

博士學位論文

솔비나무, 감태 등의 제주식물들로
부터 기능성화장품 소재 개발 연구



濟州大學校 大學院

化學科

金精美

2009年 2月

솔비나무, 감태 등의 제주식물들로 부터 기능성화장품 소재 개발 연구

指導教授 李 南 昊

金 精 美

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

2009年 2月

金精美의 理學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ ①

委 員 _____ ①

委 員 _____ ①

委 員 _____ ①

委 員 _____ ①

濟州大學校 大學院

2009年 2月

The Study of Development of Cosmaceutical
material from Jeju Plants Including *Maackia*
fauriei and *Ecklonia cava*

Jeong-Mi Kim
(Supervised by professor Nam-Ho Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Doctor of Science

2009. 2.

This thesis has been examined and approved.

Committee Chairman,

Dissertation Committee,

Dissertation Committee,

Dissertation Committee,

Dissertation Committee,

.....
Date

DEPARTMENT OF CHEMISTRY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

ABSTRACT

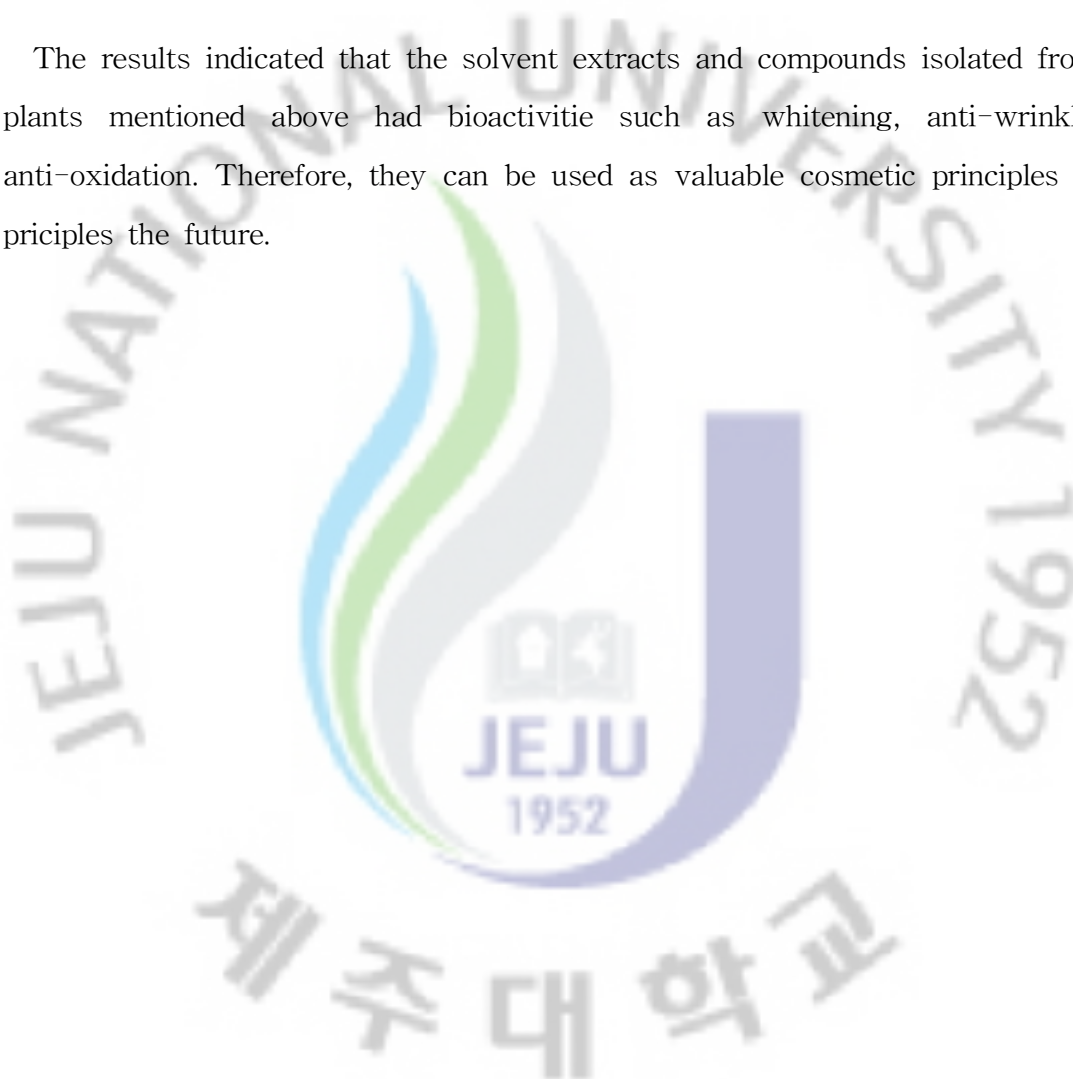
For the development of cosmeceutical ingredients, we have screened plant in Jeju island. Whitening, anti-wrinkle, anti-oxidation properties were examined with organic solvent extracts as well as single compounds from the plant species.

In this study, nine tyrosinase inhibitory constituents were isolated from *Maackia fauriei* and their structures were identified by 1D NMR(¹H-NMR, ¹³C-NMR, DEPT) and 2D NMR(HMQC, HMBC) techniques. Isolated compounds were identified as tectorigenin, genistein, afromosin, formononetin, daidzein, 7-*O*-methoxy-afromosin, texasin, mirkoin, odoratin. their whitening activities were examined. IC₅₀ of tyrosinase activities for tectorigenin, genistein, afromosin, formononetin, daidzein, 7-*O*-methoxy-afromosin, texasin, mirkoin, odoratin were measured at the concentration of 6.1 μg/mL, 8.9 μg/mL, 117.8 μg/mL, 206.3 μg/mL, 10.4 μg/mL, 164.6 μg/mL, 137.2 μg/mL, 1.4 μg/mL, 229.1 μg/mL respectively.

In this study, seven tyrosinase and elastase inhibitory constituents were isolated from *Ecklonia cava*. Isolated compounds were identified as phloroglucinol, phlorotninin A, eckol, triphlorethol A, fucodiphlorethol E, phlorofucofucoeckol, dieckol. their whitening activities were examined. IC₅₀ of tyrosinase activities for phloroglucinol, phlorotninin A, eckol, triphlorethol A, fucodiphlorethol E, phlorofucofucoeckol, dieckol were measured at the concentration of 26.8 μg/mL, 50.5 μg/mL, 7.3 μg/mL, 10.9 μg/mL, 115.8 μg/mL, 7.8 μg/mL, 6.5 μg/mL respectively. IC₅₀ of elastase activities for phloroglucinol, phlorotninin A, eckol, triphlorethol A, fucodiphlorethol E, phlorofucofucoeckol, dieckol were measured at the concentration of 53.0 μg/mL, 43.7 μg/mL, 44.7 μg

/mL, 29.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, $> 100 \mu\text{g}/\text{mL}$, 12.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 14.7 $\mu\text{g}/\text{mL}$ respectively. Two constituents were isolated from *Ecklonia cava*. and their activity were examined. These activities were low potent than that of arbutin and vitamin C. Compound **8** and compound **9** were isolated from *E. cava.*, for the first time.

The results indicated that the solvent extracts and compounds isolated from plants mentioned above had bioactivitie such as whitening, anti-wrinkle, anti-oxidation. Therefore, they can be used as valuable cosmetic principles in priciples the future.



목 차

| | |
|---|------|
| ABSTRACT | i |
| 목 차 | iii |
| LIST OF TABLES | vii |
| LIST OF FIGURE | ix |
| LIST OF SCHEMES | xiii |
| | |
| I. 서 론 | 1 |
| 1. 미백 | 1 |
| 2. 주름개선 | 5 |
| 3. 항산화 | 8 |
| 4. 식물 추출물 | 8 |
| 5. 육상 및 해상 식물 | 8 |
| 6. 연구 목적 | 11 |
| | |
| II. 시약 및 기기 | 12 |
| | |
| III. 과제 1 : 제주자생식물들의 활성 결과에 따른 경향성 | 13 |
| 1. 재료 | 13 |
| 2. 실험방법 | 13 |
| 2-1. 식물의 추출 및 용매 분획 | 13 |
| 2-2. 활성 검색 | 14 |
| 2-2-1. Tyrosinase inhbiton test | 14 |
| 2-2-2. Elastase inhbiton test | 16 |
| 2-2-3. DPPH radical scavenging test | 17 |
| 3. 결과 | 19 |
| 3-1. 식물 목록 및 수율 | 19 |

| | |
|---|----|
| 3-2. 과명에 따른 식물 분류 | 19 |
| 3-3. 식물들의 활성결과 | 29 |
| 3-3-1. 미백 활성 검색 결과 | 29 |
| 3-3-2. 주름개선 활성 검색 결과 | 43 |
| 3-3-3. 항산화 활성 검색 결과 | 58 |
| 3-4. 과명에 따른 식물들의 활성 결과 | 70 |
| 3-5. 활성별 식물 추출물 및 분획물들의 활성 결과 경향성 | 76 |
| 4. 결론 | 77 |

IV. 과제 2 : 솔비나무 가지로부터 유효 성분 분리 및 동정

| | |
|--|-----|
| 1. 재료 | 79 |
| 2. 실험방법 | 80 |
| 2-1. 시료의 추출 및 용매 분획 | 80 |
| 2-2. Compounds의 분리 과정 | 82 |
| 2-2-1. Compound 1과 compound 2의 분리과정 | 82 |
| 2-2-2. Compound 3과 compound 4 및 compound 5의 분리과정 | 83 |
| 2-2-3. Compound 6의 분리과정 | 84 |
| 2-2-4. Compound 7과 compound 8 및 compound 9의 분리과정 | 85 |
| 2-3. 활성 검색 | 86 |
| 2-3-1. Tyrosinase inhibition test | 86 |
| 2-3-2. Compound 8의 반응 속도 결정 실험 | 86 |
| 3. 결과 | 87 |
| 3-1. 추출물 및 용매 분획물들의 활성 결과 | 87 |
| 3-2. 솔비나무 가지로부터 분리된 화합물들의 구조 결정 | 88 |
| 3-2-1. Compound 1과 compound 2의 구조 동정 | 88 |
| 3-2-2. Compound 3, 4, 5, 6, 7의 구조 동정 | 93 |
| 3-2-3. Compound 8의 구조 동정 | 97 |
| 3-2-4. Compound 9의 구조 동정 | 102 |

| | |
|--|-----|
| 3-3. 활성결과 | 108 |
| 3-3-1. 1-9개 화합물들의 활성 결과 | 108 |
| 3-3-2. Compound 8의 효소 저해 작용 측정 | 109 |
| 4. 결론 | 112 |
| V. 과제 3 : 감태로부터 유효 성분 분리 및 동정 | |
| 1. 재료 | 115 |
| 2. 실험방법 | 117 |
| 2-1. 시료의 추출 및 유효성분 분리 | 117 |
| 2-1-1. 추출물 및 용매분획 | 117 |
| 2-1-2. Celite column chromatography에 의한 분리 | 117 |
| 2-1-3. Phlorotannin의 분리 | 119 |
| 2-1-4. 재결정에 의한 compound 7의 분리 | 120 |
| 2-1-5. Compound 8의 분리 | 121 |
| 2-1-6. Compound 9의 분리 | 122 |
| 2-1-7. Compound 8과 Compound 9의 가수분해 | 123 |
| 2-1-7-1. Compound 8의 가수분해 | 123 |
| 2-1-7-2. Compound 9의 가수분해 | 124 |
| 2-2. 활성 검색 | 125 |
| 2-2-1. Tyrosinase inhibition test | 125 |
| 2-2-2. Elastase inhibition test | 125 |
| 2-2-3. DPPH radical scavenging test | 126 |
| 3. 결과 | 127 |
| 3-1. 추출물 및 용매 분획물들의 활성 결과 | 127 |
| 3-1-1. Tyrosinase inhibition test | 127 |
| 3-1-2. DPPH radical scavenging test | 128 |
| 3-2. 감태로부터 분리된 화합물들의 구조 확인 | 129 |
| 3-2-1. Compounds 1-7의 구조 확인 | 129 |
| 3-2-2. Compound 8의 구조 동정 | 131 |

| | |
|--|-----|
| 3-2-2-1. Compound 8에 대한 구조 동정 | 131 |
| 3-2-2-2. Compound 8의 hexane fraction에 대한 구조 동정 | 134 |
| 3-2-2-2. Compound 8의 methanol fraction에 대한 구조 동정 | 138 |
| 3-2-3. Compound 9의 구조 동정 | 141 |
| 3-2-3-1. Compound 9에 대한 구조 동정 | 141 |
| 3-2-3-2. Compound 9의 hexane fraction에 대한 구조 동정 | 145 |
| 3-2-3-3. Compound 9의 methanol fraction에 대한 구조 동정 | 148 |
| 3-3. 분리 물질 활성결과 | 155 |
| 3-3-1. Tyrosinase inhibition test | 155 |
| 3-3-1-1. Compound 1-7의 활성 결과 | 155 |
| 3-3-1-2. Compound 8-9의 활성 결과 | 157 |
| 3-3-2. Elastase inhibition test | 158 |
| 3-3-2-1. Compound 1-7의 활성 결과 | 158 |
| 3-3-2-2. Compound 8-9의 활성 결과 | 160 |
| 3-3-3. DPPH inhibition test | 161 |
| 3-3-3-1. Compound 8-9의 활성 결과 | 161 |
| 4. 결론 | 162 |
| VI. 결 론 | 163 |
| VII. 참 고 문 헌 | 165 |

LIST OF TABLES

| | |
|--|-----|
| Table 1. Commercial ingredients for Whitnig Effect | 3 |
| Table 2. Commercial ingredients for anti-wrinkle | 6 |
| Table 3. List and yield of plant in Jeju | 20 |
| Table 4. Number of plant species for family name | 28 |
| Table 5. Results of tyrosinase inhibition activity test | 30 |
| Table 6. Summary of plants showing anti-tyrosinase activity IC ₅₀ lower than 150 µg/mL | 41 |
| Table 7. Results of tyrosinase inhibition activity for extracts and fractions | 42 |
| Table 8. Elastase inhibition activities for the plant extracts | 43 |
| Table 9. Summary of plants showing anti-elastase activity IC ₅₀ lower than 50 µg/mL | 55 |
| Table 10. Results of elastase inhibition activity for extracts and fractions | 57 |
| Table 11. DPPH scavenging activities for the plant extracts | 59 |
| Table 12. Summary of plants showing DPPH scavenging activity IC ₅₀ lower than 10 µg/mL | 68 |
| Table 13. Results of DPPH scavenging activity for extracts and fractions | 70 |
| Table 14. Comparison of activities based on family nmae | 71 |
| Table 15. Number of plants for a kinds of activities | 76 |
| Table 16. NMR spectroscopic data ^a for compounds 1 and 2 | 92 |
| Table 17. NMR spectroscopic data ^a for compounds 3 and 4 | 94 |
| Table 18. NMR spectroscopic data ^a for compounds 5 and 6 | 95 |
| Table 19. NMR spectroscopic data ^a for compounds 7 | 96 |
| Table 20. NMR spectroscopic data ^a for compound 8 | 101 |

| | |
|--|-----|
| Table 21. NMR spectroscopic data ^a for compound 9 | 106 |
| Table 23. IC ₅₀ value of isolated compounds from <i>M. faruiei</i> branch | 109 |
| Table 24. Yield of isolated compounds 1-7 from <i>E. cava</i> | 131 |
| Table 25. NMR spectroscopic data ^a for compound 8 -hexane fraction and oleic acid | 137 |
| Table 26. ¹³ C-NMR spectroscopic data ^a for compounds 8 -methanol fraction and β -galactoside ^b | 140 |
| Table 27. ¹³ C-NMR spectroscopic data ^a for compounds 8 -methanol fraction and 3- <i>O</i> - β -D-galactopyranosyl- <i>sn</i> -glycerol | 140 |
| Table 28. NMR spectroscopic data ^a for compounds 9 -hexane fraction and oleic acid | 147 |
| Table 29. ¹³ C-NMR spectroscopic data ^a for compound 9 -methanol fraction and α -galactoside ^b | 152 |
| Table 30. NMR spectroscopic data ^a for compounds 9 | 154 |
| Table 31. IC ₅₀ value of tyrosinase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from <i>E. cava</i> | 156 |
| Table 32. IC ₅₀ value of elastase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from <i>E. cava</i> | 159 |

LIST OF FIGURES

| | |
|--|-----|
| Figure 1. Structures of whitnig ingredients | 5 |
| Figure 2. Structures of anti-wrinkle ingredients | 7 |
| Figure 3. A distributional map of plants in Halla mountain | 9 |
| Figure 4. A distributional map of marine plants | 10 |
| Figure 5. Melanin Biosythesis Pathway | 15 |
| Figure 6. Procedure of tyrosinase inhibition test | 16 |
| Figure 7. Procedure of elastase inhibition test | 17 |
| Figure 8. Procedure of DPPH radical scavenging test | 18 |
| Figure 9. Comparison of anti-tyrosinase activites based on plants part used. | 42 |
| Figure 10. Comparison of anti-elastase activites based on plants part used. | 58 |
| Figure 11. Comparison of DPPH sacvenging activites based on plants part used. | 70 |
| Figure 12. Comparison of activities based on extration and fractions | 76 |
| Figure 13. Photograph of <i>Maackia fauriei</i> | 80 |
| Figure 14. Results of tyrosinase inhibition activity for extracts and fractions from <i>M. fauriei</i> branch | 87 |
| Figure 15. ¹ H-NMR spectrum of compound 1 in CD ₃ OD | 90 |
| Figure 16. ¹³ C-NMR spectrum of compound 1 in CD ₃ OD | 90 |
| Figure 17. ¹ H-NMR spectrum of compound 2 in CD ₃ OD | 91 |
| Figure 18. ¹³ C-NMR spectrum of compound 2 in CD ₃ OD | 91 |
| Figure 19. ¹ H-NMR spectrum of compound 8 in CD ₃ O | 98. |
| Figure 20. ¹³ C-NMR spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | 98 |
| Figure 21. 135° DEPT spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | 99 |
| Figure 22. HMQC(up) and HMBC(under) spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | |

| | |
|--|-----|
| | 100 |
| Figure 23. ¹ H-NMR spectrum of compound 9 in CD ₃ OD | 104 |
| Figure 24. ¹³ C-NMR spectrum of compound 9 in CD ₃ OD | 104 |
| Figure 25. HMBC spectrum of compound 9 in CD ₃ OD | 105 |
| Figure 26. Structures of isolated compounds form <i>M. fauriei</i> branch | 107 |
| Figure 27. Results of tyrosinase inhibition test for isolated compounds from <i>M. fauriei</i> branch | 108 |
| Figure 28. Results of tyrosinase inhibition test for isolated compound 8 | 111 |
| Figure 29. Lineweaver-Burk plots of mushroom tyrosinase and L-tyrosine | 111 |
| Figure 30. Structures of compound 1 , 4 , 5 , 7 for comparison structure with activity | 113 |
| Figure 31. Relation of isolated compounds and activity. and Tyrosinase inhibition mechanism for isolated compounds from <i>M. fauriei</i> | 113 |
| Figure 32. Relation of Mirkoïn and L-tyrosine | 114 |
| Figure 33. Photograph of <i>Ecklonia cava</i> | 115 |
| Figure 34. Structures of isolated Phlorotannins from <i>E. cava</i> | 116 |
| Figure 35. Results of tyrosinase inhibition activity for extraction and fraction from <i>E. cava</i> | 127 |
| Figure 36. Results of DPPH scavenging activity for extraction and fraction from <i>E. cava</i> | 128 |
| Figure 37. Structures of isolated compounds 1-7 form <i>E. cava</i> | 130 |
| Figure 38. ¹ H-NMR spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | 133 |
| Figure 39. ¹³ C-NMR spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | 133 |
| Figure 40. ¹³⁵ DEPT spectrum of compound 8 in CD ₃ OD | 134 |
| Figure 41. ¹ H-NMR spectrum of compound 8 -hexane fraction in CDCl ₃ | 136 |
| Figure 42. ¹³ C-NMR spectrum of compound 8 -hexane fraction in CDCl ₃ . .. | 136 |
| Figure 43. Structure of oleic acid | 137 |

| | |
|---|-----|
| Figure 44. ^1H -NMR spectrum of compound 8 -methanol fraction in CD_3OD | 139 |
| Figure 45. ^{13}C -NMR spectrum of compound 8 -methanol fraction in CD_3OD | 139 |
| Figure 46. Structure of compound 8 -methanol fraction | 141 |
| Figure 47. Structure of compound 8 | 141 |
| Figure 48. ^1H -NMR spectrum of compound 9 in CD_3OD | 143 |
| Figure 49. ^{13}C -NMR spectrum of compound 9 in CD_3OD | 143 |
| Figure 50. DEPT spectrum of compound 9 in CD_3OD | 144 |
| Figure 51. ^1H -NMR spectrum of compound 9 -hexane fraction in CDCl_3 | 146 |
| Figure 52. ^{13}C -NMR spectrum of compound 9 -hexane fraction in CDCl_3 | 146 |
| Figure 53. ^1H -NMR spectrum of compound 9 -methanol fraction in CD_3OD and D_2O | 150 |
| Figure 54. ^{13}C -NMR spectrum of compound 9 -methanol fraction in CD_3OD | 150 |
| Figure 55. ^{13}C -NMR(noise mode) spectrum of compound 9 -methanol fraction in CD_3OD | 151 |
| Figure 56. DEPT spectrum of Compound 9 -methanol fraction in CD_3OD | 151 |
| Figure 57. Structure of compound 9 -methanol fraction | 152 |
| Figure 58. Key HMBC correlations of compound 9 | 152 |
| Figure 59. HMBC(up) and HMQC(under) spectrum of compound 9 in CD_3OD | 153 |
| Figure 60. IC_{50} value of tyrosinase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from <i>E. cava</i> | 155 |
| Figure 61. Results of tyrosinase inhibition activity for compound 8 and compound 9 from <i>E. cava</i> | 157 |
| Figure 62. IC_{50} value of elastase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from <i>E. cava</i> | 158 |

Figure 63. Results of elastase inhibition activity for compound 8 and compound 9 from *E. cava* 160

Figure 64. Results of DHHP scavenging activity for compound 8 and compound 9 from *E. cava* 161

Figure 65. Structure of compound 6, 7 for comparison structure with activity 162



LIST OF SCHEMES

| | |
|---|-----|
| Scheme 1. Procedure of extraction and various fractions from Jeju plants | 14 |
| Scheme 2. Procedure of extraction and various fraction from <i>M. fauriei</i> branch | 81 |
| Scheme 3. Isolation of the compound 1 and compound 2 from <i>M. fauriei</i> branch | 82 |
| Scheme 4. Isolation of the compound 3, compound 4 and compound 5 from <i>M. fauriei</i> branch | 83 |
| Scheme 5. Isolation of the compound 6 from <i>M. fauriei</i> branch | 84 |
| Scheme 6. Isolation of the compound 7 and compound 8, compound 9 from <i>M. fauriei</i> branch | 85 |
| Scheme 7. Isolation by celite column chromatography from <i>E. cava</i> | 118 |
| Scheme 8. Isolation of compound 1-6 from <i>E. cava</i> | 119 |
| Scheme 9. Isolation of compound 7 from <i>E. cava</i> | 120 |
| Scheme 10. Isolation of compound 8 from <i>E. cava</i> | 121 |
| Scheme 11. Isolation of compound 9 from <i>E. cava</i> | 122 |
| Scheme 12. Hydrolysis of compound 8 | 123 |
| Scheme 13. Hydrolysis of compound 9 | 124 |

I. 서 론

우리나라는 90년대 중반에 들어서면서 일반 화장품이 포화상태가 되고, 소득수준 향상에 따라 소비자의 요구도가 증대되면서 기능성 화장품의 개발이 붐을 이루었다. 이 분야에서 최근에는 괄목할만한 발전을 해왔으며, 이런 추세는 국내뿐만 아니라 전세계적으로 공통 관심사 이었고, 21세기에도 계속 지속되어지고 있다. 국내에서는 화장품법 (제정 1999. 9. 7. 법률 제 6025호 시행 2000. 7. 1.)이 약사법에서 독립되어 제정됨에 따라서 기존의 화장품 연구의 틀을 벗어나 기능성, 피부 안전성, 제제 안정화 등 다양한 연구가 이루어지고 있다. 화장품법의 시행과 기능성 화장품의 명문화로 화장품의 연구개발·제조기술의 발전에 박차가 가해지고 있으며 기능성 화장품 시대를 선점하기 위한 초석으로 기능성 화장품의 특허출원이 증가하고 있다.

기능성 화장품이란 피부에 대해서 생화학적 효능·효과를 나타내는 화장품으로서 2000년 7월에 시행된 국내 화장품법에서는 피부 미백, 피부 주름개선, 피부를 곱게 태워주거나 자외선으로부터 피부를 보호하는데 도움을 주는 제품으로 한정하고 있다. 기능성 화장품은 전 세계적으로 통용할 수 있는 공식적으로 인정된 용어는 아니지만 의약품과 화장품의 양 그룹 사이에 존재하면서 유효성 및 안전성이 향상된 제품을 의미하며, 피부를 대상으로 한 기초화장품이 기능성화장품의 주류를 이루고 있다. 또한 피부 미용에 대한 관심이 고조되면서 새로운 화장품의 개념은 단순 보습이나 미백 작용뿐만 아니라, 얼굴 표피에 나타난 형태적 변화 즉 여드름, 기미, 주근깨, 검버섯, 주름살 등과도 연관되어진 기능성 화장품으로서의 요구가 팽대해지고 있다. 이제 화장품은 단순히 하나의 미백 효과만을 추구하는 것이 아니라 치료적인 측면까지도 고려된 다양한 기능성 제품 개발이 시급한 실정이다.¹⁾

1. 미 백

화장품으로서의 미백제는 최근 10년 미만의 역사를 가지며, 정서적으로 흰 피

부를 선호하는 동양권의 생활수준 향상과 더불어, 피부의 흑화를 자외선에 의한 피부노화 현상의 하나로 인식하면서부터이다. 멜라닌 생성 억제나 증가 등에 관련된 연구는 극히 일부의 대학과 거대 화장품 회사 연구소에서 이루어지고 있다. 특히 최근에는 주로 동양인의 색소조절에 대한 욕구를 충족시키기 위하여 적극적인 피부 색소 조절을 위한 기초 및 임상연구에 투자하고 있다. 그러나 현재까지 실용화된 기미 치료제나 미백화장품은 신소재 및 신기술의 도입보다는 이미 알려진 물질의 단순한 조합으로써, 그 효과가 미흡하며 임상적으로 보다 효과 있는 미백제의 개발이 절실한 실정이다.

