



Research Article

# Antibacterial activity and stability of *Sophora flavescens* and *Schisandra chinensis* extracts against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

## 고삼, 오미자 추출물의 *Streptococcus mutans* KCCM 40105 균주에 대한 항균 활성 및 안정성

Jae-Hee Jeong<sup>1</sup>, Su-Hwan Kim<sup>2</sup>, Chae-Mi Lee<sup>1</sup>, Yu-Ri Choi<sup>1</sup>, Dong-Hun Lee<sup>1</sup>, Chae-Yun Lee<sup>1</sup>, Chang-Ki Huh<sup>1,2\*</sup>  
 정재희<sup>1</sup> · 김수환<sup>2</sup> · 이채미<sup>1</sup> · 최유리<sup>1</sup> · 이동훈<sup>1</sup> · 이채운<sup>1</sup> · 허창기<sup>1,2\*</sup>

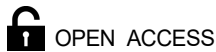
<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>2</sup>Research Institute of Food Industry, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

<sup>1</sup>순천대학교 식품공학과, <sup>2</sup>순천대학교 식품산업연구소

**Abstract** This study aimed to select natural materials with antibacterial activity against *Streptococcus mutans* (*S. mutans*) KCCM 40105 and determine their most efficient extraction conditions. The antibacterial activity was stable under various treatment conditions. Of the 17 material groups, extracts of *Sophora flavescens* (SF) and *Schisandra chinensis* (SC) showed antibacterial activity against the *S. mutans* strain. Measuring the antibacterial activity based on ethanol concentration revealed that the 30% ethanol extracts of SF and SC showed the highest antibacterial activity as observed by the inhibition zones of 10.69 and 14.49 mm, respectively. The minimum inhibitory concentrations of the 30% ethanol extracts of SF and SC against the *S. mutans* strain were 2.0 and 5.0 mg/mL, respectively. Heat stability was confirmed; however, the 30% ethanol extract of SC was inactive at pH values  $\geq 6.0$ . The antibacterial activity of the 30% ethanol extract of SF and SC treated with nine enzymes was the same at 10 ppm and 100 ppm. However, the activity tended to decrease marginally in the 1,000 ppm concentration treatment group.

**Keywords** *Streptococcus mutans*, *Sophora flavescens*, *Schizandra chinensis*, antibacterial activity, stability



**Citation:** Jeong JH, Kim SH, Lee CM, Choi YR, Lee DH, Lee CY, Huh CK. Antibacterial activity and stability of *Sophora flavescens* and *Schisandra chinensis* extracts against *Streptococcus mutans* KCCM 40105. Korean J Food Preserv, 29(3), 494-508 (2022)

**Received:** January 18, 2022

**Revised:** April 06, 2022

**Accepted:** April 25, 2022

**\*Corresponding author**  
 Chang-Ki Huh  
 Tel: +82-61-750-3251  
 E-mail: hck1008@suncheon.ac.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

최근 현대인들의 식습관 형태가 다양해지고 당류 섭취량이 증가하고 있으며, 스트레스 등의 원인으로 면역기능은 약화됨에 따라 다양한 구강 관련 질환들이 보고되고 있다(Jeong 등, 2008). 치주질환(periodontal disease)은 치아상실의 원인이 되는 염증성 질환으로 치은염(gingivitis)과 치주염(periodontitis)으로 나누어지며, 치은염은 염증이 치은에만 국한된 경우로 비특이적으로 발생하는 것을 말하고, 염증이 치주조직까지 침범한 상태로 그람음성 세균종

증식이 특이하게 발생하는 것을 치주염이라 한다(Lee 등, 2019). 치아우식증(dental caries)은 세균에 의해 발생하는 대표적인 감염성 질환으로 식이 탄수화물의 박테리아 발효로 인한 산성 부산물에 의한 민감한 치아 경조직의 국소적 파괴를 말하는 것으로, 세계에서 가장 흔한 만성질환 중 하나이다(Marsh 등, 2009; Rosan 등, 2000; Selwitz 등, 2007). 전 세계적으로 23억 명의 사람들이 영구치 우식증을 갖고 있으며, 5억 3천만 명의 어린이들이 유치 우식증을 갖고 있는 것으로 추산된다(James 등, 2017). 또한, 전 세계 성인의 60%가 치아우식증과 치주질환을 겪고 있다(Rosan 등, 2000).

*Streptococcus mutans*(*S. mutans*) 세균은 치아우식증의 주요 원인균으로 glucosyltransferase(GTFase)를 분비하며, 자당을 기질로 하여 점착성의 비수용성 글루칸을 합성하는 반응을 촉매한다(Kim 등, 2019). 또한, 이 GTFase가 음식물 중 sucrose를 기질로 하여 치면에 불용성 글루칸을 형성하게 되며(Lee 등, 2000), 치아면에 정착하여 당의 대사과정을 통해 유기산을 생성함으로써 치아 우식이 유발되어 구치, 구내염 등이 빈번하게 발생하게 된다(Jeun 등, 2002). 따라서 구강환경 내에서 원인 균주 및 치주염이나 구취 유발세균에 대해 선택적인 항균력을 지니면서 인체에 무해한 천연물질의 개발에 대한 필요성이 증대되고 있다.

인체의 부작용을 유발하지 않고, 항균력을 가지는 천연 소재로 보고되고 있는 것은 지실, 오리목, 정향, 고삼, 후박, 희렴, 은행, 사철쭉, 감초, 백지, 유자, 오매, 비파엽, 오가피, 오미자, 오레가노, 프로폴리스 등 다양한 식물성 소재들이 존재한다(Baek, 2007; Kim 등, 2002; Kim 등, 2005a). 그중 고삼(*Sophora flavescens*)은 콩과(Leguminosae)에 속한 다년생 본초로 강한 쓴맛을 지니고 있고(Lee 등, 2000), 주요 성분으로는 alkaloid 1-2%와 flavonoid 0.5% 내외가 함유되었다고 보고되고 있다(Kang 등, 2000). 또한, 임상적으로 습진, 피부, 화농증, 여성의 음부소양 등의 피부병에 대하여 외용하며, 세균성이질 등 고삼의 항균력에 관한 보고도 있다(Woo 등, 1998). 오미자(*Schizandra chinensis*)는 목련과에 속하는 자생목으로 한국, 중국, 일본 및 대만 전 지역에서 자생하는 식물로, 식용 및 약용으로 애용되고 있으며(Chang 등, 2005), 항균성에 관한 보고는

오미자 종자나 오미자 추출물에 대한 식품학적 병원성 균주에 대한 보고가 이루어진 바 있다(Jeon 등, 2003; Kwon 등, 2008). 이와 같이 대부분의 천연 소재는 병원성 식중독균, 피부 상재균 등에 대한 항균효과(Kim 등, 2011)를 규명하는 데 치우쳐 있어 구강세균(*S. mutans*)에 대한 활성을 확인하는 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 의치 내에 잔존할 수 있는 각종 미생물 제거에 유효한 효과를 보이며, 항균제 역할을 수행할 수 있는 천연물을 검색하여 구강세균에 대한 저해 활성을 검토하고, 선정된 천연물을 이용하여 최적 추출 조건 탐색과 추출물의 안정성 평가를 실시하여 다양한 제품들에 응용할 수 있는 기반을 마련하고자 이 연구를 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험 재료 및 시약

