 경우 보통 0.9~1 L의 땀을 흘리며 땀은 질소가 주성분이고 수영장 수중의 잔류염소와 반응하여 오염물질을 형성시킨다. 땀의 pH는 보통 4.0~6.8이다.

(2) 소변(Urine)

성인의 하루 배뇨량은 보통 1200~1500 mL인데 수영장의 수온은 체온보다 낮기 때문에 방광의 수축으로 인해 적은 양이긴 하지만 자동적으로 배뇨를 하게 되며 어린이의 경우는 성인보다 더 심각하다. 오줌의 성분에는 유기질소가 들어 있어 물속의 잔류염소와 반응하여 오염물질을 형성한다.¹⁾

2. 소독

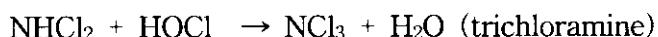
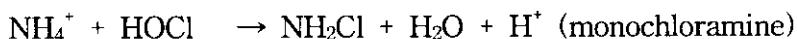
현재 우리나라에서는 주로 액체염소나 고체염소(차아염소산나트륨, 차아염소산칼슘)와 오존을 주로 수영장의 소독에 사용하고 있다.

염소소독을 하는 수영장의 관리에 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나가 수영장수 수질기준 항목 중 하나인 유리 잔류염소의 적정 유지이다. 염소투입량이 많아지면 인체 위해성 증가 및 각종 소독부산물의 생성을 증가시키고, 너무 낮으면 미생물의 살균효과가 줄어들게 된다.

염소가 물속에서 형성하는 화합물은 HOCl과 OCl 두가지 형태로 존재하게

된다. 이들을 유리형 유효염소(유리 잔류염소)라고 한다. 유리 잔류염소는 수중 미생물을 제거하는데 매우 효과적이다.

수중에 암모니아가 존재하면 염소와 작용하여 다음의 3가지 형태의 클로라민을 형성하게 된다.²⁾



이때 형성되는 클로라민의 종류는 물의 pH, 암모니아의 농도, 온도에 따라 달라진다. 이렇게 물속에 투입된 염소가 암모니아나 유기성 질소화합물과 반응해서 존재하는 것을 총칭해서 결합형 유효염소(결합잔류염소)라고 하게 된다. 이들 결합 잔류염소(monochloramine, dichloramine, trichloramine)의 살균력은 유리 잔류염소(HOCl, OCl⁻)보다는 약하지만 어느 정도의 소독제로서의 역할은 할 수 있다. 잔류염소란 결합잔류염소와 유리 잔류염소의 합을 말한다.³⁾

잔류염소의 형태별 소독성능 및 소독방법의 비교를 Table 1과 2에 정리하였다.⁴⁾

Table 1. Comparison of disinfection intensity of residual chlorines

형태	화학식	HOCl의 소독성능
차아염소산(hypochlorous acid)	HOCl	1
차아염소산이온(hypochlorite)	OCl ⁻	1/100~1/80
모노클로라민(monochloramine)	NH ₂ Cl	1/150
디클로라민(dichloramine)	NHC ₂	1/80

Table 2. Comparison of disinfection methods

소독방법 특성	Cl ₂	NaOCl	Ca(OCl) ₂	ClO ₂	UV	O ₃
살균력	크다	크다	다소크다	크다	비교적크다	매우크다
용해도	크다	크다	다소크다	크다	불용성	크다
안정성	안정	불안정	비교적 안정	불안정	-	불안정
인체독성	독성	독성	독성	심한독성	장기간노출시 피부암유발	독성
투과성	크다	크다	크다	크다	탁도 증가시 투과성감소	크다
부식성	크다	크다	크다	크다	불용성	크다
틸취성	크다	보통	보통	크다	불용성	크다
잔류효과	있다	있다	있다	있다	없다	거의 없다
THMs생성	생성	생성	생성	미생성	미생성	미생성
유지관리	다소불편	보통	보통	불편	편리	불편
초기투자비	저렴	저렴	저렴	보통	고가	고가
처리비용	저렴	고가	저렴	고가	저렴	고가
사용방법	액체상태로 저장사용	시판용사용, 현장 생산	고체 상태로 저장 사용	현장에서 제조 사용	자외선조사 장치 사용	오존발생기에 의해서 생산
사용실적	매우많음	약간(소규모)	약간(소규모)	적음	매우적음	적음

가. 염소계 소독제

염소계 소독제 중에서는 주로 차아염소산나트륨이 사용되고 있었는데 차아염소산나트륨(NaOCl)은 살균력과 용해도가 크고 안정하면서, 초기 투자비와 처리비용이 저렴하고, 잔류효과가 있다는 장점이 있는 반면 인체 독성이 있고, 부식성이 크며, 트리할로메탄류(THMs)와 같은 다양한 소독부산물을 생성시키는 동시에 유지관리가 어려운 단점이 있다.