기미 등의 색소침착은 다음과 같이 정의된다. 피부세포 내에 있는 멜라닌 색소 생성세포(melanocyte)에서, 어떤 요인에 의해 멜라닌 생성활동이 증가되고, 이로 말미암아 만들어진 다량의 멜라닌이 각질형성세포(keratinocyte)로 전달되어, 피부 표피층(epidermis)에 축적된 결과이다. 자외선 등에 의한 기미, 주근깨, 피부염 증후의 피부흑화, 노인성색소반점 등으로 인한 피부의 과색소 침착은, 당사자에게 미용상의 불편뿐만 아니라 정신적으로 부정적인 영향을 미쳐 사회생활에 불편을 초래하기도 한다. 과도한 색소 침착을 개선하기 위해 의약품으로써, hydroquinone, sulfure, azelaic acid, retinoic acid 등이 사용되고 있으나, hydroquinone 및 최근의 retinoic acid 이외에는 뚜렷한 임상적 치료효과를 보기엔 부족한 면이 있다. hydroquinone은 tyrosinase enzyme inhibition $IC_{50}(75\mu g/ml)$ 농도에서 melanocyte에 독성이 심하다.

초기의 미백제는 멜라닌 색소생성 과정의 첫 단계인 티로시나제에 의한 티로신의 산화 억제 기능에 초점이 맞추어져 있었기 때문에, in vitro에서 티로시나제 활성 억제제를 선별하는 것이 중요한 미백제 개발수단이였다. 특히, 사용된 티로시나제는 버섯에서 유래한 것으로, 사람의 것과는 유사성에 있어서 많은 차이가 있으나, 이 과정에서 찾아낸 알부틴, 코직산, 비타민 C 등이 현재까지도 폭넓게 사용되고 있다.²⁾ 본 연구에서도 미백효과를 염두에 두어, 식물체 추출물의 tyrosinase 억제 활성을 조사하였다.

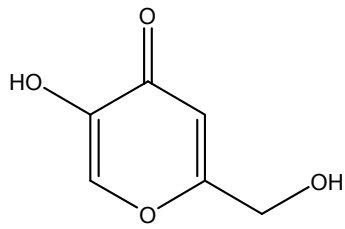
지금까지 널리 알려져 있는 미백성분으로는 Vitamin C 및 그 유도체, Kojic acid, Arbutin 등이 있었으나, 물리화학적 불안정으로 인한 제형에서의 안정성이 없고(vitamin C 및 그 유도체), 피부에 자극을 일으킬 수 있으며(Arbutin), 발암

성 물질로 의심(Kojic acid) 되기 때문에 실제적으로 제품에 적용하는데 한계가 있다.²⁾ 따라서 미백제의 개발이 시급한 상태이다.

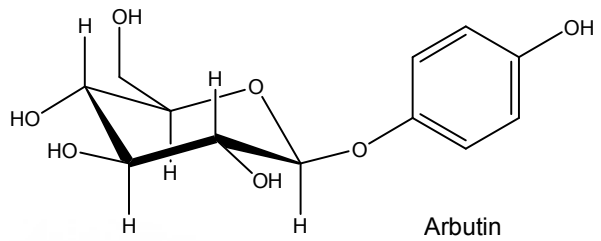
최근 국내 화장품업계의 미백 활성성분의 개발동향을 보면 기존의 미백성분을 유도체화 하는 방법(메디민 C, Kojic-APPA)과 전통생약을 다양한 추출 방법으로 추출하여 사용하는 방법(상황버섯 추출물, 박 추출물, 닥나무 추출물)등이 보고 되어 있다²⁾. 이와 같이 천연물 유래 성분을 주로 사용 하고자 하고 있고, 현재까지 알려진 천연물 유래 미백제와 관련된 성분으로는 ellagic acid, 3,5-dicaffeoylquinic acid, oxyresveratrol, kanizol F, glarbridin, 등이 있다(Figure 1).³⁾ 국내 화장품 업계에서 사용하고 있는 고시 및 비고시 제품을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Commercial ingredients for Whitnig Effect

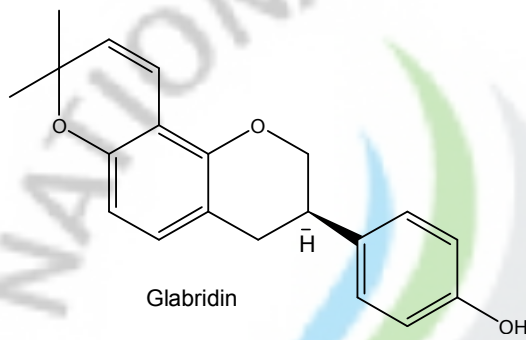
| 일괄고시 | 개별고시 |
|-----------|-------------------------------|
| 알부틴 | 상지추출물, 천궁추출물 |
| 에칠아스코빌에텔 | Phytoclear EL-1 |
| 유용성감초 추출물 | Vitamin C magnesium phosphate |
| 닥나무 추출물 | Lucinol |
| | Coenzyme Q10 |
| | Vitiamin C |



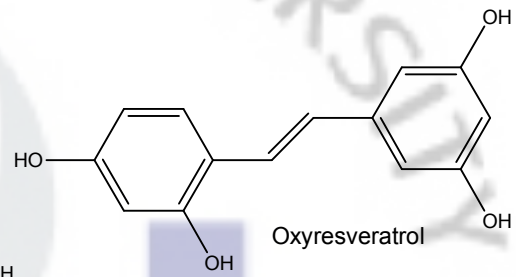
Kojic acid



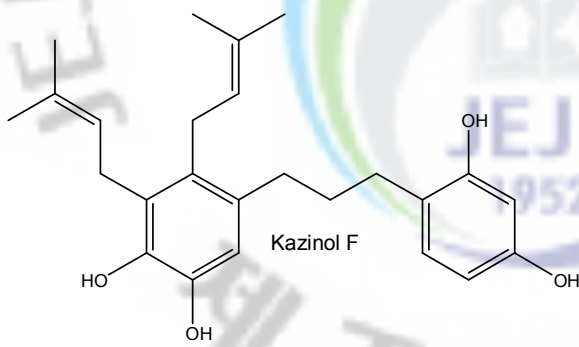
Arbutin



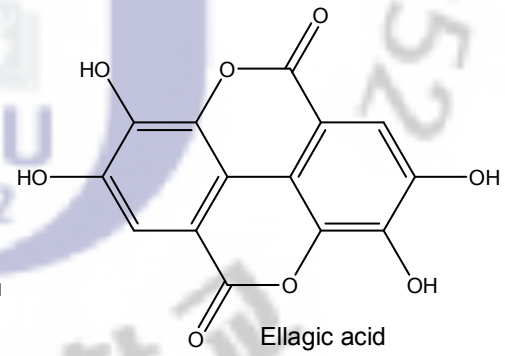
Glabridin



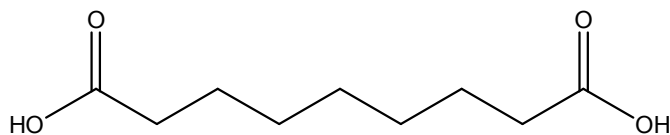
Oxyresveratrol



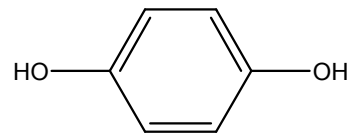
Kazinol F



Ellagic acid



Azelaic acid



Hydroquinone

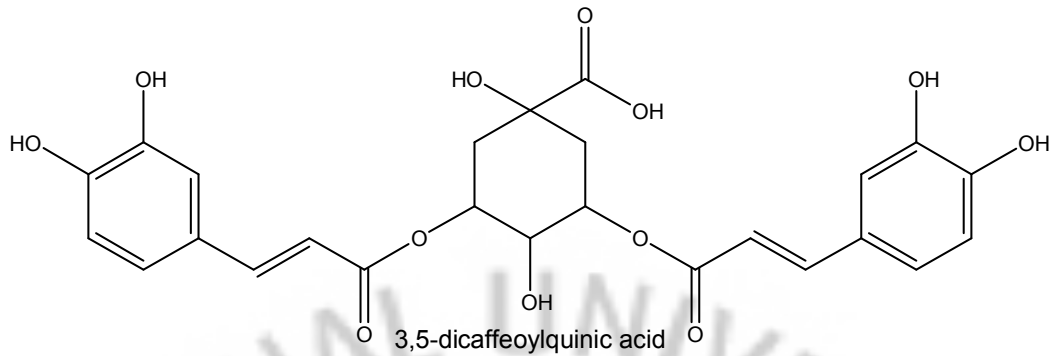


Figure 1. Structures of whitnig ingredients.

2. 주름개선

엘라스틴(elastin)은 콜라겐, 다당류 등과 함께 대부분의 결합조직에 존재하는 탄력성 섬유의 주성분으로, 그들은 자신 길이의 서너 배까지 늘릴 수 있으며 장력을 풀어주면 본래의 크기와 모양으로 신속히 돌아갈 수 있는 특성을 갖고 있는 단백질이다. 트립신에는 분해되나 펩신에는 분해되지 않는다. 탄력섬유는 무정형의 기질(elastin)에 미원섬유(microfibrils) 들이 박혀 있는 형태를 띠고 있으며, elastin은 lysine에서 유래한 desmosine과 isodesmosine이라는 탄력섬유에서만 발견되는 아주 독특한 아미노산으로 구성된 단백질이다. 이러한 desmosine 등은 긴 펩타이드 chain 안에서 가교(cross-links)를 형성하고 있는데, 이런 구조가 elastin으로 하여금 고무와 같은 성질을 갖게 한다.⁴ 엘라스틴은 혈관벽, 특히 심장 부근에 있는 대동맥이나 인대들에 많이 들어 있으며, 그 외에도 피부, 힘줄 및 느슨한 결합조직과 같은 관절에도 존재한다. 엘라스틴 가수분해효소는 키모트립신과 트립신처럼 삼차원 구조가 매우 비슷하고 유사한 아미노산 결합순서를 가지고 있다. 또한 세린, 히스티딘, 아스파르트산으로 구성되는 촉매-삼작용기조가 트립신과 키모트립신에 존재하는 것처럼 엘라스타제에도 존재한다. 이들 세 효소에 존재하는 촉매-삼작용기조와 기질(옥시음이온)은 정사면체형 전이 상태의 형성을 촉진하며, 촉매반응이 일어나는 동안에 모두 공유결합으로 결합된 아실-효소 중간물질을 만든다. 이들 효소는 펩티드 결합의 분해로 활성화 된다. 단

백질 분해효소들 중 human leukocyte elastase (HLE, EC 3.4.21.37)는 일종의 세린 단백질(serine protease) 효소이며, 다형핵 백혈구(polymorphonuclear leukocytes, PMNs)에서 발견된다.⁵⁾

또한 HLE는 주로 엘라스틴 구조단백질을 분해하며, collagen, fibronectin, cartilage, proteoglycan 등과 같은 생체조직을 구성하는 중요한 구조 단백질을 분해하는 효소이다.⁶⁾

현재 주름 개선을 위한 효능을 가진 물질로는 레티놀과 레티놀 유도체 등이 주로 사용되고 있으며, 천연물 유래 물질로는 가장 많이 사용 되고 있는 물질로 빈랑자 추출물 등이 있다(Table 2).

Table 2. Commercial ingredients for anti-wrinkle.

| 일괄고시 | 개별고시 |
|-----------|--------------------------|
| 레티놀 | 우루솔릭에시트 |
| 폴리에톡시레이트 | 7-DHC |
| 레틴아마이드 | 빈랑자 추출물 |
| 레티닐 팔미테이트 | 예덕나무 추출물 |
| | L-카르니틴 |
| | 카이네틴 |
| | 글루쿠론산 |
| | 하이드록시프롤린 (HP) |
| | 인돌아세트산 |
| | 초산토코페놀 |
| | Oleanolic acid |
| | Fructose 1,6-diphosphate |
| | Tenosolin-F |
| | 아데노신 |

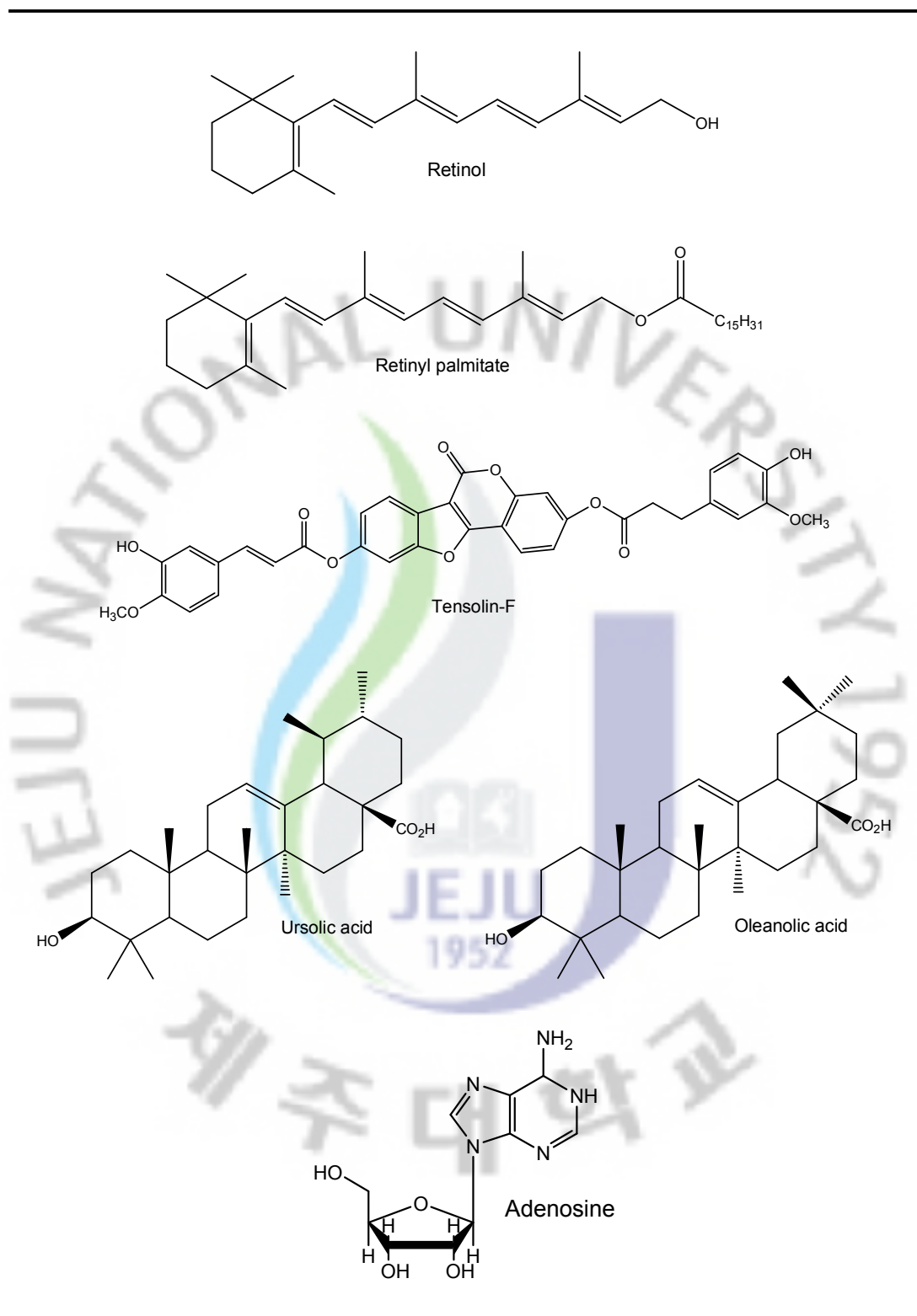


Figure 2. Structures of anti-wrinkle ingredients.

3. 항산화

피부는 항상 산소와 접촉하고 있고, 자외선에 크게 노출되어 있다. 따라서, 활성산소종에 의한 피부의 광산화적 손상 위험이 항상 존재한다. 산소는 대사 과정에서 일부는 superoxide radical($O_2^{\cdot -}$), 과산화수소(H_2O_2), hydroxy radical(HO^{\cdot}), singlet oxygen(1O_2)과 같은 활성 유해산소로 변환된다. 피부노화의 원인 중의 하나는 이러한 유해산소 등에 의한 피부 세포의 산화라고 여겨지고 있다. 따라서, 라디칼 소거활성을 갖는 물질은 항산화 활성을 나타내고, 궁극적으로 피부노화 방지효과를 기대할 수 있다. Flavonoid를 포함하는 많은 페놀성 물질이 라디칼 소거활성을 나타내며, 화장품 첨가제로 자주 이용되고 있다.⁷⁾ 본 연구에서는 식물 시료의 항산화활성을 DPPH법⁸⁾을 이용한 라디칼 소거활성을 통하여 조사하여 보았다.

4. 식물 추출물

국내에는 우수한 천연 소재들이 많이 있고, 그 중에서도 한방 소재의 경우는 그 우수성이 세계적으로 인정받고 있으나, 아직까지 국내에서는 이러한 소재들에 대한 체계적인 연구 관리가 이루어지지 못하여 이들에 대한 과학적 기반 정보가 매우 빈약한 실정이다. 관심의 대상이 되는 친피부적인 효과로 미백효과, 주름개선 및 항산화효과 등이 있다. 이러한 효과를 보유한 물질을 천연 소재에서 찾으려는 연구가 활발하며, 특히 다양한 식물들이 연구 대상으로 검색되고 있다.

5. 육상 및 해상 식물

지난 100여년 전부터 현재에 이르기까지, 천연물로부터 생리활성 물질을 추출 분리하여 일상생활에 유용하게 적용시키고자 하는 연구가 세계적으로 활발히 진행되어 왔다. 현재 생명과학 관련 산업의 급속한 팽창과 더불어 천연물을 이용하는 식품 및 의약 관련시장이 더욱 증가되고 있으며 부가가치가 높은 유망한 산업이라 할 수 있겠다. 따라서 천연물은 생리활성물질을 개발하는 선도물질이라는 측면에서 매우 중요한 부분을 차지하고 있다.⁹⁾

제주도는 지리적, 환경적 조건으로 인해 육상 및 해상 식물이 다양성과 고유성을 지니고 있다. 더불어, 청정하고 깨끗한 이미지를 가지고 있기 때문에 다른 원료들과 차별화 된 유일성을 가진 세계적 원료 개발의 가능성이 크다. 한라산 유상관속 식물로 1,800여종의 분류군이 있으며, 이는 지리산의 1369종, 설악산의 1234종 등과 비교했을 때, 5~600여종의 차이가 생긴다. 이 중 다른 지역에 없는 제주고유식물군은 59종에 이르고 있다.¹⁰⁾ 또한, 한반도에 없는 식물군도 남방계 149종 북방계 54종에 이르고 있다(Figure 3). 이와 같이 다양한 제주 식물자원을 대상으로 하여 기능성 화장품 소재를 발굴하는 것은 매우 바람직하나, 아직까지 체계적인 연구는 이루어진 적이 없다.¹¹⁾

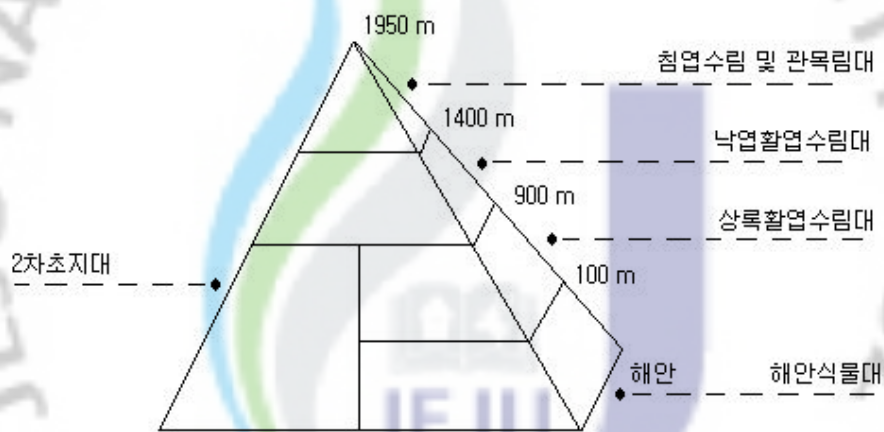


Figure 3. A distributional map of plants in Halla mountain.

특히 지구상에 80% 이상의 생물이 해양 환경에 서식하고 있는 것으로 알려져 있어 해양은 무궁무진한 자원의 보고라 여겨지고 있다.¹²⁾ 해조류인 경우 수심에 따른 분포에 따라서 홍조류, 갈조류, 녹조류, 규조류로 나뉜다. 홍조류(Rhodophyta)인 경우 세계에 약 500속 4,000종이 분포하고 있으며, 갈조류(Phaeophyta)인 경우는 약 240속 1,500종이 분포하고 있다. 그리고, 녹조류(Chlorophyta)는 약 500속 5,000종이 분포하고 있고, 규조류(Xanthophyta)는 약 300속 1만종이 분포하고 있다(Figure 4). 제주도는 주변의 독특한 해양환경으로

인해 우리나라 타 해역과 비교했을 때 다양하고 많은 종이 분포하고 있다. 제주도 연근에 분포하는 해조류인 경우 522종으로 한국 해조류의 69%에 해당한다. 해양 동물 중 무척추동물은 627종, 어류는 491종으로 한국 어류의 55.7%에 해당한다. 뿐만 아니라, 타 해역에서는 출현하지 않는 제주 특산종들로 “제주썰치” 등 55종이 보고되고 있으며, 최근에는 아열대성 어류들을 중심으로 제주도 연근해에서 채집되어 미기록 종으로 보고되고 있는 어종도 약 80종에 이르고 있다. 이처럼 제주 해역은 국내 어느 해역보다도 어류생물학적 가치가 높은 지역으로 인정받고 있다. 또한 해양생물을 대상으로 한 천연물의 연구는 육상생물을 대상으로 한 연구보다 상대적으로 덜 활발히 연구되어 왔기에 해양생물을 대상으로 한 천연물의 연구는 많은 새로운 연구 결과가 기대된다.¹³⁾

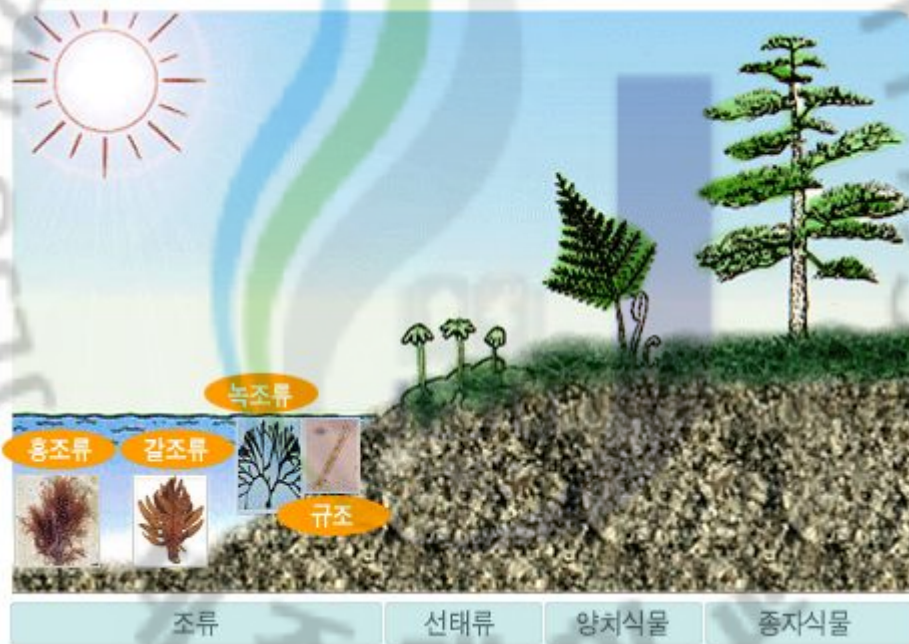


Figure 4. A distributional map of marine plants

6. 연구 목적

본 연구의 목적은 제주도에서 자생하는 식물들로부터 기능성화장품의 소재 개발을 위하여 장기적으로는 추출물 및 유효성분을 함유하고 있는 분획물을 확보하고 식물과 분획물들과의 활성 관계를 정리하여 라이브러리를 구축하고자 하였다. 이를 바탕으로 우수한 활성을 갖는 천연물 소재에 대한 주요 활성 성분을 분리·동정하여 활성 물질의 라이브러리를 확보함과 동시에 산업에 응용할 수 있는 원료화 연구를 통한 고부가가치를 창출하고자 하였다.

이를 위하여 미백효과와 관련된 tyrosinase 저해 활성 및 주름개선 효과의 elastase 저해 활성 그리고 항산화효과의 라디칼 저해활성을 조사하였다.¹⁴⁾ 사용된 식물체들은 제주도에서 직접 채취하여 시료를 제조하였다.

뿐만 아니라, 현재까지 연구 개발이 미비한 미백제 개발을 위하여 미백 활성을 갖는 식물을 중심으로 유효성분을 분리하고 구조 동정 하고자 하였다.

따라서, 137종의 식물중에 대한 추출물을 확보하였으며, 미백활성, 주름개선 활성, 항산화 활성에 대한 결과를 정리하여 데이터베이스를 구축하였고, 그 중 미백 활성이 좋았던 솔비나무를 가지고 유효성분을 분리하여 구조 동정 하였다. 또한 해조류인 감태로부터 단일 물질을 분리하여 구조 동정 하였다.

II. 시약 및 기기

시료의 추출, 용매분획 및 분리에 사용된 용매들은 Merck Co., Jusei Co.의 제품을 사용하였다. Celite column chromatography에는 Celite(Celite 545, Celite Korea Ltd.)가 사용되었으며, normal-phase silica gel column chromatography에는 Silica gel 60(0.040-0.063 mm, Merck Co.), Silica gel 60(0.063-0.200 mm, Merck Co.)이 사용되었고, reversed-phase silica gel column chromatography에는 Silica gel 100(RP-18, 230-400 mesh, Merck Co.)이 사용되었다. Sephadex column chromatography에는 Sephadex LH-20(0.1-0.025mm)이 사용되었다. 분리과정에서 사용된 TLC(Thin Layer Chromatography)는 precoated silica gel aluminium sheet(Silicagel 60 F₂₅₄, 2.0mm, Merck Co.)를 사용하였다. TLC 상에서 spot의 확인은 UV lamp(254nm)를 사용하거나, visualizing agent(KMnO₄ 수용액)를 사용하여 확인하였다.