항균 활성 천연 소재 선별 후보군에서 지실, 오리목, 정향, 고삼, 은행, 사철쭉, 감초, 비파엽, 오가피 및 오미자는 ㈜진도허브(Jindo, Korea), 후박, 희렴 및 백지는 서현생약 영농조합(Nonsan, Korea), 유자는 ㈜산마을(Changnyeong, Korea), 오매는 ㈜자연초(Seoul, Korea) 그리고 오레가노는 금보종합식품(Seongju, Korea)에서 건조된 제품으로 구입하였고, 프로폴리스는 ㈜제너럴라이프(Seongnam, Korea)에서 구매하여 사용하였다. 모든 시료는 4℃ 또는 실온보관하여 사용하였으며, 항균 활성 소재 후보군의 정보는 Table 1과 같다. 시약은 ethanol(94.5%), n-hexane(95%), ethyl ether(99%), ethyl acetate(99%), chloroform(99.5%), n-butanol(99%)은 Daejung사(Siheung, Korea)의 것을 구입하여 사용하였다. 유기물 분해 효소와 산화 효소제인 fungamyl(fungal alpha-amylase, Fun), termamyl(alpha-amylase, Ter), secreta(beta-amylase, Sec), lactozym(beta-galactosidase, Lac), maltoginase(maltogenic amylase, Mal), invertase(beta-fructofuranosidase, Inv), flavourzyme(aminopeptidase, Fla), alcalase[protease(subtilisin), Alc], lipozyme(lipase, Lip), catalase(catalase, Cat)는 ㈜바이오시스(Busan, Korea)에서 구입하였고, 산화제인 hydrogen peroxide(Hyp)는 Daejung

**Table 1.** List of natural materials for antibacterial experiments

Scientific name	Korean name	Part of used
<i>Poncirus trifoliata</i>	지실(Jisil)	Fruit
<i>Alnus japonica</i>	오리나무(Olinamu)	Root
<i>Syzygium aromaticum</i>	정향(Jeonghyang)	Leave
<i>Sophora flavescens</i>	고삼(Gosam)	Root
<i>Ginkgo biloba</i> L.	은행(Eunhaeng)	Fruit
<i>Artemisia capillaris</i>	사철쑥(Sacheolssug)	Rhizoma
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	감초(Gamcho)	Root
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	비파엽(Bipayeob)	Leave
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	오가피(Ogapi)	Root
<i>Schizandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	오미자(Omija)	Fruit
<i>Machilus thunbergii</i>	후박(Hubag)	Root
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	희렴(Huilyeom)	Leave
Angelicae Dahuricae Radix	백지(Baegji)	Root
<i>Citrus junos</i> Siebold ex Tanaka	유자(Yuja)	Fruit
Mume fructus	오매(Omae)	Fruit
<i>Origanum vulgare</i> L.	오레가노(Olegano)	Leave
Propolis	프로폴리스(Propolis)	-

사(Siheung, Korea)의 것을 구입하여 사용하였다.

## 2.2. 실험 균주 및 배지

본 실험에 사용한 균주는 *Streptococcus mutans* KCCM 40105로, 한국미생물보존센터(Korean Culture Center of Microorganism, Seoul, Korea)에서 분양받아 액체배지에 활성화시킨 후 *S. mutans* 균주 1 백금이를 취해 10 mL Brain Heart Infusion broth의 균 생육배지에 접종하고 37°C에서 3회 계대배양하여 사용하였다. 배지는 brain heart infusion broth(BHI)는 Difco사(Detroit, MI, USA)의 것을 구입하여 사용하였고, agar는 Daejung 사(Siheung, Korea)의 것을 구입하여 사용하였다.

## 2.3. 추출 용매 및 ethanol 농도별 항균 활성 측정

추출 용매별 항균 활성 측정은 고삼, 오미자 분말 시료 5 g에 hexane, ether, ethyl acetate, ethanol, water를 각각 50 mL씩 첨가하고, 24시간 동안 진탕 추출한 후 여과하여 한천배지확산법(Seo 등, 2008)으로 clear zone 생성

유무를 확인하였다. Ethanol 농도별 항균 활성 측정은 시료 5 g에 ethanol 농도를 0%, 30%, 50%, 70%, 94.5%로 조정하여 용매 50 mL씩을 각각 첨가하여, 상온에서 24시간 동안 교반 침출시켜 추출한 후 filter paper No.2 (Advantec, Toyo Roshi Kaisah, Tokyo, Japan)로 여과하여 항균 활성을 비교하였다.

## 2.4. 순차적 용매 분획물의 항균 활성 측정

고삼 및 오미자 30% 에탄올 추출물을 hexane, chloroform, ethyl acetate, n-butanol 용매로 순차적으로 3회 반복 추출하여 각 용매별로 계통 분획 및 농축하였고, 남은 수용성 층은 water 분획으로 농축하였다. 순차적 용매 분획물의 농축한 시료를 paper disc(Advantec 8 mm, Toyo Roshi, Tokyo, Japan)에 4번에 나누어 흡수시킨 후, 추출 용매를 무균적인 조건하에서 완전히 날려 보낸 다음, 배지에 밀착시키고, 37°C에서 20-24시간 동안 배양한 다음 paper disc 주변의 clear zone 직경(mm)을 측정하여 항균 활성을 비교하였다.

### 2.5. 최소저해농도(MIC) 측정

각 추출물의 최소저해농도(minimum inhibitory concentration, MIC)는 한천배지확산법(Seo 등, 2008)으로 측정하였다. 시료 5 g에 30% ethanol 50 mL를 각각 첨가하여 추출 및 여과한 후 paper disc에 각 추출물의 농도를 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 및 5.0 mg/mL가 되도록 로딩하여 추출 용매를 무균 조건하에서 완전히 건조하였다. 시험용 평판배지는 멸균된 기층용 배지인 BHI agar를 petri dish에 15 mL씩 분주하여 응고시키고, 중층용 BHI agar 배지를 약 10 mL 시험관에 분주하여 멸균한 후, 45°C 수욕상에서 보관하면서 전배양된 시험균 약 0.5 mL를 무균적으로 첨가하여 혼합하였다. 그 후 기존에 응고시켜둔 배지 위에 분주한 뒤 고르게 응고시키고, 2종의 균 접종 평판배지를 만들어 사용하였으며, 추출물이 포함된 paper disc를 응고된 배지에 놓아 밀착시키고, 37°C에서 20-24시간 동안 배양하여 저해환이 확인된 농도를 최소저해농도(MIC)로 결정하였다.

### 2.6. 열 및 pH 안정성 측정

추출물의 열 안정성은 고삼, 오미자 30% ethanol 추출물을 60-121°C까지의 온도에서 열처리하였으며, 60°C, 80°C, 100°C에서 20°C 간격으로 각각 1시간씩, 121°C에서는 15분간 열처리한 후, 대조구는 열처리를 하지 않은 추출물을 시료구로 설정한 다음 항균 활성을 비교하였다. pH 안정성은 각각의 30% ethanol 추출물을 1 N NaOH와 1 N HCl로 pH 2, 4, 6, 8, 10으로 각각 pH를 조절한 후, pH를 조절하지 않은 추출물을 대조구로 하여 항균 활성을 비교하였다.

### 2.7. 유기물 분해효소 처리에 따른 안정성 평가

유기물 분해효소 처리 농도에 따른 항균 활성 측정은 고삼, 오미자 30% ethanol 추출물에 9가지 효소제(fungamyl, termamyl, secreta, lactozym, maltoginase, invertase, flavourzyme, alcalase, lipozyme)를 각각 10 ppm, 100 ppm 및 1,000 ppm의 농도로 맞추어 각각 처리한 다음 30분간 방치하고, 효소 처리를 하지 않은 추출물을 대조구로 설정하여 항균 활성을 비교하였다. 유기물 분해효소 온도 처리에 따른 항균 활성은 고삼, 오미자 30% ethanol 추출물에 9가지 효소를 각각 100 ppm의 농도로 맞추어

처리한 다음, 20-40°C에 5°C 간격으로 각각 열처리를 30분간 처리하고, 효소 처리를 하지 않은 추출물을 대조구로 설정하여 항균 활성을 비교하였다.

### 2.8. 산화효소와 과산화수소 처리에 따른 안정성 평가

산화효소와 과산화수소 처리에 따른 항균 활성은 고삼, 오미자 30% ethanol 추출물에 산화효소(catazyme)와 과산화수소(hydrogen peroxide)를 각각 10 ppm, 100 ppm 및 1,000 ppm의 농도로 맞추어 각각 처리한 다음 30분간 방치하고 산화제 처리를 하지 않은 추출물을 대조구로 설정하여 항균 활성을 비교하였다. 산화효소와 과산화수소 처리 온도에 따른 항균 활성을 측정하기 위해 고삼 및 오미자 30% ethanol 추출물에 산화효소와 과산화수소를 각각 100 ppm의 농도로 맞추어 처리한 다음 20-40°C에 5°C 간격으로 각각 열처리를 30분간 처리하고, 효소 처리를 하지 않은 추출물을 대조구로 설정하여 항균 활성을 비교하였다.