트리할로메탄류(THMs)는 물속에 들어있는 휴믹산(humic acid), 펄빅산(fulvic acid)등과 같은 유기물질이 소독제로 사용되는 염소 또는 원수 등의 브롬과 반응하여 생성된다.

아래의 Table 3⁵⁾은 THMs의 물리화학적 특성이다.

Table 3. Physicochemical characteristics of THMs

명칭	분자식	분자량	비점	비중
클로로포름	CHCl ₃	119.4	61.2	1.498(15°C)
브로모디클로로메탄	CHBrCl ₂	163.8	90.1	2.006(15°C)
디브로모클로로메탄	CHBr ₂ Cl	208.3	120	2.260(20°C)
브로모포름	CHBr ₃	252.7	149.6	2.902(15°C)

트리할로메탄류(THMs)는 수영하는 어린이들에게는 천식 유발의 위험성을 증가시키고, 호흡기 및 귀의 감염 위험성을 증가시킨다. 염소로 소독한 물에서 수영하거나, 그 물로 샤워 또는 목욕을 하는 경우 방광암의 발생 위험은 1.6 ~2배로 증가한다고 한다.⁶⁾

나. 오존(O₃)

살균력, 용해도 측면에서는 차아염소산나트륨(NaOCl)을 사용할 때와 같은 효과가 있고, THMs를 생성시키지 않는 장점이 있으나 오존발생장치를 설치해야 하는 부담이 있고, 인체독성이 존재하고, 잔류효과가 없으며, 초기 투자비와 처리비용이 많이 든다는 단점이 있다.

또한 수영장수 수질기준을 보면 오존 발생장치를 설치하였다 하더라도 유리잔류염소를 0.2 mg/L 이상 유지시켜야 하는 부담이 있어서 현재 충북도내 공공수영장에서는 오존발생기를 설치하였다 하더라도 다시 제거하거나 사용하고 있지 않는 실정이다.

다. 인공해수방식

최근에는 전기분해방식을 이용하여 식용소금을 수영장의 소독에 사용하는 인공해수방식이 도내 공공수영장에도 적용되고 있다.

인공해수방식은 약한 농도의 염분으로부터 전기분해장치를 이용하여 염소를 생성하는데 이렇게 생성된 염소는 물과 반응하여 HOCl과 OCl⁻과 같은 유리

잔류염소를 생성하여 소독역할을 하게 된다.

이러한 인공해수방식은 노동력이 감축되고, 약품절감 및 운전비용이 저렴한 효과가 있고, 위험한 화학약품과 가스를 사용하지 않고, 피부를 자극하는 불쾌한 냄새 및 맛이 감소하며, 눈 충혈이 없으며, 물의 감촉이 좋고, 운용기간 중 전국 청소만 하면 되는 장점이 있다. 반면 염분의 존재로 인하여 물을 많이 먹게 되면 메스꺼움을 유발할 수 있고, 수영시 거품이 많이 발생하며, 장비에 스케일이 형성될 수 있는 단점이 있다고 알려져 있다.¹⁾

3. 수영장수 수질기준

수영장의 적정관리를 위해서는 시설관리 뿐만 아니라 수영장수의 관리에도 많은 노력을 기울여야 한다. 현재 우리나라의 실내 수영장수의 수질기준 검사 항목은 pH, 과망간산칼륨소비량, 탁도, 유리 잔류염소, 대장균군등 5항목이며 물놀이장의 기준은 실내수영장과 별도로 규정되어 있다.

아래의 Table 4는 우리나라의 실내 및 물놀이장의 수질 기준이다.

Table 4. Pool water standards of indoor and outdoor swimming pools

구 분 항 목	수영장업(안전·위생기준)	물놀이장(수경시설지침)
유리잔류염소	0.4~1.0 mg/L	-
수소이온농도	5.8~8.6	5.8~8.6
탁도	2.8 NTU이하	4 NTU이하
과망간산칼륨 소비량	12 mg/L이하	수돗물을 사용하지 않는 시설만 측정하여 결과 보관
대장균군	10 mL용수 5개중 양성 2이하	200(개체수/100 mL)미만
레지오넬라균	-	대장균군 기준을 초과한 시설만 측정하여 결과 보관
질산성질소	-	수돗물을 사용하지 않는 시설만 측정하여 결과 보관

일반 수영장업과는 달리 물놀이장에는 유리 잔류염소 검사항목이 없고, 수돗물을 사용할 경우에는 과망간산칼륨소비량과 질산성질소에 대한 기준이 없다.