미백 활성, 주름개선 활성, 항산화 활성 검색에 사용된 UV/Vis spectrometry는 biochrom사의 Libra S22 UV를 사용하였다.

구조분석에 이용된 NMR(Nuclear Magnetic Resonance)은 JNM-LA 400(FT NMR system, JEOL Co.)을 이용하였고, 측정 시 용매는 Merck Co.사의 NMR 전용 용매로 CD₃OD, CDCl₃, DMSO-*d*₆를 사용하였다.

III. 과제 1 : 제주식물들의 활성 결과에 따른 경향성

1. 재료

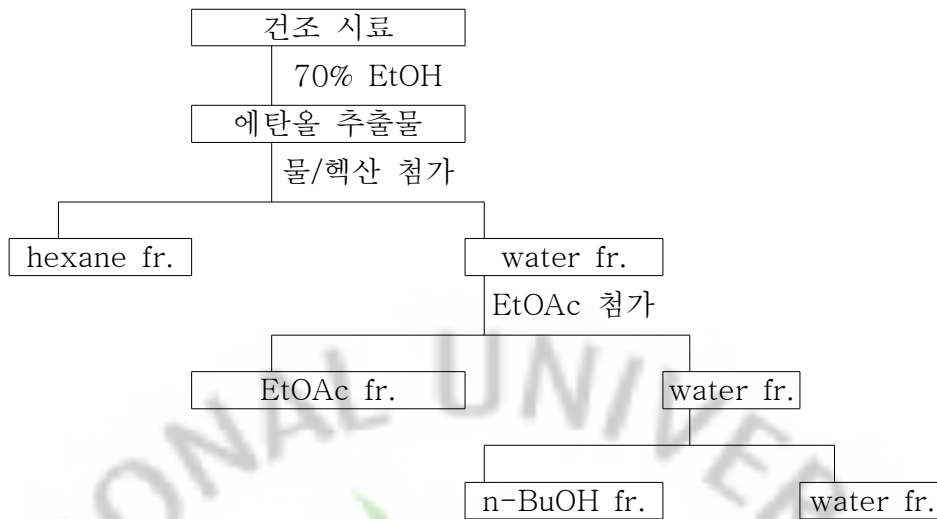
실험에 사용된 시료들은 2004년 9월부터 2008년 2월 사이에 제주에서 자생하고 있는 식물들을 중심으로 수집 되었다. 한라산 연구소와 한라수목원 그리고 한림공원에서 주로 채집 되었으며, 위 기관에서 동정된 130여종의 시료들을 제공 받았다. 채집된 식물들 중 나무들은 잎, 가지, 열매, 꽃 등으로 분류하고, 풀 종류는 전초를 사용하는 등 부위별로 분류하여 추출하였다.

2. 실험방법

2-1. 식물의 추출 및 용매 분획

시료는 음지에서 자연건조 하였으며, 건조된 시료를 쇠질 분쇄하여 70% ethanol을 용매로 하여 시료의 20배의 양을 가하여 침출하였다. 24시간 교반하면서 추출한 후 감압여과장치를 이용하여 여과를 하였다. 여액은 농축하여 추출물을 얻었고, 잔사는 동량의 용매를 가하여 3회 반복하여 재추출 하였다.

감압 농축된 70% ethanol 추출물을 증류수 1L에 현탁시키고, 분별 깔대기를 이용하여 *n*-hexane, ethyl acetate, *n*-butanol을 차례로 각각 1L씩 가하여 *n*-hexane 층, ethyl acetate 층, *n*-butanol 층 및 H₂O 층의 분획물을 얻었다. 이렇게 얻어진 추출물과 분획물들을 이용하여 활성을 측정하였다(Scheme 1).



Scheme 1. Procedure of extraction and various fractions from Jeju plants

2-2. 활성검색

기능성 화장품 소개 개발을 위한 활성 검색으로는 다양한 방법이 있으나, 간단한 효소 실험을 통한 검색을 하였다. 미백 활성에는 mushroom tyrosinase를 이용한 tyrosinase inhibition test, 주름개선 활성에는 elastase inhibition test, 항산화 측정에는 DPPH scavenging activity test가 이루어졌다.

2-2-1. Tyrosinase inhibition test

Tyrosine은 효소인 tyrosinase에 의하여 멜라닌 생성의 전구체가 되는 DOPA와 dopaquinone으로 대사된다. 따라서 tyrosinase의 억제는 피부의 멜라닌 색소의 조절을 통하여 피부 미백 효과를 기대할 수 있다(Figure 5).

Tyrosinase inhibition tests는 DOPA chrome법¹⁵⁾을 응용하여 사용하였다. Buffer는 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 6.8)을 사용하였고, 사용된 기질로써 L-tyrosine(L-3[Hydroxyphenyl]alanine)을 사용하였다.

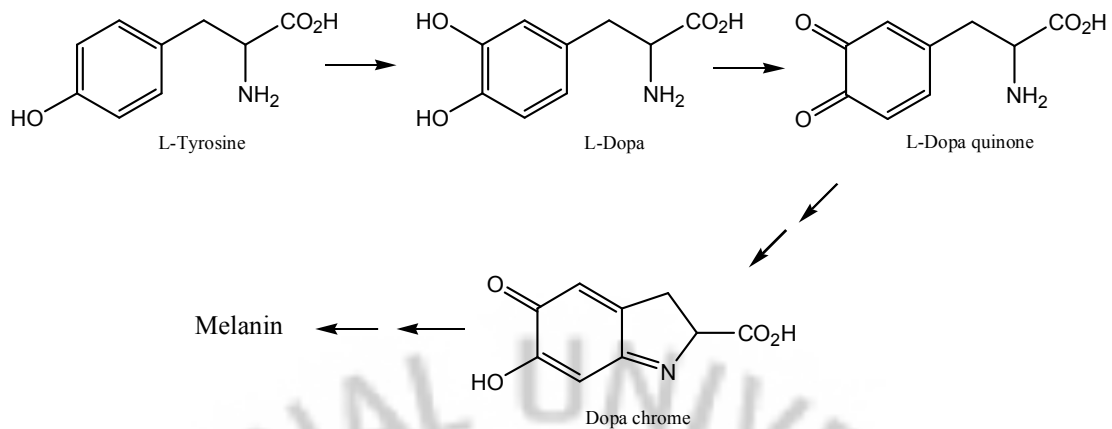


Figure 5. Melanin Biosynthesis Pathway

실험방법은 buffer 1.0 mL(pH 6.8), sample 0.9 mL(20 mg/mL), L-tyrosine(0.3 mg/mL) 1mL, mushroom tyrosinase(1250 units/mL) 0.1 mL을 넣고, 37°C에서 10 분간 반응시킨 후, 480 nm에서 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다(Figure 6). 시료는 300 $\mu\text{g/mL}$, 100 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 각각 측정하였다. 효소 저해능력은 다음과 같은 식에 의해 %로 계산되었고, 각 시료의 IC_{50} 을 구하였다. 이때 사용된 대조군으로는 arbutin(20 mg/mL), kojic acid(20 mg/mL)을 사용하였다.¹⁶⁾

$$\text{Tyrosinase inhibition (\%)} = \frac{(A-B)(C-D)}{(A-B)} \times 100$$

- A : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하여 반응한 후의 흡광도
- B : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하지 않은 상태로 반응한 후의 흡광도
- C : 효소를 첨가하여 반응한 후의 sample의 흡광도
- D : 효소를 넣지 않은 상태로 반응한 후의 sample의 흡광도

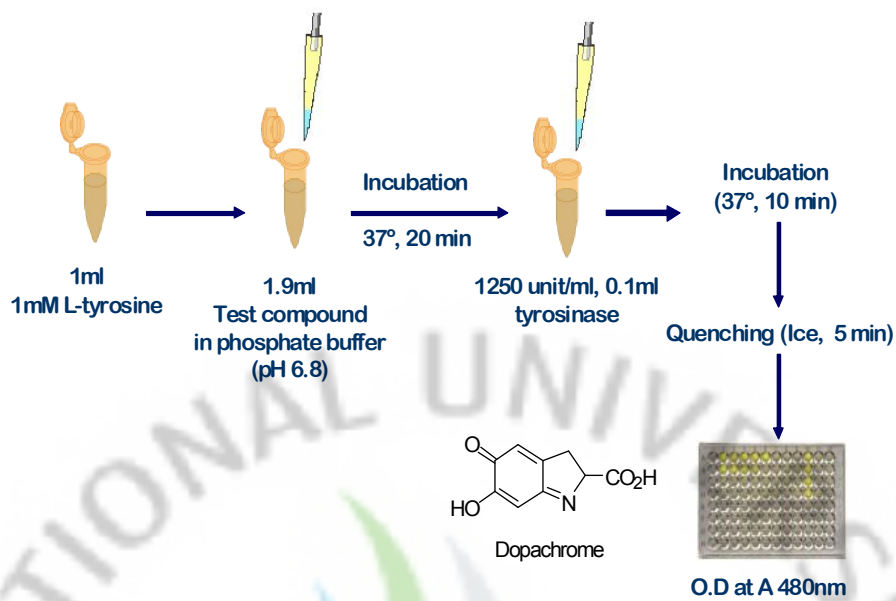


Figure 6. Procedure of tyrosinase inhibition test

2-2-2. Elastase inhibition test

Elastase inhibition test는 James법¹⁷⁾을 응용하여 사용하였다. Buffer는 0.2 M Tris-HCl buffer(pH 8.9)을 사용하였고, 사용된 기질은 N-succinyl-Ala-Ala-Ala-*p*-nitroanilide을 사용하였다(Figure 7).

실험은 buffer 84 (pH 8.9), sample 1 (10 mg/mL, stock), N-succinyl-Ala-Ala-Ala-*p*-nitroanilide 10 (4 mM), elastase 1 (100 μ g/mL) 비율로 섞고, 25 $^{\circ}$ C에서 15분간 반응시킨 후 410 nm에서 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료는 100 μ g/mL, 50 μ g/mL, 10 μ g/mL의 농도로 각각 측정하였다. 효소 저해능력은 다음과 같은 식에 의해 %로 계산되었고, 각 시료의 IC₅₀값을 구하였다. 이때 사용된 대조군으로는 oleanoli acid (10 mg/mL), 빈랑자 추출물 (10 mg/mL)을 사용하였다.¹⁶⁾

$$\text{Elastase inhibition (\%)} = \frac{(A-B)(C-D)}{(A-B)} \times 100$$

- A : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하여 반응한 후의 흡광도
- B : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하지 않은 상태로 반응한 후의 흡광도
- C : 효소를 첨가하여 반응한 후의 sample의 흡광도
- D : 효소를 넣지 않은 상태로 반응한 후의 sample의 흡광도

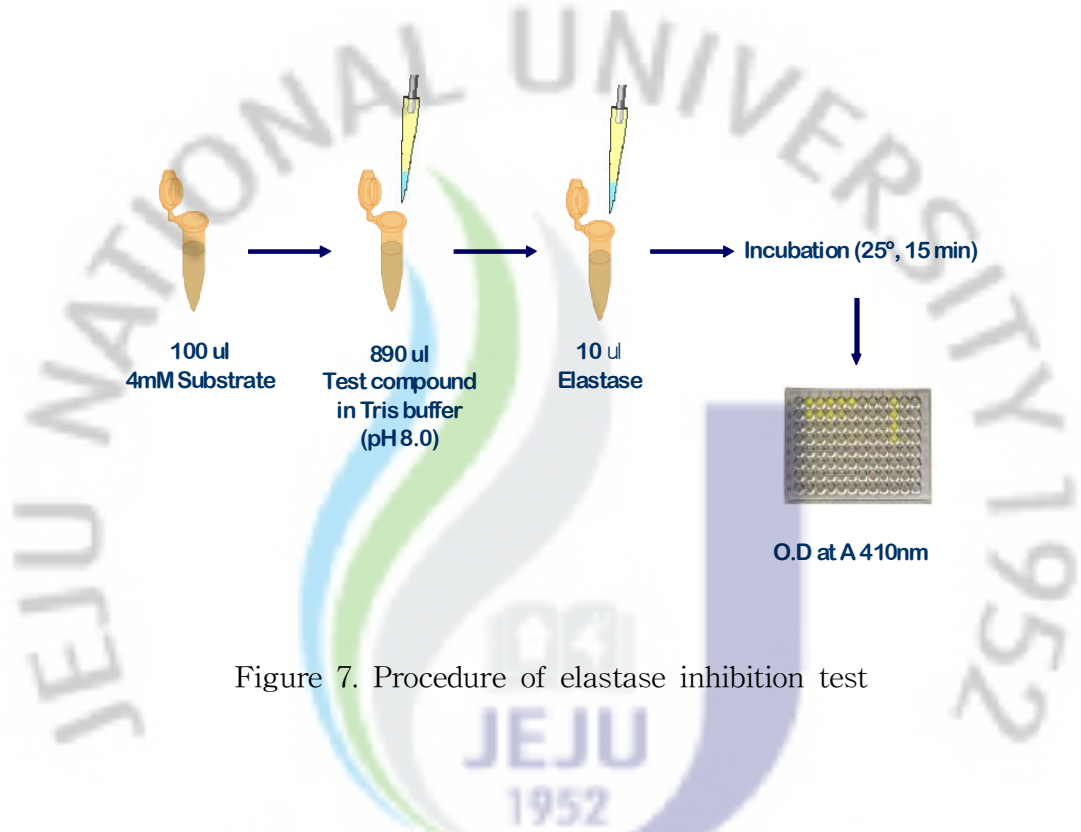


Figure 7. Procedure of elastase inhibition test

2-2-3. DPPH radical scavenging test

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거 활성 실험은 광범위하게 쓰이는 간단한 항산화 검색방법으로 특히 phenol과 aromatic amines의 항산화 활성의 측정에 많이 사용하는 방법이다. 일종의 염료인 DPPH는 자신이 가지고 있는 홀수의 전자 때문에 525 nm에서 강한 흡수 띠를 보인다. 그러나 phenol과 같은 수소나 전자를 제공해주는 전자공여체와 반응을 하게 되면 공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 생성하게 되면서 흡수 띠도 사라지고 안정한 분자가 된다. 또한 공여된 전자는 비가역적으로 결합하며, 그 수에 비례하여 진보라색의

DPPH의 색은 점점 옅어지게 되고, 반응액의 색이 노란색으로 변하는 것을 육안으로 확인할 수 있다. 이렇게 감소하는 흡광도의 값을 측정함으로써 radical 소거 활성을 알 수 있다.

DPPH 라디칼 소거 활성 실험은 Blois방법^{18,19)}을 응용하여 사용하였다. 실험은 다음과 같이 실행하였다 (Figure 8).

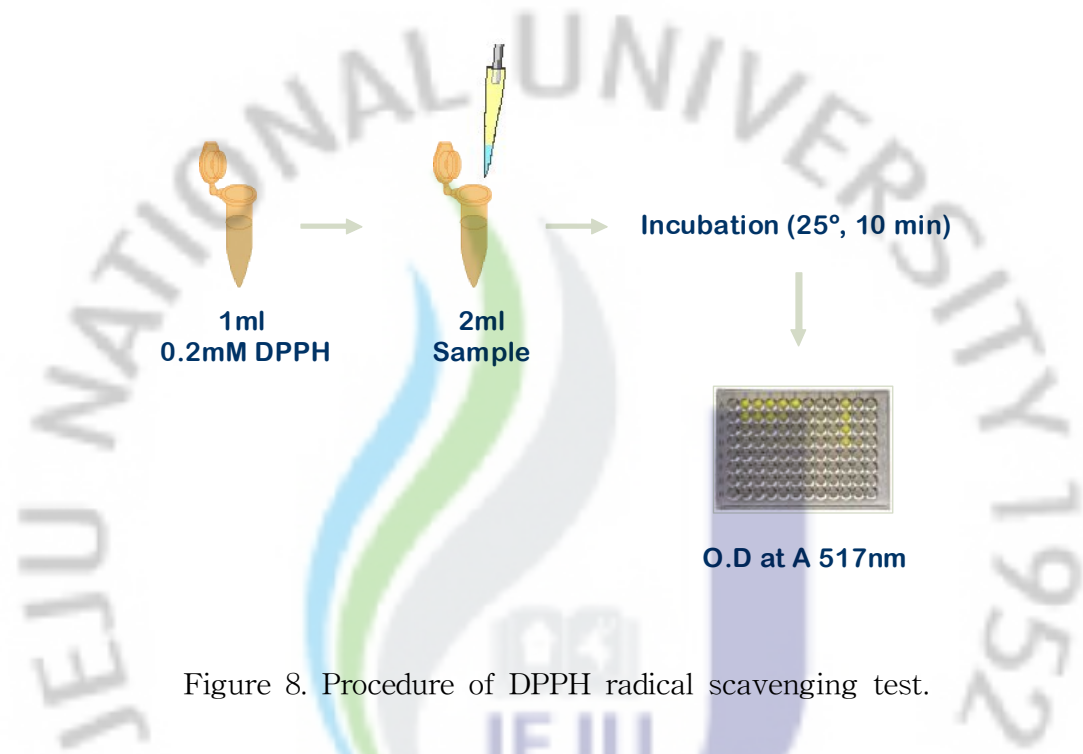


Figure 8. Procedure of DPPH radical scavenging test.

먼저 시료를 1 mg/mL의 농도가 되도록 70% ethanol을 용매로 하여 녹인다. DPPH 시약은 0.2 mM 농도가 되도록 95% ethanol을 용매로 하여 녹인 후, 흡광도가 0.90-0.97이 되도록 조절한다. DPPH 용액 0.5 mL와 시료의 농도가 각각 200 $\mu\text{g/mL}$, 100 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$, 10 $\mu\text{g/mL}$ 이 되도록 조절한 시료 용액 1 mL를 첨가하여 상온에서 10분간 반응시킨 후, UV/Vis spectrometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하여 라디칼 소거작용(%)을 구한다. 소거활성 백분율이 50%일 때의 시료의 농도(RC_{50})를 계산하였다. 이때 사용된 대조군으로는 녹차 추출물(1 mg/mL), vitamin-C(1 mg/mL)을 사용하였다.²⁰⁾

$$\text{Scavenging effect (\%)} = 1 - \frac{B-C}{A} \times 100$$

A : DPPH의 흡광도

B : DPPH와 시료 반응액의 흡광도

C : 시료 자체의 흡광도

3. 결과

3-1. 식물 목록 및 수율

총 136종의 식물들을 채집하여 추출하였고, 전초(Whole plant: WP), 잎(Leaf: LF), 가지(Branch: BR), 뿌리(Root: RT), 열매(Fruit: FR), 꽃(Flower: FL) 등의 부위별 추출은 총 272가지에 대하여 추출하였다. 이들의 학명¹⁰⁾과 추출 수율을 Table 3에 나타내었다.

3-2. 과명에 따른 식물 분류

136종의 식물들을 과명에 따라 분류한 결과 총 62종의 과종이 있었으며 국화과(Compositae) 식물이 14종, 장미과(Rosaceae) 식물이 7종, 녹나무과(Lauraceae)와 콩과(Leguminosae) 식물이 각각 6종의 식물들이 있었다. 또한, 차나무과(Theaceae)와 참나무과(Fagaceae) 식물이 각각 5종, 감탕나무과(Aquifoliaceae)와 물푸레나무과(Oleaceae), 측백나무과(Cupressaceae), 층층나무과(Cornaceae) 식물들이 각각 4종, 대극과(Euphorbiaceae)와 두릅나무과(Araliaceae), 운향과(Rutaceae), 진달래과(Ericaceae) 식물들이 각각 3종이 있었다. 이와 관련한 결과를 Table 4에 나타내었다.

Table 3. List and yield of plant in Jeju

| No. | Plant | Scientific Name | Part Used | Yield(%) |
|-----|--------|---|-----------|----------|
| 001 | 과리풀 | <i>Phryma leptostachya</i> | WP | 4.6 |
| 002 | 부용 | <i>Hibiscus mutabilis</i> | FL | 14.7 |
| 003 | | | BR | 11 |
| 004 | | | LF | 42 |
| 005 | 동백 | <i>Camelia japonica</i> | LF | 8.1 |
| 006 | | | BR | 3 |
| 007 | | | SD | 6.1 |
| 008 | | | FR | 2.1 |
| 009 | | | BU | 1.8 |
| 010 | 제주조릿대 | <i>Sasa quepaertensis</i> | LF | 11.2 |
| 011 | | | BR | 1.7 |
| 012 | | | RT | 4.9 |
| 013 | | | BU | 18.9 |
| 014 | 읍나무 | <i>Kalopanax pictus</i> | LF | 19.6 |
| 015 | | | BR | 2.8 |
| 016 | | | FL | 3.7 |
| 018 | 소태나무 | <i>Picrasma quassioides</i> | LF | 27.4 |
| 019 | | | BR | 3.2 |
| 020 | | | FR | 24.6 |
| 021 | 거지덩굴 | <i>Cayatia japonica</i> (Thunb.) Gagnep. | LF | 18.2 |
| 022 | | | BR | 15.8 |
| 023 | | | WP | 11.6 |
| 024 | 복수초 | <i>Adonis anurensis</i> | LF | 2 |
| 025 | | | RT | 6.7 |
| 026 | 섬오갈피나무 | <i>Acanthopanax koreanum</i> | ST | 2.9 |
| 027 | | | LF | 4.6 |
| 028 | 후박나무 | <i>Machilus thunbergii</i> | SD | 3.8 |
| 029 | 참가시나무 | <i>Quercus salicina</i> | LF | 3.6 |
| 030 | | | BR | 9.2 |
| 031 | 붉가시나무 | <i>Quercus acuta</i> | LF | 5.9 |
| 032 | | | BR | 2.5 |
| 033 | 종가시 | <i>Quercus glauca</i> | LF | 21 |
| 034 | | | BR | 2.8 |
| 035 | 솔비나무 | <i>Maackia fauriei</i> | LF | 20.2 |

| | | | | |
|-----|--------|----------------------------------|----|------|
| 036 | | | BR | 7.5 |
| 037 | 헛개나무 | <i>Hovenia dulcis</i> | LF | 23.2 |
| 038 | | | BR | 7.3 |
| 039 | 누리장나무 | <i>Clerodendron trichotomum</i> | LF | 28 |
| 040 | | | BR | 7.9 |
| 041 | 쥐똥나무 | <i>Ligustrum obtusitolium</i> | SD | 11.5 |
| 042 | 구실잣밤나무 | <i>Castanopsis cuspidata</i> | LF | 5.6 |
| 043 | | | BR | 14.7 |
| 044 | 털머위 | <i>Fartugium japonicum</i> | LF | 2.9 |
| 045 | 비파나무 | <i>Eriobotrya japonica</i> | LF | 1.8 |
| 046 | | | BR | 19.9 |
| 047 | | | BU | 2.7 |
| 048 | 광대나물 | <i>Lamium amplexicaule</i> | LF | 19 |
| 049 | | | BR | 27 |
| 050 | 방가지똥 | <i>Sonchus oleraceus</i> | LF | 24 |
| 051 | | | ST | 38 |
| 052 | | | FL | 2 |
| 053 | 개망초 | <i>Erigeron annuus</i> | LF | 29 |
| 054 | | | BR | 25 |
| 055 | | | FL | 14 |
| 056 | 황백나무 | <i>Phellodendron amurense</i> | ST | 3.6 |
| 057 | 담팔수 | <i>Elaeocarpus sylveswtris</i> | LF | 4.2 |
| 058 | | | BR | 9.6 |
| 059 | 개가시나무 | <i>Quercus gilva</i> | LF | 7.9 |
| 060 | | | BR | 4.4 |
| 061 | 육박나무 | <i>Lozoste lancifolia</i> | LF | 6.6 |
| 062 | | | BR | 7.7 |
| 063 | 새덕이나무 | <i>Neolisteia aciculate</i> | LF | 18.6 |
| 064 | | | BR | 9.3 |
| 065 | 감탕나무 | <i>Ilex integra</i> | LF | 19.1 |
| 066 | | | BR | 8.9 |
| 067 | 좁굴거리 | <i>Daphniphyllum glaucescens</i> | LF | 30.3 |
| 068 | | | BR | 16.3 |
| 069 | 아왜나무 | <i>Viburnum awabuki</i> | LF | 19.4 |
| 070 | | | BR | 8.4 |
| 071 | 사철나무 | <i>Euonymus japonica</i> | LF | 16.5 |
| 072 | | | BR | 8.9 |

| | | | | |
|-----|---------|--|----|------|
| 073 | 굴거리 | <i>Daphniphyllum macropodum</i> | LF | 29.6 |
| 074 | | | BR | 13.8 |
| 075 | 전호 | <i>Anthriscus sylvestris Hoffm.</i> | LF | 26.5 |
| 076 | | | BR | 6.8 |
| 077 | 송악 | <i>Hedera rhombea Bean(H, tobleri Nakai)</i> | LF | 16.8 |
| 078 | | | BR | 3.9 |
| 089 | | | FR | 6.9 |
| 080 | 편백나무 | <i>Chamaecyparis obtusa</i> | LF | 23 |
| 081 | | | BR | 7.6 |
| 082 | 말오줌때나무 | <i>Sambucus sieboldiana var. pendula</i> | LF | 23.4 |
| 083 | | | BR | 10.6 |
| 084 | 야광나무 | <i>Malus baccata</i> | LF | 39.6 |
| 085 | | | BR | 5.4 |
| 086 | | | FL | 39.5 |
| 087 | 먼나무 | <i>Ilex rotunda Thunb.</i> | LF | 26.8 |
| 088 | | | BR | 9.7 |
| 089 | 자주괴불주머니 | <i>Corydalis incisa Pers.</i> | LF | 31.9 |
| 090 | | | BR | 0 |
| 091 | 까마귀쪽나무 | <i>Litsea japonica Juss.</i> | LF | 12.2 |
| 092 | | | BR | 7.7 |
| 093 | 살갈퀴 | <i>Vicia angustifolia var. segetilis K. Koch.</i> | LF | 23.4 |
| 094 | | | BR | 29.3 |
| 095 | 떡쭈 | <i>Gnaphalium affine D. Don</i> | LF | 17.7 |
| 096 | | | BR | 16.7 |
| 097 | | | FL | 25.3 |
| 098 | 황벽나무 | <i>Phellodendron amurense</i> | LF | 27.2 |
| 099 | 무환자나무 | <i>Sapindus mukorossi Gaertner</i> | LF | 23.2 |
| 100 | | | BR | 8.9 |
| 102 | 개민들레 | <i>Hypochoeris radicata L.</i> | BR | 13.2 |
| 103 | | | RT | 26.2 |
| 104 | | | FL | 4.3 |
| 105 | 털진달래 | <i>Rhododendron mucronulatum var. ciliatum Nak.</i> | LF | 37.2 |
| 106 | | | BR | 11.5 |
| 107 | 산철쭉 | <i>Rhododendron yedoense var. poukhanense (Lev.) Nakai</i> | LF | 31.6 |
| 108 | | | BR | 12.6 |
| 109 | 고추나무 | <i>Staphylea bumalda DC</i> | LF | 29.5 |