### 2.9. 통계분석

실험결과는 3회 반복 측정하여 SPSS Statistics version 26.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하여 mean±SD를 구하였고, Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차(p(0.05))를 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. *Streptococcus mutans* 균주의 항균 활성 효과 식품 소재 선발

*Streptococcus mutans*(*S. mutans*) 균주의 항균 활성 효과 식품 소재 선발을 위해, 사전 조사를 통해 인간 및 식품의 유해 작용을 하는 미생물의 항균 활성이 보고(Choi 등, 2006; Choi 등, 2012; Eum, 2012; Jeon 등, 2004; Kim 등, 2005b; Lee 등, 2000; You 등, 1993)된 소재를 대상으로 *S. mutans* 균주의 항균 활성을 측정한 결과는 Table 2 및 Fig. 1과 같다. 17종의 천연 소재별 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성 측정 결과, 고삼과 오미자에서 항균 활성이 나타났고, 나머지 15종은 항균 활성을 나타내지 않았다(Table 2 및 Fig. 1). 추출 용매별 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성은 고삼의 최소억제농도가 물 추출물은 200 µg/mL

**Table 2.** Antibacterial activities of different plant extracts against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Sample	Clear zone on plate (mm/disk)	
	Ethanol extract	Water extract
<i>Poncirus trifoliata</i>	- <sup>1)</sup>	-
<i>Alnus japonica</i>	-	-
<i>Syzygium aromaticum</i>	-	-
<i>Sophora flavescens</i>	10.67±0.70 <sup>2)</sup>	-
<i>Ginkgo biloba</i> L.	-	-
<i>Artemisia capillaris</i>	-	-
<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	-	-
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	-	-
<i>Acanthopanax sessiliflorus</i>	-	-
<i>Schizandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	10.59±0.63	11.43±0.74
<i>Machilus thunbergii</i>	-	-
<i>Siegesbeckia pubescens</i>	-	-
Angelicae Dahuricae Radix	-	-
<i>Citrus junos</i> Siebold ex Tanaka	-	-
Mume fructus	-	-
<i>Origanum vulgare</i> L.	-	-
Propolis	-	-

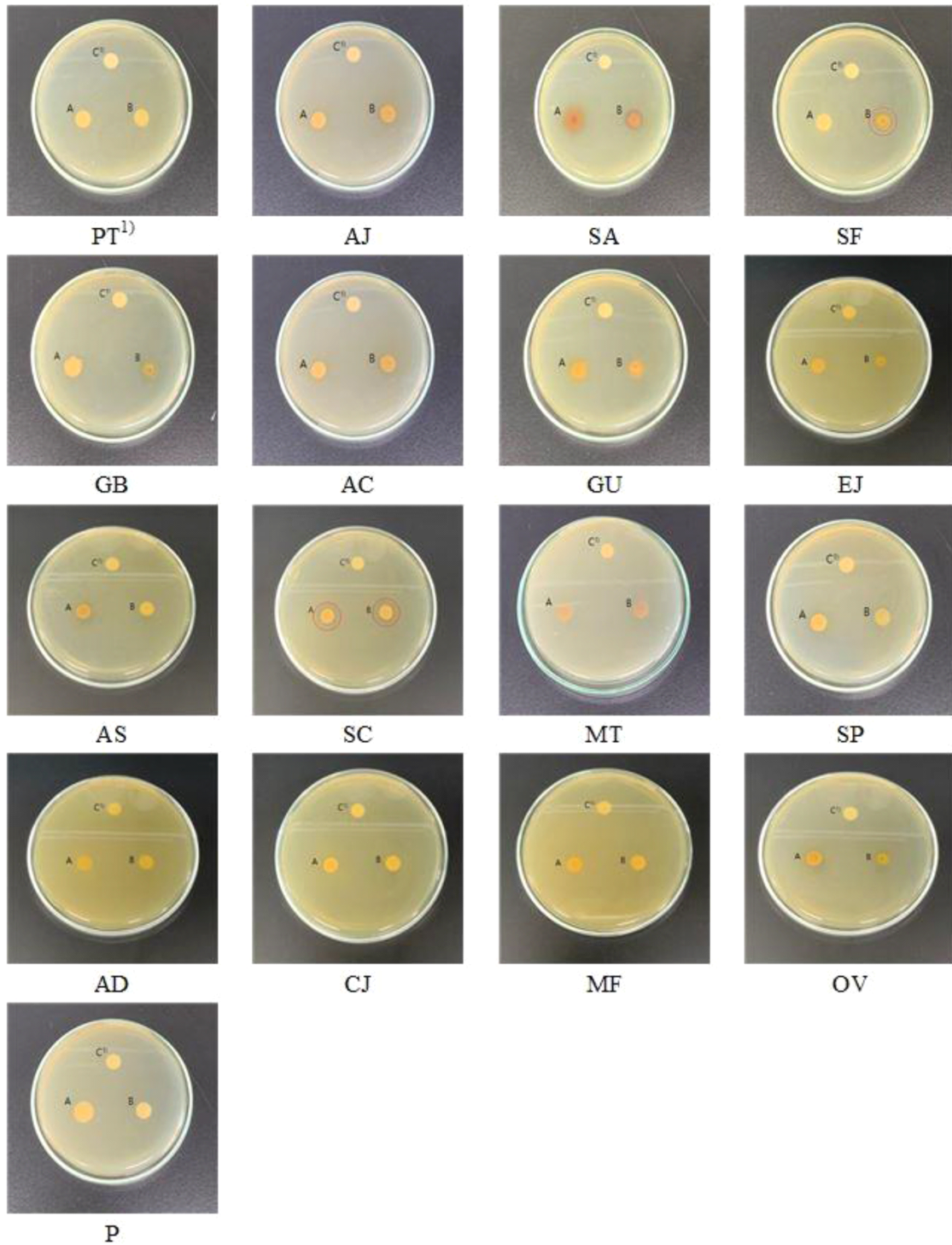
<sup>1)</sup>Not detected.<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

이상이고, ethanol 추출물은 50 µg/mL로 보고하여, 물 추출물보다 ethanol 추출물이 높은 항균효과가 있다고 보고 (Lee 등, 2000a)되어 있으며, 오미자는 ethanol 추출물보다 물 추출물에서 더 높은 항균 활성을 나타낸다고 보고(Yu 등, 2010a)하였다. 이는 본 연구 결과와 일치하는 경향으로 고삼의 물 추출물에서 항균 효과가 나타나지 않았으나, ethanol 추출물에서 10.67±0.70 mm로 활성을 나타내었으며, 오미자의 경우 ethanol 추출물과 물 추출물에서 각각 10.59±0.63 mm와 11.43±0.74 mm로 ethanol 추출물보다 물 추출물에서 높은 항균 활성을 나타내었다(Table 2 및 Fig. 1). 식품공전(MFDS, 2021)에 따르면, 일반 식품에 대한 공통기준 및 규격에 따라 오미자는 열매 부위를 식품에 사용할 수 있는 원료로 고시되어 있으나, 고삼은 식품 원료로의 사용을 제한하고 있다. 이와 같이 식품 원료 등록 여부가 다른 고삼과 오미자를 비교하고자 두 소재를 선정하

여 다음 실험을 진행하였다.