그리고 물놀이장의 대장균군에 대한 기준도 일반수영장업과는 다르게 규정되어 있고, 레지오넬라균에 대한 검사항목도 물놀이장만 국한되어 있는 것을 볼 수 있다.

아래의 Table 5는 우리나라와 외국 수영장의 수질기준표이다.¹⁾

Table 5. Standards of domestic and foreign swimming pools

항 목 국가별	한국	일본	미국	영국	호주
탁도	2.8 NTU이하	5 NTU이하	-	-	-
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	7.4~7.6	7.2~7.6	7.2~7.6
과망간산칼륨소비량	12 mg/L이하	12 mg/L이하	-	-	-
유리잔류염소	0.4~1.0 mg/L	0.4~1.0 mg/L	0.1~0.3	0.1~0.3	0.1~0.3
수온	-	-	21~27 °C	-	-

탁도 및 과망간산칼륨소비량 항목이 아시아 국가인 한국과 일본에 국한되어 설정되어 있으며, 미국, 영국, 호주에서는 pH 및 유리 잔류염소 항목에 대하여 보다 더 엄격한 기준을 적용하고 있다.

본 연구에서는 도내 공공수영장(12개소: 실내수영장11, 실외수영장1)의 운영 실태 파악 및 수영장수의 수질(5개항목)을 조사하고 더 나아가 수영장의 적정 관리를 위한 실험(대장균군, 생태위해성평가, THMs)을 병행하여 대중들이 보다 편안하게 청결한 수영장을 이용할 수 있도록 적절한 관리방안을 제시하고자 하였다.

실험항목 중에서 생태 독성평가는 폐수방류수 및 하수방류수에 적용되는 기준이지만 염소소독으로 인하여 수영장수가 인체에 미칠 수 있는 가능성이 있고, 수영장수 교체시나 역세척시 방류되는 수영장수 또한 하수관거로 그대로 유입되고 있어 하수 미생물에 영향을 끼칠 수 있는 개연성이 높아 실험항목에 포함하여 조사연구사업을 진행하였다.

III. 조사대상 및 실험방법

본 조사연구사업에서는 충청북도내 공공수영장 12곳을 대상으로 하여 관리 실태 조사 및 수영장수 수질기준 5항목(pH, 탁도, 과망간산칼륨소비량, 유리잔류염소, 대장균군)을 4분기(3, 6, 9, 11월)에 거쳐 실험을 진행하였다. 이 중 한 곳은 여름철(3분기)에 한시적으로 운영하고 있었다.

이와 더불어 잔류염소농도에 따른 대장균군 실험 및 생태위해성평가를 실시하였고, 소독부산물의 발생 여부를 확인하기 위하여 염소계 휘발성 유기 화합물중 하나인 THMs 실험을 병행하였다.

1. 조사대상

조사대상 공공수영장은 아래의 Table 6과 같다.

Table 6. Name of the facilities of public swimming water pools

순번	시설명	순번	시설명
1	청주실내수영장	7	음성군근로자종합복지관
2	충북체육회관	8	단양청소년수련관
3	충주국민체육센터	9	증평국민체육센터
4	충주환경체육센터	10	청원국민체육센터
5	제천올림픽스포츠센터	11	보은국민체육센터
6	음성수영장(실외)	12	옥천국민체육센터

2. 실험방법

가. pH

유리전극과 기준전극으로 구성된 pH 측정기를 사용하여 먹는물공정시험법에 준하여 실험 하였다.

나. 탁도

광원부와 광전자식 검출기를 갖추고 있으며 정량한계가 0.02 NTU 이상인 NTU(nephelometric turbidity units) 탁도계를 사용하여 측정하였다. 시료를 강하게 훌들어 섞고 공기방울이 없어질 때까지 가만히 둔 후 일정량을 취하여 측정튜브에 넣고 보정된 탁도계로 탁도를 측정하였다.

다. 유리잔류염소

시료의 pH를 인산염완충용액을 사용하여 약산성으로 조절한 후 *o*-톨리딘용액(*o*-tolidine hydrochloride, OT)으로 발색하여 잔류염소 표준비색표와 비교하여 측정하였다. 시료를 비색관의 표시선까지 넣어 섞은 다음 즉시(약 5초 이내) 잔류염소 표준비색표와 비교하여 시료의 유리 잔류염소농도(mg/L)를 측정하였다.

라. 과망간산칼륨소비량

시료를 산성으로 조절한 후 일정한 부피의 과망간산칼륨용액을 넣고 끓인 다음 일정한 부피의 옥살산나트륨용액을 가하여 반응하지 않고 남아있는 옥살산나트륨을 과망간산칼륨용액으로 적정하여 유기물질, 제일철염, 아질산염, 황화물 등이 소비하는 과망간산칼륨의 양을 측정하였다.