| | | | | |
|-----|-------|---|----|------|
| 110 | | | BR | 3.4 |
| 111 | 검은재나무 | <i>Symplocos prunifolia</i> S. et Z. | LF | 11.0 |
| 112 | | | BR | 4.1 |
| 113 | 굴피나무 | <i>Platycarya strobilacea</i> S.et Z. | LF | 27.2 |
| 114 | | | BR | 7.8 |
| 115 | | | FR | 25.0 |
| 116 | 비쭈기나무 | <i>Cleyera japonica</i> Thunb. | LF | 6.9 |
| 117 | | | BR | 7.9 |
| 119 | | | FR | 25.0 |
| 118 | | | SD | 8.8 |
| 119 | 누린내풀 | <i>Caryopteris divaricata</i> (Sieb. et Zucc.) Max. | LF | 16.3 |
| 120 | | | BR | 17.2 |
| 121 | | | RT | 12.3 |
| 122 | 산초나무 | <i>Zanthoxylum schinifolium</i> Sieb. et Zucc. | LF | 36.0 |
| 123 | | | BR | 5.7 |
| 124 | | | FR | 90.0 |
| 125 | 사람주나무 | <i>Sapium japonicum</i> Pax. et Hoffm. | LF | 31.4 |
| 126 | | | BR | 1.9 |
| 127 | | | FR | 7.1 |
| 128 | 때죽나무 | <i>Styrax japonica</i> Sieb. et Zucc. | LF | 30.1 |
| 129 | | | BR | 4.0 |
| 130 | | | FR | 13.0 |
| 131 | 산딸나무 | <i>Cornus kousu</i> Buerg. | LF | 21.6 |
| 132 | | | BR | 10.8 |
| 133 | | | FR | 16.0 |
| 134 | 새비나무 | <i>Callicarpa mollis</i> Sieb. et Zucc. | LF | 10.8 |
| 135 | | | BR | 2.8 |
| 136 | 마 | <i>Dioscorea batatas</i> Decne. | LF | 14.9 |
| 137 | | | BR | 9.6 |
| 138 | | | FR | 2.0 |
| 139 | 까마귀베개 | <i>Rhamnella franguloides</i> (Max.) Weberb. | BR | 14.2 |
| 140 | | | LF | 4.2 |
| 141 | | | FR | 16.5 |
| 142 | 쥐깨풀 | <i>Mosla dianthera</i> Max. | LF | 15.5 |
| 143 | | | BR | 10.5 |
| 144 | | | RT | 8.2 |
| 145 | 멀가치 | <i>Adenocaulon himalaicum</i> | LF | 20.0 |

| | | | | |
|-----|--------|---|----|------|
| 146 | | Edgew. | BR | 23.2 |
| 147 | | | RT | 23.4 |
| 148 | | | BR | 18.4 |
| 149 | 으아리 | <i>Clematis mandshurica</i> Rupr. | LF | 29.0 |
| 150 | | | FR | 41.2 |
| 151 | 박쥐나물 | <i>Cacalia auriculata</i> var. <i>matsumurana</i> Nakai | LF | 26.5 |
| 152 | | | LF | 26.5 |
| 153 | 바위수국 | <i>Schizophragma hydrangeoides</i> Sieb. et Zucc. | BR | 2.8 |
| 154 | | | FR | 11.4 |
| 155 | | | LF | 18.0 |
| 156 | 점박이천남성 | <i>Arisaema angustatum</i> var. <i>peninsulae</i> Nakai | BR | 10.4 |
| 157 | | | FR | 7.0 |
| 158 | | | RT | 4.7 |
| 159 | 큰천남성 | <i>Arisaema ringens</i> Schott | LF | 22.2 |
| 160 | | | BR | 36.0 |
| 161 | | | LF | 23.2 |
| 162 | 담배풀 | <i>Carpesium abrotanoides</i> L. | BR | 4.6 |
| 163 | | | FR | 11.3 |
| 164 | | | LF | 18.2 |
| 165 | 등골나물 | <i>Eupatorium chinense</i> var. <i>simplicifolium</i> Kitamura | BR | 7.7 |
| 166 | | | RT | 11.0 |
| 167 | 으름 | <i>Akebia quinata</i> Dence. | FL | 9.1 |
| 168 | | | LF | 13.2 |
| 169 | 고삼 | <i>Sophora flavescens</i> Ait. | BR | 11.3 |
| 170 | | | FL | 42.6 |
| 171 | | | LF | 14.3 |
| 172 | 합다리나무 | <i>Meliosma oldhamii</i> Miq. | BR | 6.8 |
| 173 | | | FR | 7.3 |
| 174 | | | LF | 20.0 |
| 175 | 떡윤노리 | <i>Pourthiaea villosa</i> var. <i>brunnea</i> Nakai | BR | 6.4 |
| 176 | | | FR | 14.6 |
| 177 | | | LF | 33.3 |
| 178 | 쭉방망이 | <i>Senecio argunensis</i> Turcz. | BR | 20.0 |
| 179 | | | FR | 25.3 |
| 180 | 은목서 | <i>Osmanthus fragrans</i> | LF | 19.9 |
| 181 | | | BR | 6.2 |

| | | | | |
|-----|--------|--|----|------|
| 182 | 후피향나무 | <i>Temstroernia japonica</i> | LF | 35.9 |
| 183 | | | BR | 11.8 |
| 184 | 모과나무 | <i>Chaenomeies sinensis</i> | BR | 8.0 |
| 185 | 녹나무 | <i>Cinnamomum camphora</i> | LF | 21.0 |
| 186 | | | BR | 12.0 |
| 187 | | | SD | 7.2 |
| 188 | 비자나무 | <i>Torreya nucifera</i> | LF | 19.6 |
| 189 | | | BR | 11.6 |
| 190 | 향나무 | <i>Chinese Juniper</i> | LF | 16.0 |
| 191 | | | BR | 4.2 |
| 192 | 구골나무 | <i>Osmanthus fheterophyllus</i> | LF | 17.0 |
| 193 | | | BR | 8.2 |
| 194 | | | FR | 25.0 |
| 195 | 추백나무 | <i>Thuja orientalis</i> | LF | 22.0 |
| 196 | | | BR | 8.2 |
| 197 | 상산 | <i>Orixa japonica</i> | BR | 3.9 |
| 198 | 섬개벚나무 | <i>Prunus buergeriana</i> | LF | 23.7 |
| 199 | | | BR | 13.5 |
| 200 | 차나무 | <i>Camellia sinensis</i> | LF | 25.5 |
| 201 | | | BR | 5.1 |
| 202 | 식나무 | <i>Aucuba japonica</i> | LF | 26.2 |
| 203 | | | BR | 13.3 |
| 204 | 자귀 | <i>Albizzia julibrissin</i> | LF | 15.0 |
| 205 | | | BR | 10.2 |
| 206 | 왕벚나무 | <i>Prunus yedoensis</i> | LF | 21.4 |
| 207 | | | BR | 11.7 |
| 208 | 모람 | <i>Ficus nipponica</i> | LF | 8.4 |
| 209 | | | BR | 8.2 |
| 210 | | | FR | 5.5 |
| 211 | 천선과 | <i>Ficus erecta</i> Thunb. | LF | 16.7 |
| 212 | | | BR | 5.1 |
| 213 | 좁은잎천선과 | <i>Ficus japonica</i> var. Sieboldi(Hig) King | LF | 18.0 |
| 214 | | | BR | 12.0 |
| 215 | 비쭈 | <i>Artemisia scoparia</i> | WP | 12.6 |
| 216 | 사상자 | <i>Torilis japonica</i> | WP | 15.9 |
| 217 | 갯금불초 | <i>Wedelia prostrata</i> | WP | 20.3 |
| 218 | 참나리 | <i>Lilium tigrinum</i> | WP | 17.5 |

| | | | | |
|-----|--------|--|----|------|
| 219 | 큰까치수염 | <i>Lysimachia clethroides</i> | WP | 22.6 |
| 220 | 개머루 | <i>Ampelopsis brevipedunculata</i> <i>var. heterophylla</i> | WP | 14.3 |
| 221 | 큰뻬무 | <i>Geum aleppicum</i> | WP | 15.4 |
| 222 | 보리수나무 | <i>Elaeagnus umbellata</i> | WP | 16.5 |
| 223 | 층층나무 | <i>Cornus controversa</i> | WP | 17.8 |
| 224 | 뽕잎피나무 | <i>Tilia taquetii</i> | WP | 15.6 |
| 225 | 왕모시풀 | <i>Boehmeria pannosa</i> | WP | 11.0 |
| 226 | 노랑하늘타리 | <i>Trichosanthes kirilowii</i> var. <i>japonica</i> Kitam | WP | 22.3 |
| 227 | 호랑가시나무 | <i>Ilex cornuta</i> Lindley | LF | 24.7 |
| 228 | | | BR | 10.5 |
| 229 | 센달나무 | <i>Machilus japonica</i> | LF | 9.2 |
| 230 | | | BR | 9.7 |
| 231 | 목련 | <i>Magnolia kobus</i> | BR | 7.9 |
| 232 | 사스레피나무 | <i>Eurya japonica</i> | LF | 24.7 |
| 233 | 조록나무 | <i>Distylium racemosum</i> | LF | 10.3 |
| 234 | | | BR | 10.9 |
| 235 | 주목 | <i>Taxus cuspidata</i> | BR | 8.7 |
| 236 | 괭괭나무 | <i>Ilex crenata</i> | BR | 6.3 |
| 237 | 비수리 | <i>Lespedeza cuneata</i> | WP | 19.7 |
| 238 | 소나무 | <i>Pinus thunbergii</i> | LF | 16.5 |
| 239 | | | BR | 8.0 |
| 240 | 돈나무 | <i>Pittosporum tobira</i> | LF | 25.1 |
| 241 | | | BR | 9.2 |
| 242 | 광나무 | <i>Ligustrum japonicum</i> | LF | 35.5 |
| 243 | | | BR | 14.0 |
| 244 | 나한송 | <i>Podocarpus macrophyllus</i> var. <i>maki</i> | LF | 26.5 |
| 245 | | | BR | 11.7 |
| 246 | 단풍나무 | <i>Acer palmatum</i> | LF | 21.3 |
| 247 | | | BR | 4.4 |
| 248 | 석류나무 | <i>Punica granatum</i> | LF | 36.0 |
| 249 | | | BR | 21.0 |
| 250 | 산다래 | <i>Actinidia arguta</i> | LF | 9.7 |
| 251 | | | BR | 4.3 |
| 252 | 병솔나무 | <i>Callistemon lanceola</i> | LF | 23.4 |
| 253 | | | BR | 6.5 |

| | | | | |
|-----|------|---|----|------|
| 254 | 느티나무 | <i>Zelkova serrate</i> | LF | 25.1 |
| 255 | | | BR | 8.8 |
| 256 | 뽕나무 | <i>Morus</i> | LF | 12.7 |
| 257 | | | BR | 4.9 |
| 258 | 서양측백 | <i>Thuja occidentalis</i> | LF | 24.9 |
| 259 | | | BR | 7.7 |
| 260 | 수련 | <i>Nymphaea teragona</i> Georgi Var. | RT | 12.5 |
| 261 | 참비름 | <i>amaranthus mangostanus</i> L. | WP | 9.5 |
| 262 | 질경이 | Fam. Plantaginaceae <i>Plantago</i> <i>asiatica</i> L. | WP | 19.5 |
| 263 | 쇠비름 | <i>Portulaca oleracea</i> L. | WP | 2.9 |
| 264 | 개삼동 | <i>Solanum nigrum</i> L. | WP | 7.0 |
| 265 | 망초 | <i>Ergeron canadensis</i> L. | WP | 22.2 |
| 266 | 수영 | Fam. Polygonaceae <i>Rumex</i> <i>acetosa</i> L. | WP | 9.1 |
| 267 | 분꽃 | <i>Mirabilis jalapa</i> | WP | 12.4 |
| 268 | 개자리 | <i>Medicago hispida</i> | WP | 15.9 |
| 269 | 쑥갓 | <i>Chrysanthernum coronarium</i> | WP | 15.0 |
| 270 | 별꽃 | <i>Stellaria media villars</i> | WP | 23.9 |
| 271 | 비단풀 | <i>Ceramium kondoi</i> | WP | 14.9 |
| 272 | 곰의말채 | <i>Cornus macrophylla</i> | LF | 17.0 |

Table 4. Number of plant species for family name.

| No. | Name of family | | Species No. |
|-----|----------------|----------------|-------------|
| | Korea name | English name | |
| 1 | 가래나무과 | Juglandaceae | 1 |
| 2 | 가지과 | Solanaceae | 1 |
| 3 | 갈매나무과 | Rhamnaceae | 2 |
| 4 | 감탕나무과 | Aquifoliaceae | 4 |
| 5 | 고추나무과 | Staphyleaceae | 2 |
| 6 | 국화과 | Compositae | 14 |
| 7 | 꿀풀과 | Labiatae | 2 |
| 8 | 나도밤나무과 | Sabiaceae | 1 |
| 9 | 나한송과 | Podocarpaceae | 1 |
| 10 | 노린재나무과 | Symplocaceae | 1 |
| 11 | 노박덩굴과 | Celastraceae | 1 |
| 12 | 녹나무과 | Lauraceae | 6 |
| 13 | 느릅나무과 | Ulmaceae | 1 |
| 14 | 다래나무과 | Actinidiaceae | 1 |
| 15 | 단풍나무과 | Aceraceae | 1 |
| 16 | 담팔수과 | Elaeocarpaceae | 1 |
| 17 | 대극과 | Euphorbiaceae | 3 |
| 18 | 도금양과 | Myrtaceae | 1 |
| 19 | 돈나무과 | Pittosporaceae | 1 |
| 20 | 두릅나무과 | Araliaceae | 3 |
| 21 | 매죽나무과 | Styracaceae | 1 |
| 22 | 마과 | Dioscoreaceae | 1 |
| 23 | 마디풀과 | Polygonaceae | 1 |
| 24 | 마편초과 | Verbenaceae | 2 |
| 25 | 목련과 | Magnoliaceae | 1 |
| 26 | 무환자나무과 | Sapindaceae | 1 |
| 27 | 물푸레나무과 | Oleaceae | 4 |
| 28 | 미나리아재비과 | Ranunculaceae | 2 |
| 29 | 박과 | Cucurbitaceae | 1 |
| 30 | 백합과 | Liliaceae | 1 |
| 31 | 범의귀과 | Saxifragaceae | 1 |
| 32 | 벼과 | Gramineae | 1 |
| 33 | 보리수나무과 | Elaeagnaceae | 1 |
| 34 | 분꽃과 | Nyctaginaceae | 1 |

| | | | |
|----|-------|-----------------|---|
| 35 | 산형과 | Umbelliferae | 2 |
| 36 | 석류과 | Punicaceae | 1 |
| 37 | 석죽과 | Caryophyllaceae | 1 |
| 38 | 소나무과 | Pinaceae | 1 |
| 39 | 소태나무과 | Simaroubaceae | 1 |
| 40 | 쇠비름과 | Portulacaceae | 1 |
| 41 | 수련과 | Nymphaeaceae | 1 |
| 42 | 쐐기풀과 | Urticaceae | 1 |
| 43 | 아욱과 | Malvaceae | 1 |
| 44 | 앵초과 | Primulaceae | 1 |
| 45 | 운향과 | Rutaceae | 3 |
| 46 | 으름덩굴과 | Lardizabalaceae | 1 |
| 47 | 인동과 | Caprifoliaceae | 1 |
| 48 | 장미과 | Rosaceae | 7 |
| 49 | 조록나무과 | Hamamelidaceae | 1 |
| 50 | 주목과 | Taxaceae | 2 |
| 51 | 진달래과 | Ericaceae | 3 |
| 52 | 질경이과 | Plantaginaceae | 1 |
| 53 | 차나무과 | Theaceae | 5 |
| 54 | 참나무과 | Fagaceae | 5 |
| 55 | 천남성과 | Araceae | 2 |
| 56 | 측백나무과 | Curoressaceae | 4 |
| 57 | 층층나무과 | Cornaceae | 4 |
| 58 | 콩과 | Leguminosae | 6 |
| 59 | 파리풀과 | Phrymaceae | 1 |
| 60 | 포도나무과 | Vitaceae | 2 |
| 61 | 피나무과 | Tiliaceae | 1 |
| 62 | 현호색과 | Fumariaceae | 1 |

3-3. 식물들의 활성 결과

3-3-1. 미백 활성 검색 결과

70% ethanol 추출물 및 hexane 층, ethyl acetate 층, buthanol 층, water 층의

분획물 총 381가지에 대한 활성 검색이 이루어졌다. 그 결과, IC₅₀ 값이 150 µg/mL이하의 값을 나타내는 식물 추출물 및 분획물 들은 41개로 10.8 %를 보였다. 그 결과를 Table 5에 나타내었다. 70% ethanol 추출물은 총 207 가지 수에 대하여 활성 검색을 실시하였고, 그 중 IC₅₀ 값이 150 µg/mL이하의 값을 나타내는 추출물은 21개로 10.1 %였다. 추출물과 각각의 분획층에 대하여 IC₅₀ 값이 150 µg/mL이하의 값을 갖는 식물들을 정리하여 Table 6과 7에 나타내었다.

활성이 좋은 식물들의 경향성을 정리한 결과, 식물 부위 중 잎의 활성이 좋았던 식물이 11종, 가지는 12종 등으로 나타났다. 부위별 그리고 분획별 활성 결과에 대한 경향을 Figure 9에 나타내었다.

Table 5. Results of tyrosinase inhibition activity test

| No. | Plant | Part Used | Fraction | Concentration | | | IC ₅₀ (ug/ml) |
|-----|-------|-----------|----------|---------------|----------|---------|-----------------------------|
| | | | | 300ug/ml | 100ug/ml | 50ug/ml | |
| 1 | 감탕나무 | BR | E | 39.0 | 18.0 | 18.6 | |
| 2 | | | He | -72.6 | -33.5 | -6.9 | |
| 3 | | | Et | 20.6 | 14.0 | 6.1 | |
| 4 | 개가시나무 | BR | E | 27.0 | 30.9 | 37.9 | |
| 5 | | | He | 36.1 | 7.4 | -1.0 | |
| 6 | | | Et | -10.3 | -6.2 | -12.2 | |
| 7 | | | Bu | 29.2 | 29.3 | 26.9 | |
| 8 | 개민들레 | BR | E | 21.6 | 32.9 | 35.1 | |
| 9 | | | He | 22.1 | 40.4 | 4.3 | |
| 10 | | | Et | 64.8 | 40.9 | 37.6 | 176.9 |
| 11 | | RT | E | 32.5 | 14.8 | 23.7 | |
| 12 | | | He | 12.3 | 15.8 | 3.6 | |
| 13 | | | Et | 32.5 | 41.6 | 43.3 | |
| 14 | FL | E | 54.2 | 53.3 | 45.2 | 80.1 | |
| 15 | | He | 41.0 | -7.0 | 16.6 | | |
| 16 | | Et | 71.5 | 63.2 | 47.7 | 57.9 | |
| 17 | 개머루 | WP | E | 30.3 | 25.1 | 14.8 | |
| 18 | 개삼동 | WP | E | 11.2 | 13.0 | 16.7 | |
| 19 | 개자리 | WP | E | 31.7 | 32.7 | 31.8 | |
| 20 | 갯금불초 | WP | E | 27.3 | 31.2 | 24.0 | |

| | | | | | | | | |
|----|------------------|------|------------------|------|------|-------|-------|-------|
| 21 | 거지덩굴 | WP | E | 35.0 | 28.9 | 22.9 | | |
| 22 | 검은재나무 | LF | E | 64.6 | 29.8 | 13.6 | 216.4 | |
| 23 | | BR | E | 20.6 | 14.5 | 10.7 | | |
| 24 | 고추나무 | LF | E | 45.2 | 23.8 | 17.8 | | |
| 25 | | | He | 13.3 | 23.0 | 13.3 | | |
| 26 | | | Et | 16.7 | 9.2 | 10.7 | | |
| 27 | | | Bu | 16.0 | 13.8 | 12.8 | | |
| 28 | | BR | E | 7.6 | 3.3 | 2.1 | | |
| 29 | 고삼 | LF | E | 49.4 | 34.2 | 26.6 | | |
| 30 | | BR | E | 51.3 | 34.7 | 23.7 | 281.7 | |
| 31 | | FL | E | 30.5 | 22.9 | 21.6 | | |
| 32 | 곰의말채 | LF | E | 69.9 | 57.9 | 48.1 | 59.8 | |
| 33 | 구꼴나무 | LF | E | 14.6 | 8.5 | 6.6 | | |
| 34 | | BR | E | 15.3 | 9.1 | 8.1 | | |
| 35 | | FR | E | 14.2 | 22.2 | 9.6 | | |
| 36 | 구실잣밤나무 | LF | E | 62.4 | 53.8 | 40.5 | 86.0 | |
| 37 | | | He | 46.7 | 24.7 | 23.2 | | |
| 38 | | | Et | 24.9 | 29.8 | 5.6 | | |
| 39 | | BR | E | 39.2 | 31.5 | 31.5 | | |
| 40 | | | He | 21.5 | 42.4 | 20.8 | | |
| 41 | | | Et | 40.2 | 36.5 | 31.0 | | |
| 42 | | | Bu | 41.9 | 31.5 | 31.1 | | |
| 43 | | | H ₂ O | -4.3 | -6.6 | -2.0 | | |
| 44 | | 굴피나무 | LF | E | 12.9 | 11.4 | 11.5 | |
| 45 | | | | Et | 23.2 | 15.3 | 2.6 | |
| 46 | Bu | | | 54.2 | 46.0 | 28.8 | 181.0 | |
| 47 | H ₂ O | | | 31.0 | 29.0 | 25.2 | | |
| 48 | BR | | E | 49.4 | 19.9 | 14.9 | | |
| 49 | | | He | 6.4 | 0.8 | -13.0 | | |
| 50 | | | Et | 23.0 | 16.2 | 7.9 | | |
| 51 | | | Bu | 50.3 | 32.7 | 28.7 | 297.0 | |
| 52 | | | H ₂ O | 17.9 | 17.7 | 17.4 | | |
| 53 | | | FR | E | 75.8 | 44.0 | 30.0 | 137.9 |
| 54 | | | | He | 21.4 | 11.8 | 7.9 | |
| 55 | Et | | | 42.3 | 40.5 | 32.5 | | |
| 56 | Bu | | | 73.6 | 33.1 | 23.3 | 134.0 | |
| 57 | | | H ₂ O | 48.9 | 18.8 | 16.2 | | |

| | | | | | | | |
|----|--------|----|------------------|------|------|------|-------|
| 58 | 광나무 | LF | E | -3.6 | 3.9 | 4.1 | |
| 59 | | BR | E | 4.7 | 10.9 | 10.0 | |
| 60 | 까마귀베개 | BR | E | 33.2 | 31.2 | 30.2 | |
| 61 | | LF | E | 62.2 | 47.6 | 35.0 | 167.6 |
| 62 | | | He | 63.6 | 31.8 | 25.6 | 212.8 |
| 63 | | | Et | 59.3 | 48.0 | 41.6 | 155.7 |
| 64 | | | Bu | 37.0 | 29.2 | 25.6 | |
| 65 | | | H ₂ O | 27.3 | 27.3 | 25.4 | |
| 66 | | FR | E | 35.0 | 32.6 | 31.0 | |
| 67 | 까마귀쪽나무 | LF | E | 41.8 | 40.4 | 23.7 | |
| 68 | | BR | E | 61.6 | 44.6 | 23.9 | 164.2 |
| 69 | | | He | 35.7 | 30.2 | 22.4 | |
| 70 | | | Et | 56.9 | 54.5 | 42.9 | 80.7 |
| 71 | | | Bu | 45.9 | 36.7 | 31.0 | |
| 72 | | | H ₂ O | -3.3 | -4.4 | -2.9 | |
| 73 | 광꿩나무 | BR | E | -0.9 | 2.6 | 2.8 | |
| 74 | 나한송 | LF | E | 87.2 | 70.7 | 45.9 | 58.5 |
| 75 | | | Et | 29.8 | 27.7 | 20.2 | |
| 76 | | | Bu | 70.7 | 31.1 | 23.7 | 195.3 |
| 77 | | | H ₂ O | 44.0 | 23.2 | 21.0 | |
| 78 | | BR | E | 85.6 | 61.2 | 42.7 | 69.3 |
| 79 | | | Et | 49.9 | 25.5 | 25.7 | |
| 80 | | | Bu | 80.9 | 39.2 | 16.8 | 152.8 |
| 81 | | | H ₂ O | 38.6 | 21.0 | 16.2 | |
| 82 | 노랑하늘타리 | WP | E | 27.7 | 26.3 | 21.3 | |
| 83 | 녹나무 | LF | E | 27.6 | 20.1 | 15.4 | |
| 84 | | BR | E | 21.0 | 17.3 | 16.2 | |
| 85 | 누린내풀 | LF | E | 39.3 | 25.8 | 26.3 | |
| 86 | | BR | E | 27.6 | 22.5 | 17.1 | |
| 87 | | RT | E | 35.6 | 32.3 | 21.4 | |
| 88 | 느티나무 | LF | E | 29.5 | 25.8 | 20.7 | |
| 89 | | BR | E | -0.2 | 6.3 | 22.7 | |
| 90 | 단풍나무 | LF | E | 36.9 | 22.1 | 16.2 | |
| 91 | | BR | E | 14.0 | 14.9 | 11.2 | |
| 92 | 담배풀 | LF | E | 29.6 | 28.0 | 26.1 | |
| 93 | | BR | E | 48.8 | 31.2 | 21.0 | |
| 94 | | FR | E | 24.1 | 21.4 | 20.4 | |