### 3.2. 추출 용매 및 ethanol 농도별 항균 활성

추출 용매에 따른 항균 활성 측정 결과, 고삼은 ether, ethyl acetate, ethanol 및 methanol 추출물에서 항균 활성을 나타내었으며, 오미자는 ethanol, methanol 및 water 추출물에서 항균 활성을 나타내었다(Table 3). Lee 등(2000b)은 용매에 따른 고삼 추출물의 *S. mutans* 균주에 대한 최소저해농도가 chloroform, methanol 그리고 ethanol이 25 µg/mL로 hexane과 water 추출물에 비해 항균효과가 높음을 보고하였으며, Yu 등(2010b)은 용매에 따른 오미자 추출물의 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성이 water, ethanol 및 methanol 추출물에서는 나타났으나, ethyl acetate 추출물에서는 항균 활성이 나타나지 않음을 보고하여 본 연구 결과와 일치하는 경향을 나타내었다. 고삼과



**Fig. 1.** Antibacterial activity of different plant extracts against *Streptococcus mutans* KCCM 40105. <sup>1</sup>PT, *Poncirus trifoliata*; AJ, *Alnus japonica*; SA, *Syzygium aromaticum*; SF, *Sophora flavescens*; GB, *Ginkgo biloba* L.; AC, *Artemisia capillaris*; GU, *Glycyrrhiza uralensis* Fisch; EJ, *Eriobotrya japonica* Lindl.; AS, *Acanthopanax sessiliflorus*; SC, *Schisandra chinensis* (Turcz.) Baill.; MT, *Machilus thunbergii*; SP, *Siegesbeckia pubescens*; AD, Angelicae Dahuricae Radix; CJ, *Citrus junos* Siebold ex Tanaka; MF, Mume Fructus; OV, *Origanum vulgare* L.; P, Propolis. <sup>2</sup>C, control; A, water extract; B, 94.5% ethanol extract.

**Table 3.** Antibacterial activity according to various extraction methods of *S. flavescens* and *S. chinensis* against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Extraction solvents						
Samples <sup>1)</sup>	Clear zone on plate (mm/disk)					
	Hexane	Ether	Ethyl acetate	Ethanol	Methanol	Water
SF	- <sup>2)</sup>	13.74±0.80 <sup>3)ns4)</sup>	13.56±0.33	13.93±0.67	13.30±0.74	-
SC	-	-	-	12.85±1.13 <sup>ns</sup>	12.23±0.22	12.74±0.05

Ethanol extraction concentration (%)					
Samples <sup>1)</sup>	0	30	50	70	94.5
SF	-	10.69±0.50 <sup>ns</sup>	10.89±0.23	10.31±0.73	10.58±0.26
SC	12.92±1.95 <sup>3)ns</sup>	14.49±3.62	14.67±4.34	13.36±3.19	9.68±1.05

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>Not detected.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD (n=3).

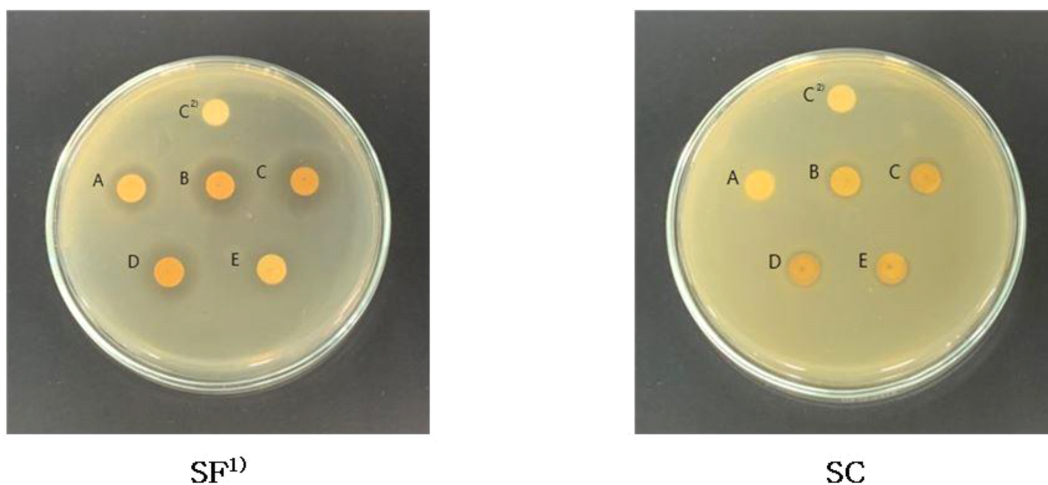
<sup>4)</sup>Means with letters in the same row are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

오미자의 추출 용매에 따른 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성은 공통적으로 ethanol과 methanol 추출물에서 항균 활성을 나타내어, 소재 비교를 위한 추출 용매는 ethanol로 선정하였다. 선정된 ethanol을 용매로 하여 ethanol 농도에 따른 항균 활성을 확인한 결과, 고삼은 0% ethanol 추출물에서 활성을 보이지 않았으나, 30% 이상 농도에서 10.31-10.89 mm로 항균 활성을 나타내었다. 오미자의 경우, 모든 ethanol 농도에서 9.68-14.67 mm의 활성을 나타내었으며, 두 소재 모두 각 용매 농도에 따른 유의적인 차이는

나타나지 않았다(Table 3 및 Fig. 2). 따라서 고삼 시료가 30% 이상 ethanol 농도에서 추출한 추출물이 항균 활성을 나타내었으므로, 고삼과 오미자의 30% ethanol 추출물을 이용하여 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성 비교 평가를 진행하였다.

### 3.3. 순차적 용매 분획물의 항균 활성

고삼, 오미자 30% ethanol 추출물의 용매 분획물별 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성 측정 결과는 Table 4 및



**Fig. 2.** Antibacterial activity according to various extraction methods of *S. flavescens* and *S. chinensis* against *Streptococcus mutans* KCCM 40105. <sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*. <sup>2)</sup>C, control; A, water extract; B, 30% ethanol extract; C, 50% ethanol extract; D, 70% ethanol extract; E, 94.5% ethanol extract.

Fig. 3과 같다. 분획물별 활성 측정 결과, 고삼은 hexane 층에서  $11.74 \pm 1.12$  mm의 가장 높은 활성을 나타냈고, 오미자는 n-butanol층에서  $13.23 \pm 0.10$  mm, water층에서  $13.28 \pm 0.08$  mm의 활성을 나타냈다. 이는 Son 등 (2009)이 보고한 압출성형 백삼의 용매 분획 결과, *S. mutans* 균주에 대해 n-butanol과 n-hexane 분획물이 각각 10.8, 9.3 mm로 높은 저해 효과를 나타냈으며, 이는 인삼의 대표적인 성분인 사포닌과 페놀계 화합물의 영향일 것으로 보고하였다. 본 연구에서 사용된 고삼 또한 사포닌 성분이 포함되어 있다고 보고되어 있어(Kwon 등, 2020; Yang 등 2004), *S. mutans* 균주에 대해 사포닌 성분이 영향을 미쳤을 가능성이 있다고 추측할 수 있었다. Jung 등 (2000)의 연구에 따르면 세균 5종(*L. plantarum*, *B.*

*subtilis*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *E. coli*)에 대한 오미자 종자 methanol 추출물의 용매별 분획물에서 butanol 분획물의 활성이 높았고, water 분획물은 대체적으로 항균 활성이 낮게 나타났다고 보고해 본 연구와 약간의 차이를 보였다. 이러한 결과는 먼저 본 연구에서 사용한 오미자의 사용 부위는 종자를 제거한 과육 부위를 사용했고, Jung 등(2000)은 오미자 종자를 사용했기 때문에 사용 부위가 달라 항균 활성을 보이는 항균 물질이 차이가 있어 나타난 결과로 사료된다. 또한, 활성 평가 대상인 미생물의 생리적 기능 차이로도 볼 수 있을 것으로 사료된다. 또한, Lee 등(2001)의 보고에서는 오미자 methanol 추출물의 용매별 분획물에서 ethyl acetate층에서 가장 활성이 높게 나타났다고 보고해 본 연구 결과와 약간의 차이를 보였다.