마. 대장균군

수중에 있어서의 대장균군의 존재는 그 물이 소변 등으로 오염되어 있음을 뜻하며, 소화기계 병원균에 의한 오염 가능성이 있다는 것을 의미한다.

인체배설물 중 항상 다량으로 존재하며 소화기계병원균보다도 수중에서 생존력이 강해서 대장균군이 검출되지 않으면 병원균은 거의 존재하지 않는 것으로 생각된다. 검출이 용이하고 확실하며 아주 미량의 대변이 수중에 혼입되어도 대장균군이 검출 가능하므로 지표성이 우수하다.

이러한 대장균은 일반적으로 액화염소, 차아염소산나트륨등의 염소소독제에 의하여 살균되는데 오존, 이산화염소, 자외선 등에 의해서도 살균 될 수 있다고 알려져 있다.⁷⁾

본 연구에서는 시험관법에 준하여 수질기준항목인 대장균(시료 1개에 대하여 실험)에 대한 실험을 하고, 병천천과 돌다리못(청원군 소재)의 하천수 및 호수를 이용하여 유리 잔류염소농도에 따른 대장균 실험을 평판집약법으로 병행하여 잔류염소농도에 대한 대장균의 검출여부 및 군락수를 판정하였다.

바. THMs

먹는물 수질공정시험방법에 명시된 여러 가지 휘발성 유기화합물 시험법 중에서 퍼지앤탬랩(purge & trap)-기체크로마토그래피(전자포착검출기, ECD)방법으로 수영장수중의 휘발성 유기화합물 중 THMs를 측정하였다.

본 실험에 사용한 기체크로마토그래피(GC, ECD)의 구성 및 운영조건은 Table 7.과 같다

Table 7. Analytical Conditions of THMs

Parts	Conditions
Inlets	Temperature : 200 °C Pressure : 11.32 psi Total flow : 65.5 mL/min Split ratio : 10:1
Columns	Capillary 105 m * 530 μm * 3.0 μm Flow rate : 5.8 mL/min
Oven	Initial : 45°C : 2 min Temperature : 10 °C/min → 70 °C/min : 2 min 20 °C/min → 100 °C/min : 2 min 10 °C/min → 200 °C/min : 3 min Post run : 220 °C : 2.5 min
Detectors	ECD Temperature : 260 °C

사. 생태위해성평가

조명이 명 : 암 = 16 : 8시간이 유지되고 시험온도는 18~22 °C 범위를 유지하는 본 연구원에 마련된 생태독성 실험실을 이용하여 ES 04751.1에 명시된 물벼룩 (*Daphnia magna straus*)을 이용한 급성 독성 시험법으로 실험을 하였다.

*Daphnia magna straus*라는 물벼룩을 이용하였는데 물벼룩은 수생태계 1차 영양단계 대표 생물종으로서, 조류의 포식자이면서 어류의 피식자이다.

*Daphnia magna straus*는 독성물질에 민감하며 독성실험의 재현성이 높아 독성영향의 지표종으로서의 역할을 하고 관련 연구 자료들이 해외에 많이 축적되어 있어 국내 생태독성 배출관리제도에서 선정한 시험종이다.⁸⁾

또한 물벼룩은 광범위한 서식지에 분포하고 몸길이 0.3~3 mm의 소형갑각류로 새끼를 많이 낳으며 짧은 생활사를 지닌다.

생후 20시간 미만의 *Daphnia magna Straus*를 이용하여 시료를 여러 비율로 희석한 시험수에 넣고 24시간 동안 관찰하여 시료농도(시험수 중 방류수 함유율 %(100%, 50%, 25%, 12.5%, 6.25%))와 유영저해를 보이는 물벼룩의 비율(%) 사이의 관계를 통해 물벼룩의 50%가 유영저해를 받는 시료농도(EC₅₀)를 산출하였다.

여기에서 유영저해라 함은 시험용기를 조용히 움직여 준 후, 약 15초 후에 관찰하여 일부기관(촉각, 후복부등)은 움직이나 유영하지 않는 것을 말하며, 반수영향농도(EC₅₀, median effective concentration)는 일정시험기간 동안 시험생물의 50%가 유영저해를 일으키는 시료농도(시험수 중 시료의 함유율 %)를 말한다.

생태독성값(TU, toxic unit)은 단위시험기간 시험생물의 50%가 유영저해를 일으키는 농도(시험수 중 시료 함유율 %)인 EC₅₀을 100/EC₅₀으로 환산한 값을 말하는데 본 연구에서는 EC₅₀값으로 실험 결과를 나타내었다.