| | | | | | | | |
|-----|------|--------|------------------|--------|-------|-------|-------|
| 95 | 담팔수 | BR | E | 52.6 | 24.2 | 25.0 | 283.0 |
| 96 | | | He | -60.2 | 17.1 | 28.6 | |
| 97 | | | Et | 55.6 | 36.2 | 10.1 | 242.9 |
| 98 | | | Bu | 80.2 | 54.7 | 38.2 | 85.2 |
| 99 | 도수외 | WP | E | 11.3 | 20.2 | 23.7 | |
| 100 | 돈나무 | LF | E | 23.5 | 18.9 | 13.5 | |
| 101 | | BR | E | 22.9 | 22.4 | 14.4 | |
| 102 | 동백 | LF | E | 30.7 | 30.7 | 29.5 | |
| 103 | | | He | -35.5 | -3.7 | 16.2 | |
| 104 | | | Et | -49.6 | 0.6 | 4.4 | |
| 105 | | BR | E | 46.8 | 43.1 | 44.9 | |
| 106 | | | He | 28.9 | 25.6 | 17.4 | |
| 107 | | | Et | -10.3 | -10.1 | -14.5 | |
| 108 | | | Bu | 17.7 | 11.0 | 17.6 | |
| 109 | | FR | Et | -17.6 | -4.1 | -12.2 | |
| 110 | | BU | Et | -153.6 | -21.4 | 7.8 | |
| 111 | | 등골나무 | LF | E | 22.0 | 19.6 | 17.9 |
| 112 | BR | | E | 34.4 | 21.7 | 19.8 | |
| 113 | RT | | E | 15.2 | 15.8 | 13.4 | |
| 114 | 떡윤노리 | LF | E | 16.9 | 12.2 | 0.3 | |
| 115 | | BR | E | 14.3 | 13.9 | -13.4 | |
| 116 | | FR | E | 28.5 | 23.7 | 20.1 | |
| 117 | 떡쭈 | RT | E | 40.8 | 21.2 | 24.9 | |
| 118 | | | Et | 31.7 | 13.1 | -0.6 | |
| 119 | | FL | He | 68.1 | 23.1 | 13.1 | 220.1 |
| 120 | | | Et | -63.2 | -9.6 | -3.2 | |
| 121 | 매죽나무 | LF | E | 37.6 | 30.4 | 16.6 | |
| 122 | | BR | E | 44.3 | 31.6 | 19.0 | |
| 123 | | FR | E | 25.5 | 16.3 | 14.7 | |
| 124 | 마 | LF | E | 63.9 | 9.5 | 5.6 | 250.1 |
| 125 | | BR | E | 39.8 | 3.0 | 2.7 | |
| 126 | | | Et | 42.3 | 41.3 | 33.9 | |
| 127 | | | Bu | 39.5 | 28.6 | 25.9 | |
| 128 | | | H ₂ O | 30.8 | 28.2 | 17.3 | |
| 129 | | FR | E | 26.8 | 21.5 | 21.1 | |
| 130 | | 말오줌매나무 | BR | E | 29.8 | 32.1 | 16.5 |
| 131 | He | | | 17.7 | 13.0 | 27.9 | |

| | | | | | | | |
|-----|------------------|------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 132 | | | Et | -0.9 | -7.2 | -19.1 | |
| 133 | 망지쿨 | WP | E | 14.9 | 13.9 | 16.3 | |
| 134 | 망초 | WP | E | 27.7 | 23.3 | 20.3 | |
| 135 | 면나무 | BR | E | 31.2 | 10.7 | 11.2 | |
| 136 | | | He | 74.7 | 36.9 | 26.3 | 168.8 |
| 137 | | | Et | 15.7 | 9.0 | 4.6 | |
| 138 | 모과나무 | BR | E | 70.3 | 50.6 | 35.9 | 132.0 |
| 139 | | | Et | -31.7 | -9.3 | 9.5 | |
| 140 | | | Bu | 87.3 | 72.6 | 59.9 | 24.3 |
| 141 | | | H ₂ O | 73.2 | 48.6 | 32.5 | 106.7 |
| 142 | 모릅 | LF | E | 27.3 | 13.4 | 7.7 | |
| 143 | | BR | E | 9.8 | -1.1 | -4.2 | |
| 144 | | FR | E | 70.2 | 34.8 | 46.3 | |
| 145 | 목련 | BR | E | 28.7 | 21.4 | 18.0 | |
| 146 | 무환자나무 | LF | E | 10.1 | 21.6 | 23.7 | |
| 147 | | | He | 27.4 | 11.4 | 26.6 | |
| 148 | | | Et | -22.1 | 2.6 | -5.4 | |
| 149 | | BR | E | 47.1 | 51.1 | 34.4 | |
| 150 | He | | 34.1 | 10.7 | 8.1 | | |
| 151 | Et | | 0.6 | -0.2 | 2.8 | | |
| 152 | Bu | | 34.5 | 24.3 | 26.3 | | |
| 153 | 별가치 | LF | E | 30.1 | 25.8 | 18.4 | |
| 154 | | BR | E | 36.5 | 20.9 | 17.0 | |
| 155 | | RT | E | 30.4 | 29.2 | 26.9 | |
| 156 | 바위수국 | LF | E | 12.9 | 8.6 | 6.8 | |
| 157 | | BR | E | 73.6 | 34.9 | 33.5 | 165.7 |
| 158 | | FR | E | 30.2 | 22.5 | 7.6 | |
| 159 | | | He | 53.2 | 22.3 | 17.7 | 280.0 |
| 160 | | | Et | 31.5 | 31.2 | 16.9 | |
| 161 | | | Bu | 44.7 | 33.3 | 31.7 | |
| 162 | H ₂ O | 54.6 | 11.2 | 10.2 | 280.0 | | |
| 163 | 박취나물 | LF | E | 16.8 | 16.1 | 14.6 | |
| 164 | 별꽃 | WP | E | 24.3 | 14.1 | 25.5 | |
| 165 | 병솔꽃나무 | LF | E | 62.4 | 26.1 | 38.6 | 231.7 |
| 166 | | BR | E | 77.3 | 54.8 | 29.8 | 90.9 |
| 167 | | | Et | 48.4 | 41.2 | 13.7 | |
| 168 | | | Bu | 69.7 | 35.7 | 19.0 | 184.1 |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 169 | | | H ₂ O | 32.6 | 21.5 | 9.4 | |
| 170 | 보리수나무 | BR | E | 15.3 | 5.0 | 0.2 | |
| 171 | | | Et | 83.1 | 61.0 | 37.4 | 76.8 |
| 172 | | | Bu | 39.4 | 29.4 | 21.3 | |
| 173 | | | H ₂ O | 42.5 | 25.3 | 19.5 | |
| 174 | 복수초 | RT | E | 37.7 | 34.8 | 37.1 | |
| 175 | | | He | 18.9 | 9.9 | 7.4 | |
| 176 | | | Et | 14.1 | 41.2 | 34.1 | |
| 177 | | | Bu | 42.5 | 55.4 | 37.6 | 218.0 |
| 178 | 부용 | BR | E | 29.0 | 22.4 | 12.6 | |
| 179 | | | He | 18.0 | 5.1 | 8.7 | |
| 180 | | | Et | -25.4 | -16.9 | -14.7 | |
| 181 | 분꽃 | WP | E | 15.3 | 23.6 | 32.0 | |
| 182 | 붉가시나무 | LF | E | 70.6 | 58.6 | 46.4 | 65.1 |
| 183 | | | He | 23.6 | -12.8 | -6.8 | |
| 184 | | | Et | 67.7 | 56.1 | 55.5 | 29.1 |
| 185 | | BR | He | 29.5 | 37.5 | 18.5 | |
| 186 | | | Et | 52.3 | 45.0 | 52.9 | |
| 187 | | 비단풀 | WP | E | 66.1 | 32.0 | 32.2 |
| 188 | 비수리 | WP | E | 54.9 | 33.7 | 30.3 | 253.3 |
| 189 | 비쭈 | WP | E | -3.3 | 10.7 | 6.8 | |
| 190 | 비자나무 | LF | E | 16.3 | 3.0 | -2.0 | |
| 191 | | BR | E | 17.7 | 7.6 | 6.7 | |
| 192 | 비쭈기나무 | LF | E | 12.0 | 6.8 | 4.9 | |
| 193 | | BR | E | 50.3 | 30.2 | 22.7 | |
| 194 | | | He | 20.9 | 8.1 | 3.1 | |
| 195 | | FR | E | 49.6 | 31.4 | 20.9 | |
| 196 | | SD | E | -7.1 | -12.1 | -13.1 | |
| 197 | 비파나무 | LF | E | 24.1 | 25.8 | 23.9 | |
| 198 | | | He | 74.9 | 32.7 | 19.8 | 182.1 |
| 199 | | | Et | 76.4 | 60.6 | 33.6 | 80.1 |
| 200 | | | Bu | 35.0 | 20.6 | -5.0 | |
| 201 | | BR | E | 26.0 | 25.7 | 20.9 | |
| 202 | | | He | 22.2 | 22.5 | 24.4 | |
| 203 | | | Et | -4.1 | 22.9 | 18.4 | |
| 204 | | | Bu | 37.5 | 25.8 | 17.2 | |
| 205 | | BU | He | 17.9 | 42.1 | 9.9 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 206 | | | Et | 59.5 | 33.5 | 33.0 | 227.5 |
| 207 | | | Bu | 36.0 | 30.4 | 31.2 | |
| 208 | 뽕나무 | LF | E | 87.7 | 83.2 | 78.6 | 31.9 |
| 209 | | | Et | 33.8 | 61.5 | 31.7 | |
| 210 | | | Bu | 87.0 | 59.4 | 30.2 | 83.8 |
| 211 | | | H ₂ O | 38.6 | 29.1 | 15.3 | |
| 212 | | BR | E | 104.0 | 102.1 | 100.7 | |
| 213 | 뽕잎피나무 | WP | E | 34.6 | -14.7 | -0.2 | |
| 214 | 사람주나무 | LF | E | 18.9 | 6.7 | -9.3 | |
| 215 | | | He | 27.0 | 25.6 | 10.1 | |
| 216 | | | Et | 58.5 | 32.9 | 31.3 | 203.0 |
| 217 | | | Bu | 29.5 | 27.8 | 25.4 | |
| 218 | | | H ₂ O | 20.4 | 16.2 | 10.0 | |
| 219 | | BR | E | 3.9 | -2.7 | -24.5 | |
| 220 | | FR | E | 44.2 | 14.6 | 2.8 | |
| 221 | 사상자 | WP | E | 6.5 | 19.6 | 15.6 | |
| 222 | 사스레피나무 | LF | E | 25.2 | 21.1 | 22.0 | |
| 223 | 사철나무 | LF | E | 5.0 | 2.5 | -0.4 | |
| 224 | | BR | E | 67.9 | 39.1 | 32.6 | 174.6 |
| 225 | 산다래 | LF | E | 59.9 | 35.8 | 16.0 | 217.5 |
| 226 | | BR | E | 30.0 | 23.9 | 12.0 | |
| 227 | 산딸나무 | LF | E | 9.6 | 2.2 | -11.9 | |
| 228 | | BR | E | 63.5 | 48.6 | 36.4 | 155.0 |
| 229 | | | He | 48.7 | 25.7 | -8.4 | |
| 230 | | | Et | 52.1 | 48.0 | 36.7 | 196.0 |
| 231 | | | Bu | 41.7 | 31.8 | 22.9 | |
| 232 | | | H ₂ O | 20.5 | 10.7 | 10.6 | |
| 233 | | FR | E | 21.7 | 20.6 | 20.3 | |
| 234 | 산초나무 | LF | E | 16.1 | 1.7 | 0.1 | |
| 235 | | BR | E | 14.6 | -3.7 | -10.3 | |
| 236 | | FR | E | 15.7 | 11.0 | 10.4 | |
| 237 | 살갈퀴 | BR | E | 24.0 | 10.5 | 34.6 | |
| 238 | | | Et | 18.2 | -9.7 | -8.7 | |
| 239 | 상산 | BR | E | 22.2 | 15.9 | 15.3 | |
| 240 | 새덕이나무 | BR | E | 39.3 | 39.7 | 37.9 | |
| 241 | | | He | 49.2 | 31.3 | 16.0 | |
| 242 | | | Et | 20.3 | 55.9 | 27.6 | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|----|------------------|------|------|------|-------|
| 243 | 새비나무 | LF | E | 17.8 | 14.6 | 9.8 | |
| 244 | | BR | E | 32.2 | 25.0 | 22.2 | |
| 245 | | | He | 36.6 | 35.4 | 31.3 | |
| 246 | | | Et | 59.8 | 34.1 | 31.5 | 219.7 |
| 247 | | | Bu | 32.9 | 32.3 | 30.8 | |
| 248 | 서양측백 | LF | E | 58.3 | 49.7 | 47.2 | 105.8 |
| 249 | | BR | E | 75.8 | 57.3 | 37.8 | 81.3 |
| 250 | 석류나무 | LF | E | 45.1 | 30.8 | 14.5 | |
| 251 | | BR | E | 41.7 | 29.8 | 12.9 | |
| 252 | 섬개벚나무 | LF | E | 20.4 | 11.1 | 9.7 | |
| 253 | | BR | E | 15.0 | 8.5 | 3.3 | |
| 254 | 센달나무 | BR | E | 55.9 | 34.1 | 31.2 | 245.4 |
| 255 | 소나무 | LF | E | 92.1 | 81.3 | 50.2 | 49.5 |
| 256 | | | Et | 89.5 | 19.6 | 18.1 | 187.8 |
| 257 | | | Bu | 35.1 | 20.7 | 18.5 | |
| 258 | | | H ₂ O | 45.8 | 31.1 | 21.7 | |
| 259 | | BR | E | 38.4 | 18.0 | 17.3 | |
| 260 | 소태나무 | LF | E | 32.4 | 29.1 | 26.0 | |
| 261 | | | He | 14.3 | 40.1 | 21.6 | |
| 262 | | | Et | 14.6 | 26.9 | 24.6 | |
| 263 | | FR | E | 17.4 | 6.2 | 3.2 | |
| 264 | | | Et | 9.0 | -8.5 | -7.0 | |
| 265 | 솔비나무 | BR | E | 71.6 | 53.3 | 41.9 | 86.5 |
| 266 | | | He | 30.1 | 30.2 | 28.3 | |
| 267 | | | Et | 76.3 | 59.8 | 44.1 | 64.7 |
| 268 | | | Bu | 21.7 | 9.1 | 4.7 | |
| 269 | | | H ₂ O | 7.8 | -4.9 | -0.7 | |
| 270 | 수련 | RT | E | 65.5 | 48.9 | 34.1 | 112.4 |
| 271 | | | He | 1.6 | 2.7 | -2.8 | |
| 272 | | | Et | 79.6 | 53.9 | 38.3 | 87.5 |
| 273 | | | Bu | 48.6 | 23.9 | 12.1 | |
| 274 | | | H ₂ O | 15.8 | 6.7 | 4.6 | |
| 275 | 수영 | WP | E | 20.6 | 23.8 | 31.2 | |
| 276 | 식나무 | LF | E | 10.6 | 8.7 | 4.4 | |
| 277 | | BR | E | 10.3 | 10.6 | 7.8 | |
| 278 | 쇠비름 | WP | E | 13.9 | 21.8 | 29.8 | |
| 279 | 쑥갓 | WP | E | 30.6 | 28.0 | 24.5 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|------|------------------|-------|-------|------|-------|
| 280 | | LF | E | 26.2 | 24.7 | 16.1 | |
| 281 | 쑥방망이 | BR | E | 15.3 | 13.8 | 11.9 | |
| 282 | | FR | E | 0.1 | 0.3 | -2.2 | |
| 283 | | 아왜나무 | LF | E | 43.0 | 29.7 | 20.2 |
| 284 | He | | | -3.2 | -24.0 | 1.5 | |
| 285 | Et | | | 20.6 | 31.9 | 24.1 | |
| 286 | BR | | E | 45.0 | 39.7 | 29.1 | |
| 287 | | | He | 15.9 | 17.8 | 22.2 | |
| 288 | | Et | 38.6 | 37.5 | 26.0 | | |
| 289 | | Bu | 22.3 | 16.7 | 7.9 | | |
| 290 | | | H ₂ O | -12.1 | -6.0 | -3.8 | |
| 291 | 으름 | FR | E | 38.6 | 26.1 | 24.1 | |
| 292 | 으아리 | BR | E | 6.7 | 2.1 | -3.2 | |
| 293 | | LF | E | 41.9 | 31.8 | 7.7 | |
| 294 | | FR | E | 3.8 | -0.8 | -1.3 | |
| 295 | 은목서 | LF | E | 26.7 | 10.8 | 11.0 | |
| 296 | | BR | E | 11.2 | 4.8 | 3.3 | |
| 297 | 왕모시풀 | WP | E | 48.3 | 10.2 | 9.4 | |
| 298 | 왕벚나무 | LF | E | 19.3 | 12.2 | 11.8 | |
| 299 | | BR | E | 47.1 | 34.3 | 21.9 | |
| 300 | 차귀 | LF | E | 19.0 | 19.0 | 15.0 | |
| 301 | | BR | E | 81.2 | 75.9 | 56.6 | 22.0 |
| 302 | 채나무풀 | WP | E | 22.3 | 25.6 | 31.3 | |
| 303 | 점박이천남성 | LF | E | 29.3 | 24.0 | 21.9 | |
| 304 | | BR | E | 18.8 | 17.3 | 14.9 | |
| 305 | | WP | E | 23.3 | 22.1 | 12.6 | |
| 306 | | RT | E | 3.4 | -4.2 | -6.7 | |
| 307 | 제주조릿대 | LF | E | 53.0 | 41.8 | 24.6 | 246.7 |
| 308 | | | Et | 50.8 | 38.8 | 26.1 | 286.8 |
| 309 | | | He | 57.2 | 31.2 | 25.5 | 244.5 |
| 310 | | BR | He | 37.5 | 20.5 | 20.9 | |
| 311 | | | Et | 38.3 | 32.9 | 22.7 | |
| 312 | | | Bu | 46.4 | 35.5 | 35.6 | |
| 313 | | BU | E | 31.3 | 24.5 | 28.0 | |
| 314 | 조록나무 | LF | E | 91.6 | 83.5 | 65.2 | 38.2 |
| 315 | | | Et | 96.1 | 95.1 | 91.7 | 27.2 |
| 316 | | | Bu | 85.2 | 68.4 | 68.4 | 36.6 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|-----|------------------|--------|-------|-------|-------|
| 317 | | | H ₂ O | 85.1 | 70.5 | 68.9 | 36.2 |
| 318 | | BR | E | 94.0 | 92.1 | 88.5 | 28.1 |
| 319 | | | Et | 94.6 | 92.1 | 91.7 | 27.4 |
| 320 | | | Bu | 92.7 | 92.1 | 84.7 | 26.5 |
| 321 | | | H ₂ O | 76.5 | 53.0 | 26.6 | 94.8 |
| 322 | 좁은잎천선과 | | LF | E | 16.8 | 15.1 | 10.5 |
| 323 | | BR | E | 21.9 | 14.5 | 9.1 | |
| 324 | 종가시나무 | LF | E | 62.2 | 12.4 | 36.6 | |
| 325 | | | He | -70.0 | 3.7 | 20.7 | |
| 326 | | | Et | -5.1 | -5.8 | -10.4 | |
| 327 | | | Bu | 27.0 | 27.2 | 25.2 | |
| 328 | | BR | E | 13.6 | 19.2 | 14.9 | |
| 329 | | | He | 4.2 | 14.7 | 18.5 | |
| 330 | | | Et | 1.6 | 23.9 | 19.7 | |
| 331 | | | 주목 | BR | E | -46.5 | 5.1 |
| 332 | 쥐깨풀 | LF | E | 40.1 | 40.0 | 37.6 | |
| 333 | | BR | E | 38.6 | 31.7 | 28.7 | |
| 334 | | | He | 68.6 | 25.3 | 19.8 | 209.0 |
| 335 | | RT | E | 34.2 | 30.0 | 28.6 | |
| 336 | | 질경이 | WP | E | 8.1 | 15.3 | 13.6 |
| 337 | 차나무 | LF | E | 50.9 | 26.1 | 20.2 | 292.7 |
| 338 | | BR | E | 27.9 | 26.3 | 14.5 | |
| 339 | 참가시나무 | BR | E | 31.9 | 20.5 | 25.2 | |
| 340 | | | He | 45.6 | 24.1 | 18.0 | |
| 341 | | | Et | -189.7 | -70.1 | -44.0 | |
| 342 | | | H ₂ O | -11.5 | -8.5 | -10.6 | |
| 343 | 참나리 | WP | E | -1.0 | 18.7 | 16.4 | |
| 344 | 참비릅 | WP | E | 15.9 | 20.1 | 28.2 | |
| 345 | 천선과 | LF | E | 31.3 | 12.5 | -13.5 | |
| 346 | | BR | E | 35.8 | 31.9 | 6.2 | |
| 347 | 측백나무 | LF | E | 20.7 | 17.2 | 14.5 | |
| 348 | | BR | E | 45.2 | 22.8 | 19.0 | |
| 349 | 층층나무 | BR | E | 52.2 | 31.4 | 27.8 | 279.0 |
| 350 | 큰뻬무 | WP | E | 43.8 | 27.9 | 11.4 | |
| 351 | 큰천남성 | LF | E | -8.2 | -9.2 | -13.2 | |
| 352 | | BR | E | 16.1 | 14.6 | 4.9 | |
| 353 | 큰까치수염 | WP | E | 24.8 | 11.2 | 3.0 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 354 | 털머위 | LF | He | 27.9 | 26.6 | 18.8 | |
| 355 | | | H ₂ O | -15.6 | 7.7 | -2.3 | |
| 356 | 털진달래 | LF | E | 86.2 | 67.6 | 67.4 | 13.3 |
| 357 | | | He | 43.5 | 12.9 | 9.8 | |
| 358 | | | Et | 10.1 | 15.6 | 3.4 | |
| 359 | | BR | E | 63.4 | 57.5 | 45.5 | 68.4 |
| 360 | | | Et | -99.2 | -4.3 | 4.2 | |
| 361 | 파리풀 | WP | E | 35.7 | 32.1 | 22.6 | |
| 362 | | | Et | 4.3 | -2.8 | 15.3 | |
| 363 | | | Bu | 33.1 | 21.4 | 19.3 | |
| 364 | 합다리나무 | LF | E | 60.1 | 18.7 | 4.6 | 252.1 |
| 365 | | BR | E | 42.4 | 25.2 | 24.9 | |
| 366 | | | Et | 36.8 | 0.4 | -40.1 | |
| 367 | | WP | E | 38.7 | 28.4 | 25.0 | |
| 368 | 헛개나무 | BR | He | 35.7 | 19.6 | 13.9 | |
| 369 | | | Et | 57.5 | 51.0 | 50.5 | 49.2 |
| 370 | 호랑가시나무 | LF | E | 15.1 | 8.7 | 19.3 | |
| 371 | | BR | E | 20.6 | 10.9 | 6.2 | |
| 372 | 후피향나무 | LF | E | -8.4 | -13.0 | -12.8 | |
| 373 | | | Bu | 37.3 | 21.5 | 14.5 | |
| 374 | | BR | E | 10.4 | 4.8 | 4.4 | |
| 375 | 향나무 | LF | E | 69.6 | 45.8 | 43.0 | 124.6 |
| 376 | | | Et | 76.7 | 74.3 | 67.1 | 1.3 |
| 377 | | | Bu | 35.0 | 15.9 | 26.9 | |
| 378 | | | H ₂ O | 26.3 | 13.6 | -6.6 | |
| 379 | | BR | E | 33.3 | 26.9 | 23.3 | |
| 380 | 황벽나무 | LF | E | 44.8 | 20.3 | 27.2 | |
| 381 | | | He | 18.5 | 0.5 | 8.9 | |

Table 6. Summary of plants showing anti-tyrosinase activity IC₅₀ lower than 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$

| No. | Plant | Part Used | Fraction | Concentration | | | IC ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{ml}$) |
|-----|--------|-----------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---|
| | | | | 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | |
| 1 | 개민들레 | FL | E | 54.2 | 53.3 | 45.2 | 80.1 |
| 2 | | | Et | 71.5 | 63.2 | 47.7 | 57.9 |
| 3 | 곰의말채 | LF | E | 69.9 | 57.9 | 48.1 | 59.8 |
| 4 | 구실잣밤나무 | LF | E | 62.4 | 53.8 | 40.5 | 86.0 |
| 5 | 굴피나무 | FR | E | 75.8 | 44.0 | 30.0 | 137.9 |
| 6 | | | Bu | 73.6 | 33.1 | 23.3 | 134.0 |
| 7 | 까마귀쪽나무 | BR | Et | 56.9 | 54.5 | 42.9 | 80.7 |
| 8 | 나한송 | LF | E | 87.2 | 70.7 | 45.9 | 58.5 |
| 9 | | BR | E | 85.6 | 61.2 | 42.7 | 69.3 |
| 10 | 담팔수 | BR | Bu | 80.2 | 54.7 | 38.2 | 85.2 |
| 11 | 모과나무 | BR | E | 70.3 | 50.6 | 35.9 | 132.0 |
| 12 | | | Bu | 87.3 | 72.6 | 59.9 | 24.3 |
| 13 | | | H ₂ O | 73.2 | 48.6 | 32.5 | 106.7 |
| 14 | 병솔꽃나무 | BR | E | 77.3 | 54.8 | 29.8 | 90.9 |
| 15 | 보리수나무 | BR | Et | 83.1 | 61.0 | 37.4 | 76.8 |
| 16 | 붉가시나무 | LF | E | 70.6 | 58.6 | 46.4 | 65.1 |
| 17 | | | Et | 67.7 | 56.1 | 55.5 | 29.1 |
| 18 | 비파나무 | LF | Et | 76.4 | 60.6 | 33.6 | 80.1 |
| 19 | 뽕나무 | LF | E | 87.7 | 83.2 | 78.6 | 31.9 |
| 20 | | | Bu | 87.0 | 59.4 | 30.2 | 83.8 |
| 21 | 서양측백 | LF | E | 58.3 | 49.7 | 47.2 | 105.8 |
| 22 | | BR | E | 75.8 | 57.3 | 37.8 | 81.3 |
| 23 | 소나무 | LF | E | 92.1 | 81.3 | 50.2 | 49.5 |
| 24 | 솔비나무 | BR | E | 71.6 | 53.3 | 41.9 | 86.5 |
| 25 | | | Et | 76.3 | 59.8 | 44.1 | 64.7 |
| 26 | 수련 | RT | E | 65.5 | 48.9 | 34.1 | 112.4 |
| 27 | | | Et | 79.6 | 53.9 | 38.3 | 87.5 |
| 28 | 자귀 | BR | E | 81.2 | 75.9 | 56.6 | 22.0 |
| 29 | 조록나무 | LF | E | 91.6 | 83.5 | 65.2 | 38.2 |
| 30 | | | Et | 96.1 | 95.1 | 91.7 | 27.2 |
| 31 | | | Bu | 85.2 | 68.4 | 68.4 | 36.6 |
| 32 | | | H ₂ O | 85.1 | 70.5 | 68.9 | 36.2 |

| | | | | | | | |
|----|------|----|------------------|------|------|------|-------|
| 33 | | BR | E | 94.0 | 92.1 | 88.5 | 28.1 |
| 34 | | | Et | 94.6 | 92.1 | 91.7 | 27.4 |
| 35 | | | Bu | 92.7 | 92.1 | 84.7 | 26.5 |
| 36 | | | H ₂ O | 76.5 | 53.0 | 26.6 | 94.8 |
| 37 | 털진달래 | LF | E | 86.2 | 67.6 | 67.4 | 13.3 |
| 38 | | BR | E | 63.4 | 57.5 | 45.5 | 68.4 |
| 39 | 헛개나무 | BR | Et | 57.5 | 51.0 | 50.5 | 49.2 |
| 40 | 향나무 | LF | E | 69.6 | 45.8 | 43.0 | 124.6 |
| 41 | | | Et | 76.7 | 74.3 | 67.1 | 1.3 |

Table 7. Results of tyrosinase inhibition activity for extracts and fractions

| Contents | Total No. | IC ₅₀ < 150 µg/mL | Percent (%) |
|------------------------|-----------|------------------------------|-------------|
| Extracts and fractions | 381 | 41 | 10.8 |
| 70% ethanol exts. | 207 | 21 | 10.0 |
| Hex. layer | 48 | 0 | 0.0 |
| EtOAc layer | 64 | 11 | 17.2 |
| BuOH layer | 37 | 6 | 16.2 |
| H ₂ O layer | 25 | 3 | 12.0 |

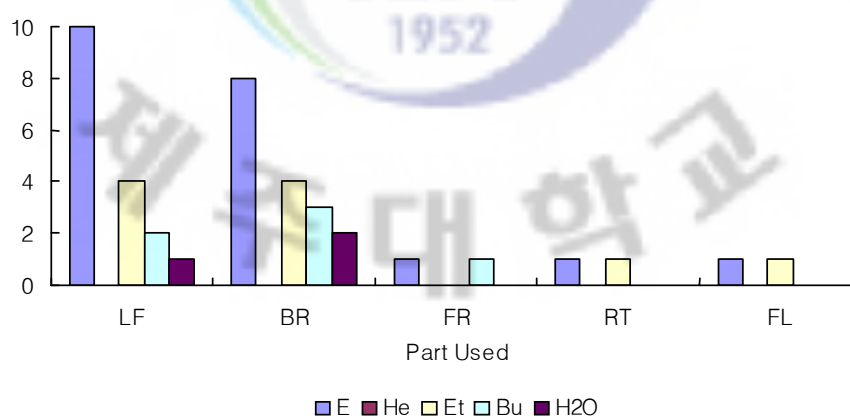


Figure 9. Comparison of anti-tyrosinase activities based on plants part used.