**Table 4.** Antibacterial activity in various solvent fractionation of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

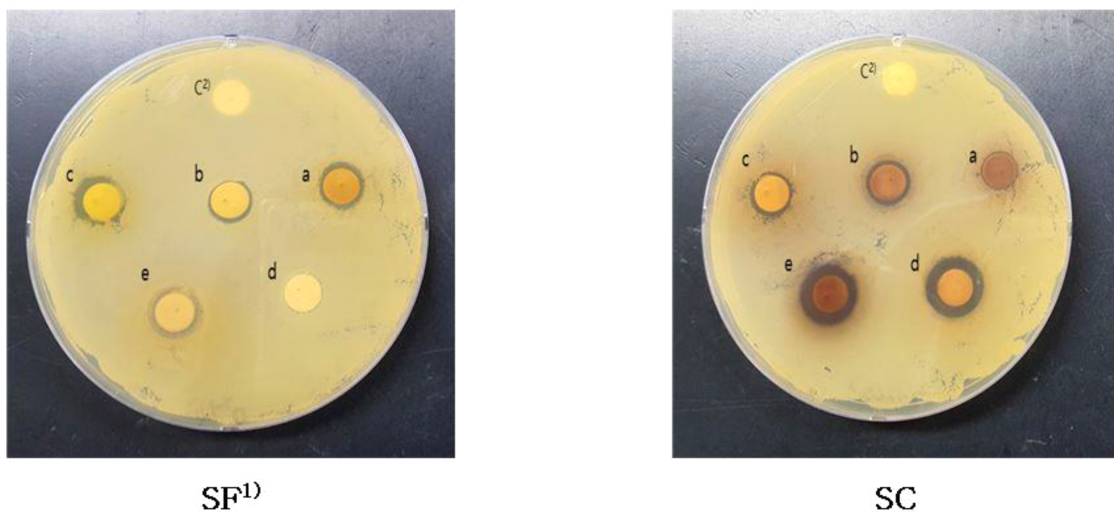
Samples <sup>1)</sup>	Clear zone on plate (mm/disk)				
	Hexane	Chloroform	Ethyl acetate	n-Butanol	Water
SF	$11.74 \pm 1.12^{2)ns3)}$	$9.21 \pm 0.69$	$10.90 \pm 0.45$	$8.89 \pm 0.54$	$10.05 \pm 0.91$
SC	$8.52 \pm 1.71^{a4)}$	$10.99 \pm 1.29^a$	$10.46 \pm 1.07^a$	$13.23 \pm 0.10^b$	$13.28 \pm 0.08^b$

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with letters in the same row are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup>Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a)b).



**Fig. 3.** Antibacterial activity according to various solvent fractionation of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105. <sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*. <sup>2)</sup>C, control; a, hexane fraction; b, chloroform fraction; c, ethyl acetate fraction; d, n-butanol fraction; e, water fraction.



### 3.4. 최소저해농도(MIC)

고삼, 오미자 30% ethanol 추출물의 *S. mutans* 균주에 대한 최소저해농도(MIC) 측정 결과는 Table 5와 같다. 고삼은 2.0 mg/mL 이상의 농도에서 활성을 나타내었으며, 농도가 증가함에 따라 활성이 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). Yim 등(2013)은 구강세균에 대한 한약재의 항균 활성 평가를 진행한 결과, 고삼 추출물의 *S. mutans* 균주 최소저해농도(MIC)를 1.25 mg/mL로 보고하여 본 연구 결과와 유사하게 나타났다. 오미자는 30% ethanol 추출물에서는 5.0 mg/mL 농도에서 활성이 나타났으며, Jeon 등(2003)은 오미자 추출물의 *S. mutans* 균주에 대한 최소저해농도(MIC)를 5 mg/mL로 보고하여 본 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 오미자의 *S. mutans* 균주에 대한 최소저해농도(MIC)는 고삼의 약 40%로 나타났으나, Jeong 등(2009)에 따르면 오미자 열수 추출물을 소장 정상 상피세포인 Caco-2 cell에 처리한 후 MTT assay를 실시하여 세포 독성을 측정된 결과, 처리한 모든 농도(0.0625-5 mg/mL)에서 세포 독성이 없음을 보고하였다. 따라서 오미자는 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성과 더불어 안전성을 바탕으로 다양한 제품에 응용할 수 있는 소재로 사료된다.

### 3.5. 열 및 pH 안정성

고삼, 오미자 30% ethanol 추출물의 열처리 조건에 따른 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 측정한 결과, 고삼은 60°C에서 121°C까지 8.54-10.30 mm의 clear zone을 생성하였으며, 오미자는 60°C에서 121°C까지 12.94-14.05 mm의 clear zone을 생성하는 것으로 나타났다(Table 6). 모든 시료구가 대조구 대비 열처리에 의해 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성이 약간 저하되었으나, 유의적인 차이를 나

타내지 않았다. 이는 오미자 ethanol 추출물을 60-120°C 범위의 열처리를 통한 항균력을 측정한 결과, 온도가 증가함에 따라 오미자 추출물의 색이 심하게 변색되었으나 항균력의 변화는 관찰되지 않았으며, 미생물 증식이 억제된다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다(Choi 등, 2013; Chung 등, 2001). 이와 같은 열 안정성은 가공식품, 천연 보존료 및 항균제 등의 다양한 활용을 위한 열처리 공정에도 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성이 유지될 수 있을 것으로 사료된다.

고삼, 오미자 30% ethanol 추출물의 pH에 따른 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 측정한 결과, 고삼은 모든 pH 범위에서 활성을 나타내었으나, pH가 저하됨에 따라 활성이 약간 감소되는 경향을 나타내었다. 이와 반대로 오미자는 pH 6 이상의 범위에서는 활성을 나타내지 않았으나, pH가 저하됨에 따라 항균 활성이 증가하는 경향을 나타내었다(Table 6). 오미자의 pH 저하에 따른 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성의 증가는 pH 4.5-5.5로 추정되는 구강 내 치태(Amissah 등, 2021; Bowen, 2013) 그리고 GTFase와 더불어 산을 생성하여 질환을 유발하는 *S. mutans* 균주(Yu 등, 2003a; Yu 등, 2003b)의 생장 억제에 적합한 소재로 사료된다.

### 3.6. 유기물 분해효소 처리에 따른 안정성

구강에는 약 700여 종 이상의 미생물이 서식하고 있으며(Paster 등, 2006), 다양한 유기물 분해효소를 생성하는 것으로 알려져 있다(Hondoh 등, 2008). 이와 같은 유기물 분해효소에 대한 안정성을 확인을 위해 고삼과 오미자 30% ethanol 추출물을 9종의 효소제로 처리한 결과, 10-100 ppm 농도까지 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 보여 효소제에 대한 안정성을 나타내었으나, 1,000 ppm 농도

**Table 5.** Minimum inhibitory concentration (MIC) of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Samples <sup>1)</sup>	Clear zone on plate (mm/disk)					MIC (mg/mL)
	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	
SF	- <sup>2)</sup>	9.46±0.47 <sup>3)c4)</sup>	10.23±0.31 <sup>b)</sup>	10.77±0.30 <sup>ab)</sup>	11.29±0.25 <sup>a)</sup>	2.0
SC	-	-	-	-	9.52±0.53	5.0

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>Not detected.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a)b)c).

**Table 6.** Heat and pH stability of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Heat treatments						
Samples <sup>1)</sup>	Clear zone on plate (mm/disk)					
	Control	Heating temperature (°C)				121
		60	80	100	121	
SF	10.17±0.16 <sup>2)a3)</sup>	10.30±0.44 <sup>a</sup>	9.68±0.17 <sup>a</sup>	8.54±0.46 <sup>b</sup>	9.90±0.45 <sup>a</sup>	
SC	15.00±2.41 <sup>ns4)</sup>	13.13±1.27	14.05±2.05	13.09±0.87	12.94±1.59	

pH treatments						
Samples <sup>1)</sup>	Control	pH				
		2	4	6	8	10
	SF	10.27±0.71 <sup>ab</sup>	9.11±0.32 <sup>c</sup>	9.60±0.21 <sup>bc</sup>	10.27±0.71 <sup>ab</sup>	10.82±0.27 <sup>a</sup>
SC	13.16±1.67 <sup>a</sup>	16.36±2.06 <sup>a</sup>	11.37±1.53 <sup>b</sup>	- <sup>5)</sup>	-	-

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>3)</sup>Means with different superscript letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a)b)c).

<sup>4)</sup>Means with letters in the same row are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>5)</sup>Not detected.