LF: leaf, BR: branch, FR: fruit, RT: root, FL: flower

3-3-2. 주름개선 활성 검색 결과

70% ethanol 추출물 및 hexane 층, ethyl acetate 층, buthanol 층, water 층의 분획물 총 443가지에 대한 활성 검색이 이루어졌다. 그 결과, IC₅₀ 값이 50 µg/mL이하의 값을 나타내는 식물 추출물 및 분획물 들은 76개로 16.9 %를 보였다. 그 결과를 Table 8에 나타내었다. 70% Ethanol 추출물은 총 266 가지수에 대하여 활성 검색을 실시하였고, 그 중 IC₅₀ 값이 50 µg/mL이하의 값을 나타내는 추출물은 37개로 13.9 %였다. 추출물과 각각의 분획층에 대하여 IC₅₀ 값이 50 µg/mL이하의 값을 갖는 식물들을 정리하여 Table 9와 10에 나타내었다.

활성이 좋은 식물들의 경향성을 정리한 결과, 식물 부위 중 잎의 활성이 좋았던 식물이 22종, 가지는 28종 등으로 나타났다. 부위별 그리고 분획별 활성 결과에 대한 경향을 Figure 10에 나타내었다.

Table 8. Elastase inhibition activities for the plant extracts

| No. | Plant | Part Used | Fraction | Concentration | | | IC ₅₀ (ug/ml) |
|-----|-------|-----------|----------|---------------|---------|---------|-----------------------------|
| | | | | 100ug/ml | 50ug/ml | 10ug/ml | |
| 1 | 감탕나무 | LF | E | 17.2 | 13.5 | -5.1 | |
| 2 | | | E | 9.7 | 9.8 | 3.3 | |
| 3 | | BR | He | 11.2 | 7.4 | 6.3 | |
| 4 | | | Et | 34.9 | 7.2 | 8.5 | |
| 5 | 개가시나무 | LF | E | 12.6 | 9.3 | -10.4 | |
| 6 | | | E | 9.6 | 6.4 | 2.5 | |
| 7 | | BR | He | -1.0 | -2.9 | -5.8 | |
| 8 | | | Et | 39.1 | 10.4 | 9.6 | |
| 9 | | | Bu | 7.6 | -2.6 | -6.1 | |
| 10 | 개망초 | LF | E | -11.2 | -50.7 | -9.4 | |
| 11 | | BR | E | -5.1 | -49.8 | -0.6 | |
| 12 | | FL | E | -27.7 | -53.1 | 3.2 | |
| 13 | 개머루 | WP | E | 76.2 | 53.1 | 5.3 | 47.6 |
| 14 | 개민들레 | BR | E | 8.5 | 2.4 | -6.4 | |
| 15 | | | He | 26.2 | 1.2 | -4.3 | |
| 16 | | RT | E | 6.2 | 2.6 | -5.8 | |
| 17 | | | He | 1.6 | -5.0 | -5.8 | |

| | | | | | | | |
|----|--------|------------------|------|-------|-------|-------|------|
| 18 | | | Et | 11.8 | 2.9 | -4.2 | |
| 19 | | FL | E | 23.1 | 9.8 | 7.4 | |
| 20 | | | He | 6.1 | 3.2 | 2.8 | |
| 21 | 개삼동 | WP | E | -16.1 | -61.5 | -31.2 | |
| 22 | 개자리 | WP | E | -16.2 | -47.7 | -21.8 | |
| 23 | 갯금불초 | WP | E | 15.2 | -19.7 | -1.2 | |
| 24 | 거지덩굴 | LF | E | 40.3 | -3.8 | -16.8 | |
| 25 | | BR | E | 6.6 | 5.7 | -11.9 | |
| 26 | | WP | E | 6.3 | -9.4 | -14.0 | |
| 27 | 검은재나무 | LF | E | 77.7 | 61.1 | 9.2 | 41.9 |
| 28 | | BR | E | 63.0 | 37.3 | 3.5 | 74.5 |
| 29 | 고삼 | LF | E | 1.9 | -11.7 | -11.6 | |
| 30 | | BR | E | 7.0 | -6.5 | -8.4 | |
| 31 | | FL | E | -5.9 | -3.5 | -6.6 | |
| 32 | 고추나무 | LF | E | 75.6 | 60.3 | 11.4 | 41.9 |
| 33 | | | He | 4.0 | -10.8 | -15.5 | |
| 34 | | | Et | -3.4 | -11.4 | -17.2 | |
| 35 | | | Bu | 6.8 | -7.2 | -15.9 | |
| 36 | BR | E | 2.2 | -1.4 | -3.2 | | |
| 37 | 곰의말채 | LF | E | 94.1 | 92.4 | 41.2 | 16.9 |
| 38 | 구골나무 | LF | E | 6.8 | 3.7 | 1.5 | |
| 39 | | BR | E | 5.8 | 4.0 | 2.7 | |
| 40 | | FR | E | 3.7 | 3.3 | -8.3 | |
| 41 | 구실잣밤나무 | LF | E | -24.7 | -46.3 | 4.2 | |
| 42 | | | He | 0.1 | -0.2 | -5.0 | |
| 43 | | | Et | 7.5 | -4.3 | -4.8 | |
| 44 | | BR | E | 5.7 | -53.4 | -3.6 | |
| 45 | | | He | 23.6 | 12.0 | 1.1 | |
| 46 | | | Et | 10.8 | 6.4 | 0.2 | |
| 47 | | | Bu | 2.4 | 1.2 | -2.6 | |
| 48 | | H ₂ O | 34.3 | 19.2 | 3.4 | | |
| 49 | 굴거리 | LF | E | -3.6 | -5.4 | -22.7 | |
| 50 | | BR | E | -7.0 | -7.6 | -12.3 | |
| 51 | 굴피나무 | LF | E | 15.0 | 14.1 | 3.7 | |
| 52 | | BR | E | 61.9 | 40.8 | 17.4 | 72.1 |
| 53 | | | He | -5.4 | -11.4 | -14.9 | |
| 54 | | | Et | 59.6 | 37.5 | 15.4 | 78.9 |

| | | | | | | | | | |
|----|--------|------------------|------------------|-------|-------|-------|------|------|------|
| 55 | | | Bu | 73.4 | 46.6 | 20.5 | 58.7 | | |
| 56 | | | H ₂ O | 52.9 | 34.0 | -3.5 | 90.0 | | |
| 57 | | FR | E | 50.7 | 30.4 | 12.1 | 97.6 | | |
| 58 | | | He | 50.9 | 26.4 | -9.1 | 98.9 | | |
| 59 | | | Bu | 45.0 | 23.3 | -1.4 | | | |
| 60 | | | H ₂ O | 56.2 | 27.6 | 4.6 | 89.2 | | |
| 61 | 광나무 | LF | E | -6.2 | -19.9 | -1.5 | | | |
| 62 | | BR | E | -7.5 | -18.4 | 10.8 | | | |
| 63 | 광대나무 | LF | E | -23.6 | -58.3 | -14.9 | | | |
| 64 | | BR | E | 25.8 | 17.0 | 18.0 | | | |
| 65 | 까마귀쪽나무 | LF | E | 37.3 | 11.7 | 3.8 | | | |
| 66 | | BR | E | 81.4 | 65.5 | 34.4 | 30.1 | | |
| 67 | | | He | 1.8 | -0.7 | -4.2 | | | |
| 68 | | | Et | 50.8 | 37.0 | 16.5 | 97.2 | | |
| 69 | | | Bu | 65.6 | 39.7 | 13.6 | 69.8 | | |
| 70 | | | H ₂ O | 15.2 | 4.8 | 3.1 | | | |
| 71 | 까마귀베개 | BR | E | -7.6 | -16.4 | -17.2 | | | |
| 72 | | LF | E | 0.7 | -13.4 | -19.4 | | | |
| 73 | | FR | E | -6.4 | -19.5 | -22.7 | | | |
| 74 | 광광나무 | BR | E | -13.1 | 3.4 | 2.0 | | | |
| 75 | 나한송 | LF | E | 83.2 | 72.9 | 13.9 | 34.5 | | |
| 76 | | | Et | 55.6 | 28.2 | 16.9 | 89.7 | | |
| 77 | | | Bu | 60.8 | 31.7 | 20.4 | 81.5 | | |
| 78 | | | H ₂ O | 75.2 | 58.7 | 30.7 | 37.4 | | |
| 79 | | BR | E | 83.2 | 76.6 | 19.8 | 31.2 | | |
| 80 | | | Et | 76.1 | 69.6 | 46.0 | 16.7 | | |
| 81 | | | Bu | 62.5 | 41.5 | 21.0 | 70.6 | | |
| 82 | | | H ₂ O | 85.3 | 81.4 | 57.2 | 8.9 | | |
| 83 | | | 노랑하늘타리 | WP | E | -31.2 | -6.0 | 2.3 | |
| 84 | | | 녹나무 | LF | E | 78.6 | 58.4 | 20.3 | 33.1 |
| 85 | BR | E | | 86.1 | 77.5 | 36.7 | 17.3 | | |
| 86 | | He | | 44.2 | 23.2 | -18.1 | | | |
| 87 | | Et | | 79.7 | 78.0 | 41.3 | 19.3 | | |
| 88 | | Bu | | 46.2 | 36.3 | 11.5 | | | |
| 89 | | H ₂ O | | 83.0 | 74.5 | 35.0 | 25.2 | | |
| 90 | | SD | | E | -41.1 | -67.0 | -5.4 | | |
| 91 | 누리장나무 | LF | | E | 13.4 | 6.0 | 6.1 | | |

| | | | | | | | |
|-----|------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 92 | | BR | E | 15.1 | 9.4 | 13.8 | |
| 93 | 누린내풀 | LF | E | -12.5 | -12.1 | -4.2 | |
| 94 | | BR | E | -1.0 | -3.0 | -12.1 | |
| 95 | | RT | E | -8.6 | -11.5 | -13.7 | |
| 96 | 느티나무 | LF | E | 69.6 | 67.1 | 39.0 | 25.6 |
| 97 | | | Et | 76.5 | 57.4 | 14.2 | 43.0 |
| 98 | | | Bu | 75.0 | 45.3 | 14.8 | 58.2 |
| 99 | | | H ₂ O | 44.5 | 31.9 | 8.0 | |
| 100 | | BR | E | 39.7 | 35.0 | 40.5 | |
| 101 | 단풍나무 | LF | E | 17.7 | 17.6 | 15.8 | |
| 102 | | BR | E | 38.9 | 20.0 | 15.2 | |
| 103 | 담배풀 | LF | E | 1.6 | 2.9 | -2.0 | |
| 104 | | BR | E | -13.9 | -1.0 | -1.8 | |
| 105 | | FR | E | -8.1 | -8.6 | -12.5 | |
| 106 | 담팔수 | LF | E | 12.9 | 8.1 | -1.8 | |
| 107 | | BR | E | 26.2 | 17.0 | -3.6 | |
| 108 | | | Et | 93.7 | 87.2 | 30.6 | 23.7 |
| 109 | | | Bu | 67.0 | 43.0 | 28.2 | 64.6 |
| 110 | 도수외 | WP | E | -3.2 | -38.7 | -21.2 | |
| 111 | 돈나무 | LF | E | -2.1 | -12.2 | 11.0 | |
| 112 | | BR | E | -7.4 | -7.2 | -3.8 | |
| 113 | 동백 | LF | E | 44.8 | 2.6 | -20.6 | |
| 114 | | | He | 9.4 | 7.2 | 3.1 | |
| 115 | | | Et | 77.2 | 29.4 | 2.9 | 71.7 |
| 116 | | BR | E | 23.8 | -4.3 | -20.2 | |
| 117 | | | He | 1.0 | -4.7 | -4.9 | |
| 118 | | | Et | 32.4 | 8.2 | 4.1 | |
| 119 | | | Bu | 15.3 | -0.4 | -0.5 | |
| 120 | | SD | E | 3.4 | -5.4 | -10.4 | |
| 121 | | FR | E | 49.1 | 11.2 | -2.4 | |
| 122 | | | Et | 8.9 | -4.8 | -5.5 | |
| 123 | | BU | E | 30.1 | 2.6 | -13.0 | |
| 124 | | | He | 3.2 | -2.0 | -3.2 | |
| 125 | Et | | 39.4 | 21.5 | 3.9 | | |
| 126 | 등골나무 | LF | E | 3.8 | -0.4 | -0.2 | |
| 127 | | BR | E | 48.6 | 38.6 | -1.8 | |
| 128 | | RT | E | 5.3 | 0.9 | -5.5 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 129 | 매죽나무 | LF | E | 11.0 | 8.5 | 5.6 | |
| 130 | | BR | E | 10.6 | 4.1 | -2.3 | |
| 131 | | FR | E | -4.2 | -3.9 | -7.7 | |
| 132 | 떡쭈 | LF | E | -8.4 | -15.4 | -24.4 | |
| 133 | | RT | Et | 0.4 | -2.7 | -3.5 | |
| 134 | | FL | He | 2.5 | 2.2 | 1.2 | |
| 135 | | | Et | -1.2 | -1.9 | -3.4 | |
| 136 | 떡윤노리 | LF | E | 72.3 | 64.2 | 26.8 | 29.6 |
| 137 | | BR | E | 70.5 | 38.9 | 34.5 | 42.9 |
| 138 | | | He | 96.9 | 94.8 | 44.4 | 11.3 |
| 139 | | FR | E | 70.0 | 40.3 | 11.5 | 67.8 |
| 140 | 마 | LF | E | 61.9 | 28.4 | 3.3 | 82.2 |
| 141 | | | He | 83.4 | 56.2 | 19.2 | 49.3 |
| 142 | | BR | E | 77.1 | 49.8 | 10.7 | 59.0 |
| 143 | | | Bu | 60.1 | 22.2 | 18.3 | 87.9 |
| 144 | | | FR | E | 7.5 | 4.9 | 5.4 |
| 145 | 말오줌때나무 | LF | E | 8.4 | 7.7 | -10.2 | |
| 146 | | | Et | 17.9 | 5.6 | 3.8 | |
| 147 | 망지쿨 | WP | E | -8.8 | -43.6 | -24.2 | |
| 148 | 망초 | WP | E | -17.3 | -57.5 | -26.6 | |
| 149 | 먼나무 | LF | E | -1.5 | -4.0 | -20.2 | |
| 150 | | BR | He | -0.7 | -4.7 | -5.5 | |
| 151 | | | Et | 16.1 | 8.6 | 1.4 | |
| 152 | 멸가치 | LF | E | -5.2 | -15.9 | -19.2 | |
| 153 | | BR | E | 2.0 | -1.3 | -1.7 | |
| 154 | | RT | E | 9.4 | -1.3 | -1.7 | |
| 155 | 모과나무 | BR | E | 88.8 | 82.4 | 38.9 | 15.2 |
| 156 | | | Et | 67.4 | 33.9 | 24.4 | 74.0 |
| 157 | | | Bu | 81.0 | 60.5 | 22.1 | 39.1 |
| 158 | | | H ₂ O | 76.5 | 56.3 | 5.9 | 44.9 |
| 159 | 모람 | LF | E | 21.1 | 20.1 | -20.6 | |
| 160 | | BR | E | 76.4 | 70.4 | 18.8 | 30.0 |
| 161 | | FR | E | 9.0 | 3.8 | -24.8 | |
| 162 | 목련 | BR | E | -20.4 | -11.4 | 5.0 | |
| 163 | 무환자나무 | LF | E | 5.8 | -0.4 | -6.3 | |
| 164 | | | He | 3.7 | -2.1 | -4.0 | |
| 165 | | | Et | 1.5 | -14.2 | -15.7 | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 166 | | | E | 4.2 | -5.9 | -8.9 | |
| 167 | | BR | He | 3.2 | -0.9 | -2.6 | |
| 168 | | | Et | 17.0 | 6.6 | 2.7 | |
| 169 | | | Bu | 3.9 | 0.1 | 0.0 | |
| 170 | | | LF | E | 89.8 | 85.6 | 63.9 |
| 171 | 바위수국 | BR | E | 53.1 | 29.6 | 16.7 | 94.8 |
| 172 | | | He | 22.6 | 17.1 | 13.0 | |
| 173 | | FR | E | 80.5 | 64.6 | 28.8 | 39.3 |
| 174 | | | Bu | 81.4 | 72.9 | 39.9 | 16.6 |
| 175 | | | H ₂ O | 63.0 | 49.7 | 20.2 | 65.6 |
| 176 | 박쥐나무 | LF | E | -2.8 | -7.3 | -13.4 | |
| 177 | 방가지뚝 | LF | E | 21.4 | 10.7 | 7.5 | |
| 178 | | BR | E | 25.4 | 23.4 | 13.0 | |
| 179 | | FL | E | -37.1 | -58.1 | -12.0 | |
| 180 | 별꽃 | WP | E | -22.5 | 45.7 | -28.2 | |
| 181 | 병솔꽃나무 | LF | E | 76.1 | 74.1 | 47.1 | 14.1 |
| 182 | | | Et | 82.6 | 69.8 | 45.2 | 17.7 |
| 183 | | | Bu | 76.7 | 52.8 | 5.3 | 47.7 |
| 184 | | | H ₂ O | 65.2 | 47.1 | 4.4 | 57.7 |
| 185 | | BR | E | 83.4 | 76.7 | 44.0 | 17.2 |
| 186 | | | Et | 64.7 | 62.5 | 55.3 | 9.1 |
| 187 | | | Bu | 85.0 | 82.5 | 71.2 | 7.0 |
| 188 | | | H ₂ O | 87.4 | 85.4 | 60.5 | 8.3 |
| 189 | 보리수나무 | BR | E | 58.7 | 49.4 | -5.2 | 52.9 |
| 190 | | | Et | 27.2 | 22.1 | 11.7 | |
| 191 | | | Bu | 32.3 | 22.5 | 1.5 | |
| 192 | | | H ₂ O | 52.4 | 31.2 | 11.5 | 94.3 |
| 193 | 복수초 | LF | E | 33.4 | 1.8 | -17.9 | |
| 194 | | RP | E | 23.6 | 1.1 | -18.6 | |
| 195 | Et | | -6.9 | -10.6 | -11.3 | | |
| 196 | 부용 | FL | E | -0.8 | -8.0 | -22.8 | |
| 197 | | BR | E | 2.7 | -10.1 | -5.7 | |
| 198 | | | He | 9.3 | 8.2 | -3.4 | |
| 199 | | | Et | 6.4 | -11.9 | -12.2 | |
| 200 | | LF | E | 12.0 | -3.3 | -18.4 | |
| 201 | 분꽃 | WP | E | 6.3 | 27.2 | 27.8 | |
| 202 | 붉가시나무 | LF | E | 20.0 | 10.3 | 7.8 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|------|------|
| 203 | | | He | 1.8 | 0.3 | -1.6 | |
| 204 | | | Et | 53.1 | 28.9 | 6.8 | 94.0 |
| 205 | | BR | E | 30.9 | 22.8 | 18.1 | |
| 206 | | | He | 12.6 | 7.8 | 0.3 | |
| 207 | | | Et | 26.8 | 17.3 | 11.8 | |
| 208 | 비단풀 | WP | E | 35.4 | -14.1 | -3.4 | |
| 209 | 비수리 | WP | E | 39.4 | 33.7 | 30.5 | |
| 210 | 비쭈 | WP | E | -3.7 | -12.3 | -6.0 | |
| 211 | 비자나무 | LF | E | 6.1 | 1.9 | -1.4 | |
| 212 | | BR | E | 16.4 | 1.3 | -8.8 | |
| 213 | 비쭈기나무 | LF | E | 34.1 | 12.3 | -9.1 | |
| 214 | | BR | E | 14.5 | 11.0 | 6.1 | |
| 215 | | FR | E | 77.3 | 49.1 | 7.8 | 51.5 |
| 216 | | SD | E | 10.8 | 9.9 | 9.2 | |
| 217 | 비파나무 | LF | E | 12.3 | 7.1 | -5.2 | |
| 218 | | | He | 13.2 | -4.2 | -5.1 | |
| 219 | | | Et | 50.0 | 31.9 | 2.5 | |
| 220 | | BR | E | 31.8 | 12.6 | 9.6 | |
| 221 | | | He | 16.5 | 8.5 | 0.8 | |
| 222 | | | Et | 62.7 | 45.1 | 17.6 | |
| 223 | | | Bu | 23.6 | 7.1 | 2.5 | |
| 224 | | BU | E | 28.6 | 14.6 | 18.7 | |
| 225 | | | He | 0.2 | 0.1 | -0.3 | |
| 226 | | | Bu | 30.7 | 7.4 | 2.9 | |
| 227 | 뽕나무 | LF | E | -20.8 | -6.0 | 2.4 | |
| 228 | | BR | E | 56.5 | 31.2 | 2.5 | 87.3 |
| 229 | 뽕잎피나무 | WP | E | 80.5 | 64.5 | -0.3 | 40.9 |
| 230 | 사람주나무 | LF | E | 14.2 | 13.8 | 5.1 | |
| 231 | | BR | E | 75.1 | 48.6 | 15.9 | 58.6 |
| 232 | | FR | E | 63.6 | 55.1 | 44.9 | 31.3 |
| 233 | 사상자 | WP | E | -1.2 | -14.8 | -8.4 | |
| 234 | 사스레피나무 | LF | E | 16.3 | 25.6 | 22.7 | |
| 235 | 사철나무 | LF | E | 3.6 | 2.3 | -7.1 | |
| 236 | | BR | E | 69.8 | 45.7 | 22.0 | 61.2 |
| 237 | | | He | 1.5 | 14.0 | -9.1 | |
| 238 | | | Et | 81.1 | 74.5 | 27.1 | 29.3 |
| 239 | | | Bu | 63.0 | 26.7 | 16.4 | 82.3 |
| 240 | | | H ₂ O | 67.9 | 43.4 | 22.0 | 63.5 |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 241 | 산다래 | LF | E | 57.6 | 44.1 | 24.9 | 71.8 |
| 242 | | | Et | 84.2 | 50.5 | -4.0 | 49.4 |
| 243 | | | Bu | 78.2 | 53.5 | -0.9 | 47.3 |
| 244 | | | H ₂ O | 83.7 | 66.0 | 12.8 | 37.7 |
| 245 | | BR | E | 8.0 | 0.4 | 1.3 | |
| 246 | 산딸나무 | LF | E | 77.3 | 70.5 | 12.5 | 35.8 |
| 247 | | | Et | 71.4 | 55.8 | 22.4 | 30.7 |
| 248 | | | Bu | 32.9 | 31.1 | 18.1 | |
| 249 | | | H ₂ O | 89.8 | 88.4 | 88.0 | 5.7 |
| 250 | | BR | E | 82.1 | 74.1 | 29.1 | 21.5 |
| 251 | | FR | E | 20.0 | 14.1 | 5.2 | |
| 252 | 산초나무 | LF | E | -2.6 | -5.9 | -4.5 | |
| 253 | | BR | E | -3.4 | -12.7 | -1.8 | |
| 254 | | FR | E | -9.7 | -19.9 | -20.5 | |
| 255 | 살갈퀴 | LF | E | -10.4 | -12.4 | -21.7 | |
| 256 | | BR | E | -10.7 | -11.1 | -16.4 | |
| 257 | | | Et | -0.4 | -5.0 | -7.3 | |
| 258 | 상산 | BR | E | -0.2 | -3.2 | -8.4 | |
| 259 | 새덕이나무 | LF | E | 31.1 | 22.5 | -3.6 | |
| 260 | | BR | E | 20.4 | 16.5 | 6.1 | |
| 261 | | | He | 21.6 | 4.2 | 4.1 | |
| 262 | | | Et | 43.1 | 28.2 | 11.4 | |
| 263 | 새비나무 | LF | E | 7.0 | 2.0 | 2.2 | |
| 264 | | BR | E | -7.9 | -9.0 | -21.6 | |
| 265 | 서양측백 | LF | E | 77.1 | 67.7 | 30.1 | 31.1 |
| 266 | | | Et | 70.0 | 41.9 | -18.6 | 63.8 |
| 267 | | | H ₂ O | 9.9 | -33.8 | -20.1 | |
| 268 | | BR | E | 9.6 | -0.8 | 13.2 | |
| 269 | 석류나무 | LF | E | -16.1 | -0.2 | -4.5 | |
| 270 | | BR | E | 0.6 | 0.8 | 0.5 | |
| 271 | 섬개벚나무 | LF | E | 2.5 | -2.5 | -10.4 | |
| 272 | | BR | E | 43.3 | 21.1 | 8.4 | |
| 273 | 섬오갈피나무 | LF | E | 15.8 | 11.7 | -8.5 | |
| 274 | | BR | E | 10.2 | 7.0 | -15.7 | |
| 275 | 셴달나무 | LF | E | 42.6 | 32.9 | 2.6 | |
| 276 | | | Et | 39.1 | 34.2 | 7.5 | |
| 277 | | | Bu | 79.3 | 56.1 | 18.4 | 43.5 |

| | | | | | | | | |
|-----|------|----|------------------|------------------|-------|-------|-------|------|
| 278 | | | H ₂ O | 1.0 | 10.6 | -5.6 | | |
| 279 | | BR | E | 94.0 | 91.1 | 57.1 | 8.8 | |
| 280 | | | Et | 91.5 | 87.9 | 80.5 | 6.0 | |
| 281 | | | Bu | 83.7 | 74.0 | 17.3 | 33.3 | |
| 282 | | | H ₂ O | -12.5 | 15.6 | 2.8 | | |
| 283 | 소나무 | LF | E | 82.2 | 76.8 | 50.7 | 9.9 | |
| 284 | | | | Et | 57.2 | 15.2 | 5.1 | 91.3 |
| 285 | | | | Bu | 26.0 | 9.5 | 16.0 | |
| 286 | | | | H ₂ O | 72.0 | 62.6 | 33.3 | 32.7 |
| 287 | | BR | E | 18.3 | 28.0 | 12.3 | | |
| 288 | 소태나무 | LF | E | 22.1 | 5.1 | -4.2 | | |
| 289 | | BR | E | 16.5 | -0.2 | -9.2 | | |
| 290 | | | | He | 7.2 | 4.8 | 2.8 | |
| 291 | | | | Et | 3.1 | -7.0 | -9.5 | |
| 292 | | FR | E | -6.1 | -15.5 | -20.4 | | |
| 293 | | | | Et | 1.7 | -0.4 | -1.6 | |
| 294 | 솔비나무 | LF | E | 4.8 | -3.8 | -6.8 | | |
| 295 | | BR | E | 12.1 | 4.6 | 13.8 | | |
| 296 | | | | He | 12.2 | 3.3 | 3.2 | |
| 297 | | | | Et | 3.4 | 1.1 | -10.6 | |
| 298 | | | | Bu | 6.2 | -1.3 | -2.2 | |
| 299 | | | | H ₂ O | -2.8 | -15.4 | -17.2 | |
| 300 | 송악 | LF | E | -10.7 | -10.8 | -20.4 | | |
| 301 | | FR | E | 2.0 | -5.7 | -6.9 | | |
| 302 | 수련 | RT | E | 8.4 | 7.2 | 1.1 | | |
| 303 | 수영 | WP | E | 59.3 | 32.1 | 30.2 | 82.9 | |
| 304 | 식나무 | LF | E | 6.6 | 4.2 | 4.9 | | |
| 305 | | BR | E | 7.1 | 4.1 | 0.5 | | |
| 306 | 쇠비름 | WP | E | 9.2 | 29.3 | 25.0 | | |
| 307 | 쭉갓 | WP | E | -0.5 | -47.9 | -18.9 | | |
| 308 | 쭉방망이 | LF | E | -1.9 | -8.4 | -8.6 | | |
| 309 | | BR | E | -3.2 | -5.8 | -5.9 | | |
| 310 | | FR | E | 13.6 | 10.3 | -14.8 | | |
| 311 | 아왜나무 | LF | E | 73.4 | 62.1 | 11.3 | 40.3 | |
| 312 | | | | He | 55.0 | 43.5 | 3.8 | 79.0 |
| 313 | | | | Et | 22.1 | 18.2 | 6.3 | |
| 314 | | BR | E | 60.3 | 28.4 | -11.9 | 84.0 | |

| | | | | | | | |
|-----|---------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 315 | | | He | 21.9 | 10.8 | 1.3 | |
| 316 | | | Et | 33.4 | 26.3 | -2.0 | |
| 317 | | | H ₂ O | 15.2 | 2.5 | 1.7 | |
| 318 | 야광나무 | LF | E | -10.3 | -14.8 | -14.8 | |
| 319 | | BR | E | 33.1 | 17.4 | -6.9 | |
| 320 | | FL | E | 2.4 | -4.1 | -8.9 | |
| 321 | 육박나무 | LF | E | 16.5 | 8.4 | -3.9 | |
| 322 | | BR | E | 14.3 | 14.1 | -7.7 | |
| 323 | 으름 | FL | E | -3.0 | -5.1 | -4.5 | |
| 324 | 으아리 | LF | E | 17.2 | 7.5 | 2.3 | |
| 325 | | BR | E | 21.0 | 13.1 | 3.1 | |
| 326 | | FR | E | 7.3 | 4.2 | 4.7 | |
| 327 | 은목서 | LF | E | 2.8 | -0.5 | -13.2 | |
| 328 | | BR | E | 5.1 | 3.3 | -7.5 | |
| 329 | 읍나무 | LF | E | 13.9 | -5.5 | -15.3 | |
| 330 | | BR | E | 14.6 | -5.0 | -17.8 | |
| 331 | | FL | E | 4.2 | -1.1 | -20.2 | |
| 332 | 왕모시풀 | WP | E | -20.9 | -32.4 | -2.5 | |
| 333 | 왕벚나무 | LF | E | 25.6 | 13.0 | 0.0 | |
| 334 | | BR | E | 70.2 | 51.8 | 30.9 | 46.4 |
| 335 | | | He | 86.7 | 78.5 | 26.3 | 22.2 |
| 336 | 자귀 | LF | E | 6.8 | 4.6 | -0.4 | |
| 337 | | BR | E | 27.4 | 9.0 | -0.9 | |
| 338 | 자주괴불주머니 | LF | E | -5.8 | -15.0 | -18.2 | |
| 339 | 채나무풀 | WP | E | 7.7 | 33.4 | 28.7 | |
| 340 | 전호 | LF | E | -0.1 | -3.9 | -18.0 | |
| 341 | | BR | E | -0.6 | -1.0 | -15.2 | |
| 342 | 점박이천남성 | LF | E | -8.5 | -13.1 | -25.8 | |
| 343 | | BR | E | -2.3 | -4.7 | -11.8 | |
| 344 | | FR | E | 12.3 | 8.2 | 10.6 | |
| 345 | | RT | E | 0.1 | -4.0 | -6.3 | |
| 346 | 제주조릿대 | LF | E | 37.3 | 0.3 | 0.5 | |
| 347 | | | He | 1.3 | -0.9 | -3.7 | |
| 348 | | | Et | 2.2 | 0.5 | 8.8 | |
| 349 | | BR | E | 11.2 | -3.8 | -8.2 | |
| 350 | | | He | 5.0 | 3.9 | -0.5 | |
| 351 | | | Bu | -3.9 | -16.2 | -16.4 | |

| | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|-------|------|
| 352 | | RT | E | 8.2 | 7.5 | -16.8 | |
| 353 | | BU | E | 8.9 | -5.0 | -6.2 | |
| 354 | 조록나무 | LF | E | 89.7 | 87.8 | 75.8 | 6.6 |
| 355 | | | Et | 92.5 | 85.0 | 76.1 | 6.5 |
| 356 | | | Bu | 84.9 | 78.0 | 68.3 | 7.3 |
| 357 | | | H ₂ O | 87.3 | 85.7 | 79.1 | 6.4 |
| 358 | | BR | E | 61.8 | 60.7 | 34.1 | 33.8 |
| 359 | | | Et | 60.7 | 56.1 | 31.3 | 40.3 |
| 360 | | | Bu | 59.5 | 59.0 | 29.8 | 37.8 |
| 361 | | | H ₂ O | 46.1 | 46.4 | 23.7 | |
| 362 | 좁굴거리 | LF | E | 10.4 | 14.3 | 1.8 | |
| 363 | | BR | E | -10.3 | -11.0 | -11.2 | |
| 364 | 좁은잎천선과 | LF | E | -22.2 | -11.0 | -7.2 | |
| 365 | | BR | E | 10.6 | -3.9 | -10.5 | |
| 366 | 종가시나무 | LF | E | 27.4 | | | |
| 367 | | | Et | 18.0 | 2.2 | 1.5 | |
| 368 | | | Bu | 29.5 | 6.4 | 3.9 | |
| 369 | | BR | E | 47.1 | 27.1 | 11.6 | |
| 370 | | | He | 15.0 | 4.7 | 0.1 | |
| 371 | | | Et | 70.1 | 37.0 | 18.7 | 69.8 |
| 372 | | | Bu | 48.6 | 23.0 | 11.4 | |
| 373 | | | E | -6.0 | -9.2 | -10.1 | |
| 374 | 주목 | BR | E | 23.0 | 22.3 | 21.1 | |
| 375 | 질경이 | WP | E | -16.9 | -56.6 | -24.7 | |
| 376 | 취깨풀 | LF | E | -10.1 | -15.1 | -31.1 | |
| 377 | | BR | E | -3.0 | -8.0 | -5.7 | |
| 378 | | RT | E | 0.7 | -8.3 | -10.2 | |
| 379 | 취똥나무 | SD | E | -29.2 | -33.0 | -7.1 | |
| 380 | 차나무잎 | LF | E | 29.4 | 19.3 | 10.1 | |
| 381 | | BR | E | 26.7 | 16.6 | 13.1 | |
| 382 | 참가시나무 | LF | E | 1.9 | 0.9 | -1.9 | |
| 383 | 참가시나무 | BR | E | 23.1 | 22.7 | 11.7 | |
| 384 | | | Et | 45.5 | 16.9 | 3.3 | |
| 385 | | | He | 13.7 | 3.0 | 1.2 | |
| 386 | | | H ₂ O | 16.5 | 6.3 | 2.5 | |
| 387 | 참나리 | WP | E | 1.7 | -17.0 | 0.1 | |
| 388 | 참비릅 | WP | E | 7.9 | 31.2 | 22.5 | |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 389 | 천선과 | LF | E | -7.2 | -9.0 | -1.5 | |
| 390 | | BR | E | 23.9 | 4.8 | -22.2 | |
| 391 | 측백나무 | LF | E | 82.6 | 60.9 | 6.1 | 36.6 |
| 392 | | | He | 10.0 | -7.8 | -0.3 | |
| 393 | | | Et | 57.4 | 48.9 | 22.9 | 58.0 |
| 394 | | | Bu | 40.3 | 27.8 | 21.9 | |
| 395 | | | H ₂ O | 18.0 | 16.1 | -10.8 | |
| 396 | | BR | E | 76.1 | 54.4 | 13.0 | 39.9 |
| 397 | | | He | 38.4 | 17.9 | -5.0 | |
| 398 | | | Et | 76.5 | 62.9 | 28.5 | 27.7 |
| 399 | | | Bu | 23.3 | 13.8 | 3.1 | |
| 400 | | | H ₂ O | 16.9 | 16.7 | 3.2 | |
| 401 | 층층나무 | BR | E | 93.0 | 87.6 | 60.3 | 8.3 |
| 402 | | | Et | 30.9 | 32.3 | 16.3 | |
| 403 | | | Bu | 45.2 | 46.1 | 23.9 | |
| 404 | | | H ₂ O | 53.0 | 48.4 | 22.2 | 67.8 |
| 405 | 큰까치수염 | WP | E | 16.7 | 0.1 | 4.2 | |
| 406 | 큰땀무 | WP | E | 51.6 | 44.4 | 19.5 | 89.0 |
| 407 | 큰천남성 | LF | E | -2.7 | -3.3 | -18.4 | |
| 408 | | BR | E | -0.3 | -2.5 | -11.7 | |
| 409 | 털머위 | LF | E | -23.9 | -92.1 | -6.9 | |
| 410 | | | He | 16.7 | 4.2 | -0.1 | |
| 411 | | | Et | 7.2 | 0.2 | -5.4 | |
| 412 | | | H ₂ O | 0.8 | -5.3 | -7.9 | |
| 413 | 털진달래 | LF | E | 89.1 | 68.9 | 37.6 | 25.9 |
| 414 | | | He | 23.1 | 19.5 | 15.7 | |
| 415 | | | Et | 47.6 | 31.9 | 12.8 | |
| 416 | | BR | Et | 41.0 | 23.0 | 12.6 | |
| 417 | | 파리풀 | WP | E | -0.6 | -10.1 | -18.9 |
| 418 | Et | | | 13.7 | -10.6 | -11.3 | |
| 419 | Bu | | | 2.4 | 0.2 | -1.9 | |
| 420 | 편백나무 | LF | E | 27.7 | 5.1 | -14.6 | |
| 421 | | BR | E | 18.0 | 1.0 | -10.9 | |
| 422 | 합다리 | LF | E | 73.4 | 59.4 | 15.0 | 37.9 |
| 423 | | BR | E | 69.5 | 62.1 | 20.1 | 35.9 |
| 424 | | FR | E | 82.3 | 80.9 | 72.6 | 18.2 |
| 425 | 향나무 | LF | E | 4.7 | 2.1 | -1.6 | |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|-------|-------|------|------|--|
| 426 | | | E | 84.5 | 76.5 | 37.3 | 17.2 | |
| 427 | | | He | 81.2 | 81.4 | 70.7 | 7.1 | |
| 428 | | BR | Et | 73.8 | 73.0 | 39.0 | 23.1 | |
| 429 | | | Bu | 77.6 | 61.1 | 23.9 | 38.2 | |
| 430 | | | H ₂ O | 68.1 | 42.8 | 15.3 | 64.6 | |
| 431 | 헛개나무 | | LF | E | 14.2 | 11.1 | 14.1 | |
| 432 | | | BR | E | 17.0 | 12.5 | 19.6 | |
| 433 | 호랑가시나무 | LF | E | -6.7 | 1.5 | 3.6 | | |
| 434 | | BR | E | -7.7 | 5.2 | 2.4 | | |
| 435 | 후박나무 | SD | E | 14.8 | 8.5 | -1.5 | | |
| 436 | 후피향나무 | LF | E | 12.1 | 10.0 | 1.2 | | |
| 437 | | | Et | 77.4 | 73.3 | 28.2 | 24.0 | |
| 438 | | | Bu | 44.9 | 38.4 | 18.8 | | |
| 439 | | | H ₂ O | 34.2 | 19.7 | 10.2 | | |
| 440 | | BR | E | 59.8 | 48.2 | 17.5 | 56.8 | |
| 441 | 황백나무 | BR | E | -18.0 | -81.2 | 12.3 | | |
| 442 | | LF | E | 0.6 | -2.0 | -4.6 | | |
| 443 | | | He | -0.9 | -1.3 | -1.5 | | |

Table 9. Summary of plants showing anti-elastase activity IC₅₀ lower than 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

| No. | Plant | Part Used | Fraction | Concentration | | | IC ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{ml}$) |
|-----|--------|-----------|------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| | | | | 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ | |
| 1 | 개머루 | WP | E | 76.2 | 53.1 | 5.3 | 47.6 |
| 2 | 검은재나무 | LF | E | 77.7 | 61.1 | 9.2 | 41.9 |
| 3 | 고추나무 | LF | E | 75.6 | 60.3 | 11.4 | 41.9 |
| 4 | 곰의말채 | LF | E | 94.1 | 92.4 | 41.2 | 16.9 |
| 5 | 까마귀쪽나무 | BR | E | 81.4 | 65.5 | 34.4 | 30.1 |
| 6 | 나한송 | LF | E | 83.2 | 72.9 | 13.9 | 34.5 |
| 7 | | | H ₂ O | 75.2 | 58.7 | 30.7 | 37.4 |
| 8 | | BR | E | 83.2 | 76.6 | 19.8 | 31.2 |
| 9 | | | Et | 76.1 | 69.6 | 46.0 | 16.7 |
| 10 | | | H ₂ O | 85.3 | 81.4 | 57.2 | 8.9 |
| 11 | 녹나무 | LF | E | 78.6 | 58.4 | 20.3 | 33.1 |
| 12 | | BR | E | 86.1 | 77.5 | 36.7 | 17.3 |
| 13 | | | Et | 79.7 | 78.0 | 41.3 | 19.3 |

| | | | | | | | |
|----|-------|------|------------------|------|------|------|------|
| 14 | | | H ₂ O | 83.0 | 74.5 | 35.0 | 25.2 |
| 15 | 느티나무 | LF | E | 69.6 | 67.1 | 39.0 | 25.6 |
| 16 | | | Et | 76.5 | 57.4 | 14.2 | 43.0 |
| 17 | 담팔수 | BR | Et | 93.7 | 87.2 | 30.6 | 23.7 |
| 18 | 떡윤노리 | LF | E | 72.3 | 64.2 | 26.8 | 29.6 |
| 19 | | | BR | E | 70.5 | 38.9 | 34.5 |
| 20 | | He | | 96.9 | 94.8 | 44.4 | 11.3 |
| 21 | 마 | LF | He | 83.4 | 56.2 | 19.2 | 49.3 |
| 22 | 모과나무 | BR | E | 88.8 | 82.4 | 38.9 | 15.2 |
| 23 | | | Et | 67.4 | 33.9 | 24.4 | 74.0 |
| 24 | | | Bu | 81.0 | 60.5 | 22.1 | 39.1 |
| 25 | | | H ₂ O | 76.5 | 56.3 | 5.9 | 44.9 |
| 26 | 모람 | BR | E | 76.4 | 70.4 | 18.8 | 30.0 |
| 27 | 바위수국 | LF | E | 89.8 | 85.6 | 63.9 | 12.2 |
| 28 | | | FR | E | 80.5 | 64.6 | 28.8 |
| 29 | | Bu | | 81.4 | 72.9 | 39.9 | 16.6 |
| 30 | 병솔꽃나무 | LF | E | 76.1 | 74.1 | 47.1 | 14.1 |
| 31 | | | Et | 82.6 | 69.8 | 45.2 | 17.7 |
| 32 | | | Bu | 76.7 | 52.8 | 5.3 | 47.7 |
| 33 | | BR | E | 83.4 | 76.7 | 44.0 | 17.2 |
| 34 | | | Et | 64.7 | 62.5 | 55.3 | 9.1 |
| 35 | | | Bu | 85.0 | 82.5 | 71.2 | 7.0 |
| 36 | | | H ₂ O | 87.4 | 85.4 | 60.5 | 8.3 |
| 37 | | | WP | E | 80.5 | 64.5 | -0.3 |
| 38 | 사람주나무 | FR | E | 63.6 | 55.1 | 44.9 | 31.3 |
| 39 | 사철나무 | BR | Et | 81.1 | 74.5 | 27.1 | 29.3 |
| 40 | 산다래 | LF | Et | 84.2 | 50.5 | -4.0 | 49.4 |
| 41 | | | Bu | 78.2 | 53.5 | -0.9 | 47.3 |
| 42 | | | H ₂ O | 83.7 | 66.0 | 12.8 | 37.7 |
| 43 | 산딸나무 | LF | E | 77.3 | 70.5 | 12.5 | 35.8 |
| 44 | | | Et | 71.4 | 55.8 | 22.4 | 30.7 |
| 45 | | | H ₂ O | 89.8 | 88.4 | 88.0 | 5.7 |
| 46 | | BR | E | 82.1 | 74.1 | 29.1 | 21.5 |
| 47 | | 서양측백 | LF | E | 77.1 | 67.7 | 30.1 |
| 48 | 센달나무 | LF | Bu | 79.3 | 56.1 | 18.4 | 43.5 |
| 49 | | | BR | E | 94.0 | 91.1 | 57.1 |
| 50 | | Et | | 91.5 | 87.9 | 80.5 | 6.0 |

| | | | | | | | |
|----|-------|------------------|------------------|------|------|------|------|
| 51 | | | Bu | 83.7 | 74.0 | 17.3 | 33.3 |
| 52 | 소나무 | LF | E | 82.2 | 76.8 | 50.7 | 9.9 |
| 53 | | | H ₂ O | 72.0 | 62.6 | 33.3 | 32.7 |
| 54 | 아왜나무 | LF | E | 73.4 | 62.1 | 11.3 | 40.3 |
| 55 | 왕벚나무 | BR | E | 70.2 | 51.8 | 30.9 | 46.4 |
| 56 | | | He | 86.7 | 78.5 | 26.3 | 22.2 |
| 57 | 조록나무 | LF | E | 89.7 | 87.8 | 75.8 | 6.6 |
| 58 | | | Et | 92.5 | 85.0 | 76.1 | 6.5 |
| 59 | | | Bu | 84.9 | 78.0 | 68.3 | 7.3 |
| 60 | | H ₂ O | 87.3 | 85.7 | 79.1 | 6.4 | |
| 61 | | BR | E | 61.8 | 60.7 | 34.1 | 33.8 |
| 62 | | | Et | 60.7 | 56.1 | 31.3 | 40.3 |
| 63 | | | Bu | 59.5 | 59.0 | 29.8 | 37.8 |
| 64 | 추백나무 | LF | E | 82.6 | 60.9 | 6.1 | 36.6 |
| 65 | | BR | E | 76.1 | 54.4 | 13.0 | 39.9 |
| 66 | | | Et | 76.5 | 62.9 | 28.5 | 27.7 |
| 67 | 층층나무 | BR | E | 93.0 | 87.6 | 60.3 | 8.3 |
| 68 | 털진달래 | LF | E | 89.1 | 68.9 | 37.6 | 25.9 |
| 69 | 합다리 | LF | E | 73.4 | 59.4 | 15.0 | 37.9 |
| 70 | | BR | E | 69.5 | 62.1 | 20.1 | 35.9 |
| 71 | | FR | E | 82.3 | 80.9 | 72.6 | 18.2 |
| 72 | 향나무 | BR | E | 84.5 | 76.5 | 37.3 | 17.2 |
| 73 | | | He | 81.2 | 81.4 | 70.7 | 7.1 |
| 74 | | | Et | 73.8 | 73.0 | 39.0 | 23.1 |
| 75 | | | Bu | 77.6 | 61.1 | 23.9 | 38.2 |
| 76 | 후피향나무 | LF | Et | 77.4 | 73.3 | 28.2 | 24.0 |

Table 10. Results of elastase inhibition activity for extracts and fractions.

| Contents | Total No. | IC ₅₀ < 50 μ g/mL | Percent (%) |
|------------------------|-----------|----------------------------------|-------------|
| Extracts and fractions | 443 | 76 | 16.9 |
| 70% ethanol exts. | 266 | 37 | 13.9 |
| Hex. layer | 45 | 4 | 8.9 |
| EtOAc layer | 62 | 15 | 24.2 |
| BuOH layer | 39 | 10 | 25.6 |
| H ₂ O layer | 31 | 9 | 54.8 |

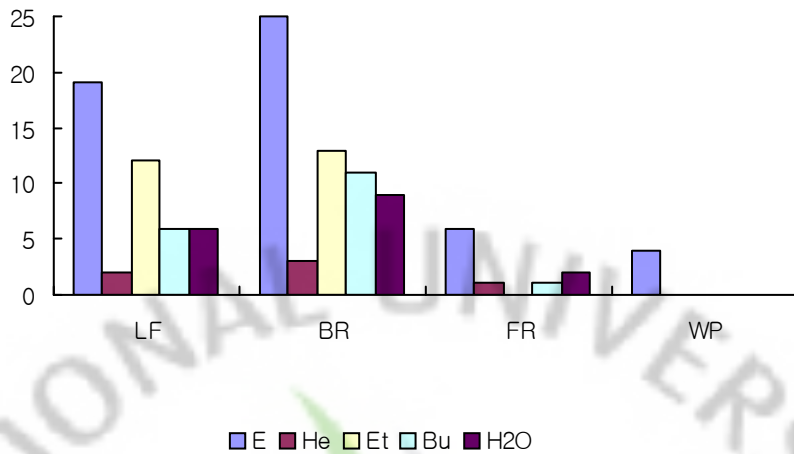


Figure 10. Comparison of anti-elastase activities based on plants part used.

LF: leaf, BR: branch, FR: fruit, RT: root, FL: flower

3-3-3. 항산화 활성 검색 결과

70% ethanol 추출물 및 hexane 층, ethyl acetate 층, buthanol 층, water 층의 분획물 총 336가지에 대한 활성 검색이 이루어졌다. 그 결과, SC_{50} 값이 $10 \mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 나타내는 식물 추출물 및 분획물 들은 56개 로 16.2%를 보였다. 그 결과를 Table 11에 나타내었다. 70% ethanol 추출물은 총 191 가지수에 대하여 활성 검색을 실시하였고, 그 중 RC_{50} 값이 $10 \mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 나타내는 추출물은 22개로 9.9%였다. 추출물과 각각의 분획층에 대하여 RC_{50} 값이 $10 \mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 갖는 식물들을 정리하여 Table 12와 13에 나타내었다.

활성이 좋은 식물들의 경향성을 정리한 결과, 식물 부위 중 잎의 활성이 좋았던 식물이 15종, 가지는 11종 등으로 나타났다. 부위별 그리고 분획별 활성 결과에 대한 경향을 Figure 11에 나타내었다.