에서는 고삼과 오미자 두 소재 모두 Lactozym(beta-galactosidase, Lac)과 Lipozyme(lipase, Lip) 효소제 처리에 의해 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 나타내지 않았으며, 오미자는 Lac과 Lip 효소제 처리와 더불어 Fungamyl(fungal alpha-amylase, Fun)과 Termamyl(alpha-amylase, Ter) 효소제 처리에 의해 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 나타내지 않았다(Table 7). 효소제의 처리 온도에 따른 안정성은 오미자의 경우 40°C 처리 시료구 중 Fun과 Ter 효소제는 대조구 대비 낮은 항균 활성을 보이는 것으로 나타났으나, 대부분의 20-40°C의 모든 처리 조건에서 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성을 나타내었다(Table 7). 고삼과 오미자의 유기물 분해효소에 대한 안정성은 구강 내 유기물 분해효소와 더불어 식품산업에서 protease, glycosidase 및 lipase 등 다양한 효소가 활용되고 있어(Oh, 2004), 다양한 제품과 가공 공정 과정 중 *S. mutans* 균주에 대한 항균 활성이 유지될 것으로 사료된다.

### 3.7. 산화효소와 과산화수소 처리에 따른 안정성

고삼 및 오미자 30% ethanol 추출물에 산화효소와 과산화수소 처리에 안정성이 있는지 확인하기 위하여, 산화효소인 catalase와 과산화수소인 hydrogen peroxide를 고삼

및 오미자 30% ethanol 추출물에 각각 첨가하고 반응시킨 후 항균 활성을 확인하였다. 산화효소와 과산화수소의 처리 농도에 따른 항균 활성 측정 결과는 Table 8과 같다. 고삼 및 오미자 30% ethanol 추출물에 산화효소를 각각 10 ppm 농도로 처리했을 때 항균 활성이 높아졌고, 오미자 30% ethanol 100 ppm 농도에서는 대조구에 비해서 활성이 감소하였다(Table 8). 처리 온도별 결과에서 산화효소 처리구는 온도별 유의성이 없었고, 과산화수소 처리구는 처리하지 않은 대조구와 비교해 고삼 30% ethanol 추출물에서는 유의적 차이를 보이지 않았다. 따라서 Catalase 효소와 과산화수소 처리에 따른 고삼 및 오미자 ethanol 30% 추출물 항균 활성은 크게 영향을 받지 않을 것으로 사료된다.

## 4. 요약

본 연구에서는 *Streptococcus mutans* KCCM 40105 균주의 항균 활성 효과가 있는 천연 소재를 선별하고 추출 조건을 확인하였으며, 처리 조건에서 안정성이 있는지 확인하였다. 총 17종의 천연 소재 후보군에서 *S. mutans* 균주에 항균 활성을 보이며 국내 식품원료 등록 여부가 다른 고삼과 오미자를 비교하고자 두 소재를 최종 소재로 선별하였다. 추출 용매별 항균 활성에서 고삼은 ethanol 추출물에서

**Table 7.** Effect of various enzyme treatments on antibacterial activity of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Enzyme concentration		Clear zone on plate (mm/disk)									
Sample <sup>1)</sup>		Fun <sup>2)</sup>	Ter	Sec	Lac	Mal	Inv	Fla	Alc	Lip	
SF	Control	9.87±0.60 <sup>3)ns4)</sup>	10.39±0.31 <sup>a6)</sup>	11.07±0.97 <sup>ab</sup>	10.90±1.14 <sup>ns</sup>	9.75±0.56 <sup>ab</sup>	10.33±0.38 <sup>a</sup>	10.66±0.76 <sup>ns</sup>	10.76±0.53 <sup>b</sup>	10.48±1.10 <sup>ns</sup>	
	10 ppm	10.18±0.23	10.15±0.65 <sup>ab</sup>	9.84±0.41 <sup>b</sup>	10.95±1.13	9.82±0.97 <sup>ab</sup>	10.03±0.60 <sup>ab</sup>	10.31±0.74	10.52±0.46 <sup>b</sup>	9.82±0.74	
	100 ppm	9.67±0.18	9.06±0.21 <sup>b</sup>	10.91±0.35 <sup>ab</sup>	9.85±0.94	8.72±0.35 <sup>b</sup>	9.58±0.39 <sup>a</sup>	10.73±0.41	10.40±0.27 <sup>b</sup>	11.25±1.08	
	1,000 ppm	9.87±0.45	10.42±1.05 <sup>a</sup>	11.77±0.66 <sup>a</sup>	-	10.34±0.35 <sup>a</sup>	9.77±0.50 <sup>a</sup>	10.43±0.48	12.99±0.17 <sup>a</sup>	-	
SC	Control	11.53±1.56	12.62±0.33 <sup>a</sup>	13.23±0.60 <sup>ns</sup>	13.49±2.08 <sup>ns</sup>	11.57±0.46 <sup>ns</sup>	12.81±3.22 <sup>ns</sup>	12.66±1.57 <sup>ns</sup>	13.02±3.75 <sup>ns</sup>	14.33±1.82 <sup>ns</sup>	
	10 ppm	12.36±0.45	11.80±1.55 <sup>a</sup>	12.10±3.15	13.11±2.72	12.84±0.25	12.21±1.52	13.88±0.39	11.73±2.76	12.78±0.86	
	100 ppm	10.58±1.65	8.83±0.04 <sup>b</sup>	11.19±2.22	11.36±2.65	10.94±1.34	13.50±2.51	11.51±0.64	12.16±3.94	12.07±1.16	
	1,000 ppm	- <sup>5)</sup>	-	10.23±1.40	-	10.72±0.87	11.95±0.71	12.31±1.83	10.63±2.31	-	
Enzyme reaction temperature											
SF	Control	11.01±0.39 <sup>3)ab6)</sup>	9.48±1.02 <sup>ns</sup>	10.67±0.49 <sup>a</sup>	9.69±1.18 <sup>ns</sup>	8.71±0.29 <sup>ab</sup>	9.04±0.74 <sup>bc</sup>	10.70±0.79 <sup>ab</sup>	10.33±0.64 <sup>ns</sup>	9.78±1.10 <sup>ns</sup>	
	20°C	9.67±0.79 <sup>ab</sup>	9.33±0.07	9.89±0.53 <sup>b</sup>	9.30±0.42	8.90±0.34 <sup>ab</sup>	10.09±0.52 <sup>a</sup>	11.55±0.27 <sup>a</sup>	10.29±0.52	9.61±1.17	
	25°C	10.15±1.22 <sup>ab</sup>	9.20±0.39	8.97±0.59 <sup>cd</sup>	9.52±1.00	8.95±0.47 <sup>ab</sup>	9.21±0.32 <sup>abc</sup>	10.90±0.35 <sup>ab</sup>	10.02±0.66	9.77±0.74	
	30°C	9.16±0.56 <sup>b</sup>	9.00±0.20	9.41±0.26 <sup>bc</sup>	10.52±0.77	8.33±0.05 <sup>b</sup>	8.49±0.10 <sup>c</sup>	9.71±1.24 <sup>b</sup>	10.22±0.31	9.72±1.39	
	35°C	9.89±0.70 <sup>ab</sup>	9.74±0.24	8.67±0.06 <sup>cd</sup>	9.94±1.39	9.26±0.60 <sup>a</sup>	9.77±0.32 <sup>ab</sup>	11.15±0.55 <sup>a</sup>	9.51±1.24	9.80±0.94	
	40°C	9.79±0.93 <sup>ab</sup>	9.12±0.42	8.55±0.19 <sup>d</sup>	9.70±1.07	9.12±0.53 <sup>ab</sup>	9.37±0.55 <sup>abc</sup>	10.78±0.50 <sup>ab</sup>	9.75±1.08	10.41±0.90	
SC	Control	11.97±2.72 <sup>ns4)</sup>	11.34±0.37 <sup>a</sup>	12.16±3.90 <sup>ns</sup>	14.27±2.62 <sup>ns</sup>	10.14±0.68 <sup>ab</sup>	13.40±2.49 <sup>ns</sup>	11.73±1.83 <sup>a</sup>	9.86±1.66 <sup>ns</sup>	9.85±1.47 <sup>ns</sup>	
	20°C	10.33±2.83	11.07±0.54 <sup>a</sup>	10.37±1.74	11.13±2.66	11.17±0.82 <sup>a</sup>	12.39±1.80	12.59±2.52 <sup>a</sup>	8.93±1.25	10.45±1.64	
	25°C	10.84±0.21	10.19±0.26 <sup>ab</sup>	9.37±1.02	12.46±1.25	9.87±0.65 <sup>ab</sup>	12.76±0.92	11.56±3.21 <sup>a</sup>	9.28±0.86	10.44±1.84	
	30°C	10.77±2.23	10.21±0.41 <sup>ab</sup>	9.81±1.65	10.99±2.40	8.93±0.83 <sup>b</sup>	11.95±2.11	12.70±2.88 <sup>ab</sup>	11.39±2.84	10.82±2.72	
	35°C	10.20±2.75	10.77±0.70 <sup>ab</sup>	9.12±0.56	10.39±1.24	11.37±0.99 <sup>a</sup>	12.75±1.10	13.66±2.59 <sup>a</sup>	9.03±0.66	10.76±1.81	
	40°C	8.87±0.36	9.52±1.09 <sup>b</sup>	9.88±1.68	11.04±2.52	10.69±0.79 <sup>a</sup>	13.35±0.58	12.44±2.48 <sup>a</sup>	11.27±3.39	11.61±3.31	

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>Fun, fungamyl; Ter, termamyl; Sec, secura; Lac, lactozym; Mal, maltoginase; Inv, invertase; Fla, flavourzyme; Alc, alcalase; Lip, lipozyme.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Means with letters in the same column are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

<sup>5)</sup>Not detected.

<sup>6)</sup>Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a)b)c.

13.93±0.67 mm로 활성을 나타내었고, 오미자의 경우 ethanol 추출물과 water 추출물에서 각각 12.85±1.13 mm와 12.74±0.05 mm로 활성을 나타내었다. 최소저해 농도(MIC)를 측정된 결과, 고삼 30% ethanol 추출물은 2.0 mg/mL 이상의 농도에서 증식 억제효과를 나타내었으며, 오미자 30% ethanol 추출물에서는 5.0 mg/mL 농도에서 활성이 나타났다. 고삼, 오미자 30% ethanol 추출물에 포함된 활성물질의 열 및 pH 안정성을 측정된 결과, 열에는 안

정성이 확인되었으나, pH 안정성에서는 오미자 30% ethanol 추출물에서 pH 6.0 이상부터는 활성이 나타나지 않았다. 유기물 분해 효소 처리에 따른 항균 활성 평가는 탄수화물, 단백질, 지방 분해 효소 모두 10 ppm과 100 ppm의 농도에서는 큰 영향을 보이지 않았으나, 1,000 ppm 농도에서 활성이 약간 감소하는 경향을 보였다. catzyme 효소와 과산화수소의 처리에 따른 활성을 측정된 결과, 10 ppm의 저농도에서는 활성이 증가하였으나, 처리 농도가

**Table 8.** Effect of catalase and hydrogen peroxide treatments on antibacterial activity of *S. flavescens* and *S. chinensis* 30% ethanol extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105

Oxidant concentration		Clear zone on plate (mm/disk)	
Sample <sup>1)</sup>		Cat <sup>2)</sup>	
		Cat <sup>2)</sup>	Hyp
SF	Control	10.86±1.34 <sup>3)(c4)</sup>	12.78±0.99 <sup>b</sup>
	10 ppm	14.85±0.95 <sup>b</sup>	16.09±1.40 <sup>ab</sup>
	100 ppm	13.73±2.09 <sup>b</sup>	16.44±2.28 <sup>a</sup>
	1,000 ppm	18.87±0.54 <sup>a</sup>	16.70±2.39 <sup>a</sup>
SC	Control	13.11±0.78 <sup>b</sup>	13.64±1.20 <sup>ns5)</sup>
	10 ppm	13.05±2.47 <sup>b</sup>	12.37±0.62
	100 ppm	11.44±0.82 <sup>b</sup>	15.93±0.46
	1,000 ppm	18.77±1.10 <sup>a</sup>	12.48±3.14
Oxidant reaction temperature			
SF	Control	13.27±1.88 <sup>ns</sup>	14.20±1.04 <sup>a</sup>
	20°C	13.81±2.18	9.88±0.16 <sup>c</sup>
	25°C	12.91±1.01	10.14±0.79 <sup>c</sup>
	30°C	11.60±0.44	10.31±0.42 <sup>c</sup>
	35°C	11.75±2.17	11.74±0.55 <sup>b</sup>
	40°C	11.18±0.61	11.76±0.11 <sup>b</sup>
SC	Control	12.27±0.90 <sup>ns</sup>	12.21±1.04 <sup>b</sup>
	20°C	12.17±1.38	13.54±0.48 <sup>a</sup>
	25°C	12.25±0.68	13.96±0.32 <sup>b</sup>
	30°C	11.47±0.38	12.23±2.46 <sup>b</sup>
	35°C	12.98±2.18	13.68±1.03 <sup>b</sup>
	40°C	12.09±1.52	11.81±1.85 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>SF, *Sophorae flavescens*; SC, *Schizandra chinensis*.

<sup>2)</sup>Cat, catalase; Hyp, hydrogen peroxide.

<sup>3)</sup>All values are mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Means with different superscript letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test. a)b)c.

<sup>5)</sup>Means with letters in the same column are not significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

100 ppm 이상부터는 활성이 감소하였고, 처리 온도별 활성은 유의적 차이를 보이지 않아 향후 고삼과 오미자 항균 활성 물질은 열처리 조건에서는 안정할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구에서는 한국산업기술진흥원(과제번호: P063500057)

의 연구비 지원을 받아 실행한 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

## Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

## Author contributions

Conceptualization: Jeong JH, Huh CK. Formal analysis: Jeong JH, Lee CM, Choi YR, Lee DH, Lee CY, Writing - original draft: Jeong JH, Kim SH, Huh CK, Writing - review & editing: Jeong JH, Kim SH, Huh CK.

## Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

## ORCID

Jae-Hee Jeong (First author)

<https://orcid.org/0000-0001-5898-8689>

Su-Hwan Kim

<https://orcid.org/0000-0002-5163-9061>

Chae-Mi Lee

<https://orcid.org/0000-0001-5203-2993>

Yu-Ri Choi

<https://orcid.org/0000-0001-6268-5568>

Dong-Hun Lee

<https://orcid.org/0000-0003-0127-9691>

Chae-Yun Lee

<https://orcid.org/0000-0002-2609-6106>

Chang-Ki Huh (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0003-4456-8477>

## References

- Amissah F, Andey T, Ahlschwede KM. Nanotechnology-based therapies for the prevention and treatment of *Streptococcus mutans*-derived dental carie. J Oral Biosci, 63, 327-336 (2021)
- Baek DH. Screening of the natural plant extracts for

- the antimicrobial activity on dental pathogens. Korean J Microbiol, 43, 227-231 (2007)
- Bowen WH. The stephan curve revisited. Odontology, 101, 2-8 (2013)
- Chang GT, Kang SK, Kim JH, Chung KH, Chang YC, Kim CH. Inhibitory effect of the Korean herbal medicine, Dae-Jo-Whan, on platelet activating factor-induced platelet aggregation. J Ethnopharmacol, 102, 430-439 (2005)
- Choi EJ, Jang SR, Kang OJ, Bang WS. Antimicrobial activity of *Psoralea corylifolia*, *Schizandra chinensis*, and *Spatholobus suberectus* extracts. Korean J Food Sci Technol, 45, 495-500 (2013)
- Choi HY, Heo NS, Choi YW, Lee YG, Jeong YK, Joo WH. Antimicrobial and anti-halitosis effects of *Alnus firma* extracts. J Life Sci, 22, 1071-1076 (2012)
- Choi IL, Cho JY, Lim SC. Antimicrobial activity of medicinal herbs against *Staphylococcus aureus*. Korean J Plant Res, 19, 491-496 (2006)
- Chung KH, Lee SH, Lee YC, Kim JT. Antimicrobial activity of *Omija* (*Schizandra chinensis*) extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr, 30, 127-132 (2001)
- Eum JS. Antimicrobial activity of *Coptis chinensis* and *Sophora flavescens* against *Streptococcus mutans* ATCC 25175. J Korean Inst Inf Commun Eng, 16, 384-389 (2012)
- Hondoh H, Saburi W, Mori H, Okuyama M, Nakada T, Matsuura Y, Kimura A. Substrate recognition mechanism of  $\alpha$ -1,6-glucosidic linkage hydrolyzing enzyme, dextran glucosidase from *Streptococcus mutans*. J Mol Biol, 378, 913-922 (2008)
- James SL, Abate D, Abate KH, Abay SM, Abbafati C, Abbasi N, et al. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017; A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. Lancet, 392, 1789-1858 (2018)
- Jeon ES, Han MD. Effects of *Lignum sappan* extract on the growth of *Streptococcus mutans* KCTC 3065. J Dent Hyg Sci, 4, 127-131 (2004)
- Jeon ES, Han MD, Kim HD. Antimicrobial activity of *Streptococcus mutans* by *Schizandrae fructus* and *Evodiae fructus* extracts. J Dent Hyg Sci, 3, 39-44 (2003)
- Jeong EG, Lee JC, Seo JY, Kim SY, Kim WS, Yun WH, Kim YS, Pi SH, You HK, Shin HS. Inhibitory effects of *Enterococcus faecium* isolated from Korean infants on oral pathogens. J Korean Acad Periodontol, 38, 31-40 (2008)
- Jeong EJ, Lee WJ, Kim KY. Effects of *Schizandra chinensis* extract on the growth of intestinal bacteria related with obesity. Korean J Food Sci Technol, 41, 673-680 (2009)
- Jeun ES, Yoon SH, Han MD. Antimicrobial activity of *Streptococcus mutans* by herbal medicine extracts. J Dent Hyg Sci, 2, 31-28 (2002)
- Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* Ruprecht (*Omija*) seed. Korean J Food Sci Technol, 32, 928-935 (2000)
- Kang SS, Kim JS, Son KH, Chang HW, Kim HP. A new prenylated flavonone from the roots of *Sophora flavescens*. Fitoterapia, 71, 511-515 (2000)
- Kim BS, Kim SM, Jeong JH, Han HB, Lee HW, Kim CM, Woo HG, Hwang DS, Park MW, Huh CK. Antimicrobial activity and stability of *Prunus mume* fruit extract against *Streptococcus mutans* KCCM 40105 strain. Korean J Food Preserv, 28, 426-436 (2021)
- Kim HS, Lee SW, Sydara K, Cho SJ. Antibacterial and antibiofilm activities of *Diospyros malabarica* stem extract against *Streptococcus mutans*. J Life Sci, 29, 90-96 (2019)
- Kim JH, Kim MJ, Choi SK, Bae SH, An SK, Yoon YM. Antioxidant and antimicrobial effects of lemon and eucalyptus essential oils against skin floras. J Soc Cosmet Scientists Korea, 37, 303-308 (2011)
- Kim KW, Baek JK, Jang YW, Kum EJ, Kwon YS, Kim HJ, Sohn HY. Screening of antibacterial agent against *Streptococcus mutans* from natural and

- medicinal plants. J Life Sci, 15, 715-725 (2005)
- Kim TI, Choi EJ, Chung CP, Han SB, Ku Y. Antimicrobial effect of *Zea mays* L. and *Magnoliae cortex* extract mixtures on periodontal pathogen and effect on human gingival fibroblast cellular activity. J Korean Acad Periodontol, 32, 249-255 (2002)
- Kim YD, Kang SK, Choi OJ. Antimicrobial activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) extract. J Korean Soc Food Sci Nutr, 30, 692-696 (2001)
- Kwon AR, Kim SI, Seong BJ, Jee MG, Lee KS, Kim HH, Doh ES. Growth characteristics, main constituents and antioxidant activities in local accessions of *Sophora flavescens* AIT. Korean J Medicinal Crop Sci, 28, 360-370 (2020)
- Kwon HJ, Park CS. Biological activities of extracts from *Omija* (*Schizandra chinensis* Baillon). Korean J Food Preserv, 15, 589-592 (2008)
- Lee HO, Lee KH, Park NK, Jeong SI, Baek SH, Han DM. Antibacterial effects of *Sophora flavescens* on *Streptococcus mutans*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 13, 539-546 (2000)
- Lee J, Kim Y, Kim DC, Chae HJ. Antimicrobial activities of edible plant extracts against oral bacteria. J Appl Biol Chem, 63, 61-67 (2020)
- Lee JY, Min YK, Kim HY. Isolation of antimicrobial substance from *Schizandra chinensis* Baillon and antimicrobial effect. Korean J Food Sci Technol, 33, 389-394 (2001)
- Lee SH, Kim MJ. Antimicrobial effect of natural plant extracts against periodontopathic bacteria. Int J Contents, 19, 242-255 (2019)
- Lee SY, Kim JH, Song EJ, Kim KBWR, Hong YK, Lim SM, Ahn DH. Investigation of antimicrobial activity of brown algae extracts and the thermal and pH effects on their activity. Food Sci Biotechnol, 18, 506-512 (2009)
- Masrh PD, Martin MV, Lewis MAO, Williams DW. Oral Microbiology E-Book: Elsevier Health Sciences. Elsevier Health Sciences, NY, USA, p 2-3 (2009)
- MFDS. Food Code (No. 2021-79, 2021. 09. 30.). Ministry of Food and Drug Safety. p 22-28 (2021)
- Oh SH. Trends in the utilization of enzyme in food industry. J Korean Soc Food Sci Nutr, 9, 1-9 (2004)
- Paster BJ, Olsen I, Aas JA, Dewhirst FE. The breadth of bacterial diversity in the human periodontal pocket and other oral sites. Periodontology 2000, 42, 80-87 (2006)
- Rosan B, Lamont RJ. Dental plaque formation. Microbes Infect, 2, 1599-1607 (2000)
- Selwitz RH, Ismail AI, Pitts NB. Dental caries. Lancet, 369, 51-59 (2007)
- Seo KS, Huh CK, Kim YD. Changes of biologically active components in *Prunus mume* fruit. Korean J Food Preserv, 15, 269-273 (2008)
- Son HJ, Han MS, Ryu GH. Antibacterial activities of Et-OH extract from extruded white ginseng on tooth decay bacteria. J Korean Soc Food Sci Nutr, 38, 951-957 (2009)
- Woo ER, Kwak JH, Kim HJ, Park H. A new prenylated flavonol from the roots of *Sophora flavescens*. J Nat Prod, 61, 1552-1554 (1998)
- Yang SK, Yun YJ, Namgung MO. Determination of oxymatrine in *Sophora radix* by high performance liquid chromatography. Anal Sci Technol, 17, 289-294 (2004)
- Yim NH, Jung YP, Cho WK, Kim T, Kim A, Im M, Ma JY. Screening of aqueous extracts of medicinal herbs for antimicrobial activity against oral bacteria. Integr Med Res, 2, 18-24 (2013)
- You YS, Park KM, Kim YB. Antimicrobial activity of some medical herbs and spices against *Streptococcus mutans*. Kor J Microbiol, 21, 187-191 (1993)
- Yu HH, Seo SJ, Kim YH, Lee HS, Kim KJ, Jeon BH, You YO. Effect of *Asarum sieboldii* extracts on the growth, acid production, adhesion, and insoluble glucan synthesis of *Streptococcus mutans*. Kor J Oriental Physiol & Pathol Korean Med, 17, 666-671 (2003a)
- Yu YE, Park EY, Jung DH, Byun SH, Kim SC, Park

SM. Antibacterial effect of oriental medicinal herbs on dental pathogens. Kor J Microbiol, 46, 200-206 (2010)

Yu YO, Yu HH, Kim YJ, Yu MS, Seo SJ, Lee L, Lee HS. Effects of *Caesalpinia sappan* extracts on

the growth, acid production, adhesion, and insoluble glucan synthesis of *Streptococcus mutans*. J Korean Acad Dant Health, 27, 277-288 (2003b)