Table 11. DPPH scavenging activities for the plant extracts

| No. | Plant | Part Used | Fraction | Concentration | | | | SC ₅₀ ($\mu\text{g}/\text{ml}$) |
|-----|--------|-----------|----------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| | | | | 200 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | 100 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | 50 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | 10 ($\mu\text{g}/\text{ml}$) | |
| 1 | 감탕나무 | BR | E | 53.8 | 49.1 | 44.8 | 41.5 | 140.5 |
| 2 | | | Et | 68.7 | 60.4 | 52.3 | 45.0 | 52.7 |
| 3 | | | He | 41.1 | 39.0 | 38.7 | 40.6 | |
| 4 | 개가시나무 | BR | Et | 79.9 | 67.3 | 58.8 | 53.4 | 13.5 |
| 5 | 개민들레 | RT | E | 45.1 | 42.1 | 39.4 | 40.6 | 446.4 |
| 6 | | FL | Et | 72.7 | 63.8 | 56.0 | 49.4 | 33.8 |
| 7 | 구실잣밤나무 | LF | E | 76.7 | 64.4 | 57.1 | 45.4 | 43.2 |
| 8 | | | Et | 95.9 | 87.6 | 72.5 | 59.9 | 10.8 |
| 9 | | BR | E | 74.3 | 64.1 | 55.4 | 49.6 | 32.3 |
| 10 | | | Et | 91.8 | 76.6 | 62.1 | 54.7 | 18.1 |
| 11 | 담팔수 | BR | Et | 95.9 | 87.1 | 73.6 | 61.3 | 5.5 |
| 12 | 동백 | LF | E | 64.5 | 55.9 | 49.1 | 45.2 | 73.1 |
| 13 | | | Et | 80.8 | 67.5 | 55.8 | 49.6 | 33.8 |
| 14 | | | Bu | 50.1 | 45.9 | 43.4 | 43.2 | 247.2 |
| 15 | | BR | Et | 61.0 | 54.5 | 49.5 | 44.8 | 65.1 |
| 16 | | | Bu | 46.3 | 43.6 | 42.5 | 41.7 | |
| 17 | | BU | Et | 89.9 | 76.0 | 63.3 | 54.1 | 16.6 |
| 18 | | | He | 49.5 | 45.9 | 41.2 | 40.1 | 284.9 |
| 19 | | 말오줌때 | BR | Et | 53.3 | 47.1 | 45.7 | 41.8 |
| 20 | 무환자나무 | BR | Et | 59.6 | 50.0 | 44.5 | 42.9 | 126.3 |
| 21 | | | Bu | 45.9 | 42.4 | 40.8 | 42.0 | |
| 22 | 복수초 | RT | Bu | 51.4 | 44.5 | 42.2 | 41.2 | 222.0 |
| 23 | 부용 | BR | Et | 56.6 | 51.2 | 46.7 | 43.3 | 107.5 |
| 24 | 붉가시나무 | LF | E | 67.5 | 56.7 | 49.2 | 44.2 | 65.1 |
| 25 | | | Et | 80.4 | 67.4 | 57.3 | 49.4 | 30.6 |
| 26 | 비파나무 | LF | Bu | 58.8 | 52.4 | 47.3 | 41.9 | 91.9 |
| 27 | | BR | E | 56.8 | 48.0 | 46.7 | 44.4 | 156.2 |
| 28 | | | Et | 81.7 | 69.2 | 59.6 | 52.1 | 21.2 |
| 29 | | | Bu | 66.5 | 54.9 | 47.7 | 45.4 | 90.3 |
| 30 | | | He | 55.9 | 51.0 | 46.9 | 45.4 | 112.3 |
| 31 | | BU | Et | 57.8 | 50.9 | 46.5 | 41.9 | 113.9 |
| 32 | | | He | 49.1 | 45.7 | 42.0 | 41.0 | 399.4 |
| 33 | | 새덕이나무 | BR | E | 66.3 | 58.7 | 51.6 | 45.2 |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|----|------------------|------|------|------|------|-------|-------|
| 34 | | | Et | 86.7 | 72.9 | 62.8 | 54.7 | 19.7 | |
| 35 | 소태나무 | BR | E | 48.2 | 45.1 | 42.6 | 43.1 | 330.3 | |
| 36 | | | Et | 55.4 | 50.5 | 46.1 | 45.0 | 118.5 | |
| 37 | | | He | 45.6 | 43.5 | 40.6 | 39.5 | | |
| 38 | 솔비나무 | LF | E | 52.8 | 47.6 | 45.0 | 43.9 | 179.7 | |
| 39 | | | E | 42.4 | 44.3 | 41.7 | 40.4 | | |
| 40 | | | Et | 53.3 | 48.3 | 45.6 | 41.0 | 168.8 | |
| 41 | 아왜나무 | BR | LF | E | 56.5 | 49.0 | 45.6 | 43.2 | 138.9 |
| 42 | | | E | 49.7 | 44.7 | 42.6 | 43.4 | 269.2 | |
| 43 | | | He | 52.9 | 48.4 | 45.3 | 44.5 | 164.0 | |
| 44 | 제주조릿대 | LF | E | 48.8 | 44.7 | 43.1 | 40.9 | 288.1 | |
| 45 | | | Et | 56.4 | 51.4 | 48.3 | 44.7 | 96.6 | |
| 46 | | | He | 42.2 | 41.7 | 38.9 | 38.5 | | |
| 47 | | BR | E | 41.9 | 40.2 | 39.8 | 38.7 | | |
| 48 | | | Et | 59.3 | 51.5 | 47.2 | 42.7 | 109.2 | |
| 49 | | | Bu | 46.1 | 42.4 | 41.6 | 40.0 | 375.9 | |
| 50 | | | BU | E | 39.2 | 40.3 | 38.8 | 38.7 | |
| 51 | 종가시나무 | LF | E | 63.8 | 55.0 | 49.3 | 45.2 | 68.3 | |
| 52 | | | Et | 80.0 | 67.8 | 57.4 | 50.5 | 30.6 | |
| 53 | | | He | 52.8 | 46.8 | 43.7 | 43.4 | 187.6 | |
| 54 | 참가시나무 | BR | E | 72.5 | 61.4 | 51.8 | 48.0 | 55.8 | |
| 55 | 털머위 | LF | Et | 68.8 | 57.5 | 50.5 | 45.5 | 57.4 | |
| 56 | | | Bu | 46.0 | 42.2 | 40.0 | 41.9 | | |
| 57 | 털진달래 | LF | E | 83.6 | 67.4 | 57.6 | 50.6 | 29.1 | |
| 58 | 파리풀 | | Et | 48.3 | 46.1 | 44.4 | 39.4 | 313.1 | |
| 59 | 황벽나무 | LF | E | 49.7 | 46.0 | 42.7 | 42.0 | 261.4 | |
| 60 | 개머루 | WP | E | 94.7 | 90.4 | 80.4 | 32.3 | | |
| 61 | 개삼동 | WP | E | 32.0 | 21.2 | 15.3 | 9.2 | | |
| 62 | 개자리 | WP | E | 27.0 | 15.9 | 13.5 | 8.1 | | |
| 63 | 갯금불초 | WP | E | 62.8 | 36.1 | 27.4 | 20.8 | | |
| 64 | 거지덩굴 | WP | E | 65.0 | 59.4 | 42.6 | 37.3 | | |
| 65 | 검은재나무 | LF | E | 92.0 | 88.1 | 72.7 | 22.1 | 26.1 | |
| 66 | | | He | 50.1 | 48.6 | 37.2 | 28.6 | | |
| 67 | | | Et | 93.8 | 87.2 | 85.8 | 43.7 | 11.0 | |
| 68 | | | Bu | 87.6 | 78.2 | 44.8 | 14.0 | | |
| 69 | | | H ₂ O | 67.1 | 42.5 | 26.0 | 10.1 | | |
| 70 | | BR | E | 88.4 | 74.9 | 71.7 | 30.7 | 23.7 | |

| | | | | | | | | |
|-----|------------------|------------------|------------------|------|------|------|------|------|
| 71 | | | He | 19.5 | 20.7 | 15.8 | 9.8 | |
| 72 | | | Et | 94.9 | 90.8 | 64.2 | 21.0 | 28.5 |
| 73 | | | Bu | 89.8 | 79.7 | 59.4 | 18.7 | 34.5 |
| 74 | | | H ₂ O | 84.8 | 57.7 | 35.0 | 13.5 | |
| 75 | 고삼 | BR | E | 48.1 | 46.5 | 39.0 | 16.7 | |
| 76 | | LF | E | 55.6 | 35.5 | 26.2 | 14.3 | |
| 77 | | FL | E | 92.6 | 91.0 | 88.0 | 52.3 | 6.2 |
| 78 | 고추나무 | LF | E | 93.7 | 90.6 | 87.0 | 37.8 | 12.8 |
| 79 | | | He | 16.6 | 15.5 | 13.6 | 12.2 | |
| 80 | | | Et | 96.3 | 79.0 | 49.1 | 15.9 | 38.8 |
| 81 | | | Bu | 95.7 | 78.6 | 52.7 | 22.9 | 33.8 |
| 82 | | H ₂ O | 96.7 | 84.0 | 50.8 | 13.4 | 38.1 | |
| 83 | | BR | E | 47.7 | 27.5 | 18.7 | 15.0 | |
| 84 | 곰의말채 | LF | E | 94.1 | 94.1 | 94.6 | 50.9 | 9.7 |
| 85 | 구골나무 | LF | E | 46.3 | 32.4 | 19.7 | 9.8 | |
| 86 | | BR | E | 59.9 | 39.6 | 30.4 | 14.2 | |
| 87 | | FR | E | 65.5 | 38.2 | 22.1 | 11.4 | |
| 88 | 굴피나무 | LF | E | 86.9 | 86.9 | 84.9 | 52.5 | 5.7 |
| 89 | | | H ₂ O | 91.7 | 82.5 | 61.9 | 17.5 | 33.3 |
| 90 | | BR | E | 98.3 | 96.7 | 88.2 | 62.2 | 2.0 |
| 91 | | | He | 88.6 | 44.5 | 27.6 | 16.4 | |
| 92 | | | Et | 93.3 | 92.6 | 87.8 | 85.9 | 5.4 |
| 93 | | | Bu | 98.6 | 91.8 | 91.7 | 54.1 | 5.8 |
| 94 | | | H ₂ O | 91.8 | 90.3 | 75.6 | 26.9 | |
| 95 | | FR | E | 92.8 | 92.3 | 90.6 | 83.0 | 6.3 |
| 96 | | | He | 85.7 | 80.9 | 67.4 | 23.8 | |
| 97 | | | Et | 94.0 | 93.6 | 92.3 | 89.8 | 5.5 |
| 98 | | | Bu | 98.4 | 96.7 | 90.1 | 85.6 | 5.4 |
| 99 | H ₂ O | | 77.9 | 68.6 | 64.5 | 59.1 | 2.7 | |
| 100 | 광나무 | LF | E | 90.4 | 89.1 | 73.1 | 26.3 | |
| 101 | | BR | E | 90.6 | 78.1 | 45.4 | 21.0 | |
| 102 | 까마귀베개 | BR | E | 62.1 | 45.8 | 44.6 | 35.3 | |
| 103 | | LF | E | 74.9 | 69.9 | 68.3 | 38.4 | 19.8 |
| 104 | | | He | 25.3 | 25.3 | 20.5 | 1.6 | |
| 105 | | | Et | 82.1 | 56.3 | 31.3 | 17.6 | |
| 106 | | | Bu | 62.6 | 36.8 | 26.0 | 13.7 | |
| 107 | | H ₂ O | 69.1 | 53.8 | 24.2 | 15.2 | | |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|------|------|------|------|------|
| 108 | 까마귀베개 | FR | E | 44.2 | 23.1 | 17.7 | 14.9 | |
| 109 | 까마귀쪽나 | LF | E | 81.4 | 49.2 | 27.2 | 10.8 | |
| 110 | 무 | BR | E | 94.6 | 91.3 | 68.5 | 25.6 | |
| 111 | 팥팥나무 | BR | E | 93.0 | 74.4 | 48.8 | 22.2 | |
| 112 | 나한송 | LF | E | 95.9 | 93.6 | 91.7 | 22.9 | |
| 113 | | BR | E | 93.0 | 92.9 | 90.1 | 11.2 | |
| 114 | 노랑하늘타리 | WP | E | 84.6 | 65.9 | 44.3 | 18.0 | |
| 115 | 녹나무 | LF | E | 93.0 | 91.5 | 64.0 | 20.3 | 28.8 |
| 116 | | BR | E | 92.6 | 90.6 | 88.9 | 36.2 | 14.0 |
| 117 | 누린내풀 | LF | E | 81.3 | 73.4 | 44.8 | 13.8 | |
| 118 | | BR | E | 97.2 | 53.6 | 46.3 | 20.6 | |
| 119 | | RT | E | 37.8 | 20.5 | 20.0 | 9.1 | |
| 120 | 느티나무 | LF | E | 95.1 | 94.0 | 93.2 | 42.6 | |
| 121 | | | Et | 96.0 | 96.0 | 95.5 | 68.0 | 7.1 |
| 122 | | | Bu | 95.4 | 95.3 | 93.7 | 59.8 | 8.5 |
| 123 | | | H ₂ O | 42.1 | 52.4 | 42.1 | 17.0 | |
| 124 | | BR | E | 95.0 | 93.9 | 92.8 | 33.5 | |
| 125 | 단풍나무 | LF | E | 94.6 | 94.6 | 94.4 | 53.3 | 9.4 |
| 126 | | | Et | 96.4 | 96.2 | 95.4 | 76.4 | 6.4 |
| 127 | | | Bu | 96.2 | 95.8 | 95.5 | 56.5 | 8.6 |
| 128 | | | H ₂ O | 95.4 | 92.5 | 70.9 | 24.8 | |
| 129 | | BR | E | 95.2 | 84.3 | 52.4 | 13.3 | |
| 130 | 담배풀 | FR | E | 29.8 | 27.6 | 14.1 | 7.4 | |
| 131 | | BR | E | 92.0 | 76.8 | 58.5 | 15.5 | 37.0 |
| 132 | | LF | E | 89.3 | 89.7 | 59.9 | 25.3 | 28.1 |
| 133 | 도수외 | WP | E | 64.1 | 36.8 | 23.1 | 10.2 | |
| 134 | 돈나무 | LF | E | 48.9 | 30.5 | 18.2 | 13.3 | |
| 135 | | BR | E | 49.7 | 31.2 | 22.9 | 5.8 | |
| 136 | 등골나무 | LF | E | 89.2 | 86.8 | 80.1 | 38.5 | 14.8 |
| 137 | | BR | E | 73.6 | 39.2 | 31.2 | 17.9 | |
| 138 | | RT | E | 37.0 | 22.3 | 15.0 | 9.5 | |
| 139 | 떡윤노리 | LF | E | 98.7 | 96.8 | 79.7 | 72.0 | 1.2 |
| 140 | | BR | E | 87.1 | 75.6 | 73.1 | 40.5 | 16.1 |
| 141 | | FR | E | 77.4 | 75.6 | 14.0 | 11.0 | |
| 142 | 매죽나무 | LF | E | 83.5 | 82.3 | 80.3 | 32.8 | |
| 143 | | BR | E | 65.9 | 47.6 | 33.6 | 17.0 | |
| 144 | | FR | E | 31.7 | 23.8 | 18.1 | 14.9 | |

| | | | | | | | | |
|-----|------------------|----|------------------|------|------|------|------|------|
| 145 | 마 | LF | E | 90.1 | 86.1 | 73.0 | 26.0 | 24.1 |
| 146 | | | He | 34.5 | 25.5 | 18.8 | 13.6 | |
| 147 | | | Et | 93.6 | 88.3 | 82.4 | 79.3 | 6.8 |
| 148 | | | Bu | 89.7 | 88.2 | 88.0 | 29.0 | |
| 149 | | | H ₂ O | 85.5 | 84.4 | 83.0 | 19.7 | |
| 150 | | BR | E | 92.2 | 80.9 | 52.6 | 19.5 | 35.8 |
| 151 | | | He | 32.6 | 22.1 | 19.9 | 13.8 | |
| 152 | | | Bu | 82.4 | 81.8 | 67.6 | 21.2 | 30.5 |
| 153 | | | H ₂ O | 89.8 | 80.4 | 42.9 | 17.6 | |
| 154 | | FR | E | 61.9 | 51.3 | 43.5 | 5.9 | |
| 155 | 망지쿨 | WP | E | 68.7 | 38.8 | 24.4 | 17.5 | |
| 156 | 망초 | WP | E | 62.5 | 37.1 | 23.8 | 11.7 | |
| 157 | 모과나무 | BR | E | 94.3 | 92.5 | 91.7 | 51.9 | 6.1 |
| 158 | | | Et | 94.7 | 93.1 | 91.8 | 61.3 | 7.7 |
| 159 | | | Bu | 94.2 | 92.6 | 98.7 | 78.1 | 6.1 |
| 160 | | | H ₂ O | 92.7 | 89.9 | 78.3 | 15.5 | |
| 161 | 모람 | LF | E | 90.9 | 89.2 | 83.3 | 32.2 | 7.5 |
| 162 | | BR | E | 91.7 | 91.0 | 84.7 | 34.9 | 9.6 |
| 163 | | FR | E | 90.9 | 67.7 | 39.8 | 18.7 | |
| 164 | 목련 | BR | E | 53.0 | 33.3 | 25.2 | 14.1 | |
| 165 | 멸가치 | LF | E | 83.8 | 82.3 | 41.8 | 39.6 | |
| 166 | | BR | E | 51.2 | 44.2 | 44.1 | 33.2 | |
| 167 | | RT | E | 92.4 | 58.4 | 50.0 | 16.4 | |
| 168 | 바위수국 | LF | E | 99.9 | 86.7 | 83.7 | 70.1 | 1.3 |
| 169 | | | H ₂ O | 91.2 | 89.1 | 88.5 | 40.0 | 12.1 |
| 170 | | BR | E | 72.3 | 52.4 | 19.3 | 8.0 | |
| 171 | | FR | E | 87.4 | 85.6 | 82.1 | 30.3 | 19.2 |
| 172 | | | He | 21.1 | 18.2 | 13.4 | 14.1 | |
| 173 | | | Et | 90.9 | 90.8 | 81.5 | 73.1 | 4.1 |
| 174 | | | Bu | 84.8 | 82.9 | 79.1 | 52.3 | 6.2 |
| 175 | H ₂ O | | 84.2 | 83.7 | 78.6 | 39.9 | 14.0 | |
| 176 | 박쥐나물 | LF | E | 89.5 | 87.5 | 27.9 | 8.8 | |
| 177 | 보리수나무 | BR | E | 91.4 | 84.3 | 71.4 | 29.3 | |
| 178 | 분꽃 | WP | E | 31.9 | 18.8 | 11.6 | 7.8 | |
| 179 | 비단풀 | WP | E | 95.9 | 95.3 | 90.8 | 36.5 | |
| 180 | | | Et | 90.6 | 89.6 | 89.1 | 78.0 | 6.2 |
| 181 | | | Bu | 90.6 | 89.6 | 88.7 | 47.1 | 15.4 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|----|------------------|------|------|------|------|------|
| 182 | | | H ₂ O | 71.7 | 44.6 | 26.5 | 10.6 | |
| 183 | 비수리 | WP | E | 89.4 | 60.9 | 40.6 | 17.1 | |
| 184 | 비쭉 | WP | E | 72.0 | 42.2 | 37.5 | 22.2 | |
| 185 | 비자나무 | LF | E | 89.3 | 35.6 | 23.8 | 10.8 | |
| 186 | | BR | E | 92.4 | 76.2 | 43.1 | 14.1 | |
| 187 | | LF | E | 96.2 | 90.5 | 88.6 | 27.5 | 18.9 |
| 188 | | | E | 95.6 | 95.0 | 91.8 | 48.9 | |
| 189 | | | Et | 90.3 | 88.2 | 86.8 | 46.1 | |
| 190 | 비쭉기나무 | BR | Bu | 87.1 | 83.6 | 81.7 | 61.2 | 2.2 |
| 191 | | | H ₂ O | 84.9 | 81.9 | 79.2 | 38.0 | 15.3 |
| 192 | | FR | E | 85.5 | 84.2 | 83.8 | 29.0 | 19.7 |
| 193 | | SD | E | 83.8 | 78.9 | 47.1 | 6.2 | |
| 194 | 별꽃 | WP | E | 11.1 | 10.1 | 13.2 | 15.5 | |
| 195 | | | E | 93.8 | 93.7 | 93.7 | 51.3 | 9.8 |
| 196 | | | Et | 95.6 | 95.0 | 93.9 | 44.0 | |
| 197 | | | Bu | 94.8 | 94.2 | 92.8 | 40.4 | |
| 198 | 병솔꽃나무 | LF | H ₂ O | 92.2 | 92.3 | 91.1 | 41.6 | |
| 199 | | | E | 94.2 | 93.7 | 93.3 | 44.4 | 8.9 |
| 200 | | | Et | 95.2 | 95.8 | 93.4 | 54.8 | 8.9 |
| 201 | | | Bu | 95.2 | 95.6 | 93.0 | 63.5 | 7.7 |
| 202 | | | H ₂ O | 92.8 | 92.9 | 92.4 | 39.2 | |
| 203 | 뽕나무 | LF | E | 85.7 | 84.0 | 50.7 | 14.0 | |
| 204 | | BR | E | 84.0 | 92.7 | 51.8 | 15.6 | |
| 205 | 뽕잎피나무 | WP | E | 93.6 | 93.2 | 92.5 | 48.3 | |
| 206 | | | E | 88.5 | 86.0 | 83.6 | 65.7 | 1.1 |
| 207 | | | He | 87.7 | 85.7 | 62.1 | 13.9 | |
| 208 | 사람주나무 | LF | Et | 94.9 | 92.1 | 88.5 | 82.0 | 6.6 |
| 209 | | | Bu | 96.0 | 93.6 | 89.2 | 75.8 | 4.7 |
| 210 | | | H ₂ O | 90.6 | 87.8 | 29.0 | 10.1 | 48.3 |
| 211 | | BR | E | 86.9 | 85.7 | 81.8 | 34.6 | 16.7 |
| 212 | | FR | E | 80.1 | 79.1 | 61.6 | 30.6 | 27.1 |
| 213 | 산다래 | LF | E | 88.4 | 89.3 | 73.6 | 21.3 | |
| 214 | | BR | E | 26.2 | 55.9 | 12.6 | 7.5 | |
| 215 | | | E | 87.8 | 84.1 | 82.6 | 55.6 | 4.6 |
| 216 | 산딸나무 | LF | Bu | 91.5 | 88.2 | 87.0 | 52.7 | 5.9 |
| 217 | | | H ₂ O | 93.0 | 90.2 | 87.0 | 66.1 | 1.4 |
| 218 | | BR | E | 99.2 | 92.7 | 70.8 | 24.8 | 27.5 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|------------------|------------------|-------|-------|------|------|------|
| 219 | | | Et | 92.9 | 88.2 | 86.4 | 40.1 | 12.7 |
| 220 | | | Bu | 99.3 | 91.4 | 54.3 | 29.4 | 26.4 |
| 221 | | | H ₂ O | 86.9 | 77.5 | 50.2 | 18.8 | 39.4 |
| 222 | | FR | E | 77.5 | 45.7 | 29.8 | 16.1 | |
| 223 | 사상자 | WP | E | 88.8 | 78.4 | 62.9 | 27.3 | |
| 224 | 사스레피나무 | LF | E | 95.9 | 89.8 | 74.4 | 30.3 | |
| 225 | 사철나무 | LF | E | 49.9 | 31.1 | 16.3 | -8.5 | |
| 226 | | BR | E | 92.4 | 92.2 | 81.7 | 10.1 | 29.1 |
| 227 | 산초나무 | LF | E | 57.0 | 36.0 | 27.4 | 9.6 | |
| 228 | | BR | E | 97.1 | 62.8 | 56.4 | 29.1 | 32.6 |
| 229 | | FR | E | 99.2 | 94.8 | 57.6 | 41.6 | 18.2 |
| 230 | 상산 | BR | E | 34.7 | 23.7 | 12.1 | 10.0 | |
| 231 | 새비나무 | LF | E | 87.3 | 85.2 | 78.0 | 22.3 | 24.1 |
| 232 | | BR | E | 85.1 | 84.1 | 80.1 | 32.7 | 18.4 |
| 233 | | | He | 65.3 | 55.4 | 40.3 | 28.7 | |
| 234 | | | Et | 99.2 | 98.6 | 97.1 | 54.5 | 5.2 |
| 235 | | | Bu | 77.6 | 72.8 | 44.5 | 19.0 | |
| 236 | | | H ₂ O | 99.3 | 100.0 | 93.3 | 45.8 | |
| 237 | 서양측백 | LF | E | 95.2 | 94.6 | 74.5 | 35.6 | |
| 238 | | | Et | 100.1 | 99.6 | 84.9 | 29.9 | |
| 239 | | | H ₂ O | 78.1 | 49.6 | 31.3 | 15.2 | |
| 240 | | BR | E | 94.7 | 94.9 | 92.3 | 40.0 | |
| 241 | | | Et | 101.6 | 100.5 | 91.4 | 33.6 | |
| 242 | | | Bu | 100.3 | 101.8 | 91.2 | 36.3 | |
| 243 | | H ₂ O | 96.4 | 74.4 | 47.3 | 20.3 | | |
| 244 | 석류나무 | LF | E | 94.7 | 93.1 | 93.0 | 57.7 | 8.7 |
| 245 | | | Et | 96.0 | 95.6 | 94.9 | 71.8 | 6.8 |
| 246 | | | Bu | 95.8 | 95.2 | 94.8 | 55.9 | 9.1 |
| 247 | | | H ₂ O | 93.9 | 92.3 | 65.1 | 17.6 | |
| 248 | | BR | E | 94.6 | 93.5 | 73.6 | 51.0 | 9.5 |
| 249 | | | Et | 96.1 | 95.9 | 94.7 | 63.8 | 7.7 |
| 250 | | | Bu | 95.5 | 94.7 | 94.6 | 53.9 | 9.4 |
| 251 | | | H ₂ O | 93.8 | 93.3 | 90.0 | 24.4 | |
| 252 | 섬개벚나무 | LF | E | 87.9 | 59.8 | 35.7 | 11.1 | |
| 253 | | BR | E | 91.1 | 91.2 | 65.1 | 17.9 | 30.2 |
| 254 | 센달나무 | BR | E | 93.5 | 94.3 | 94.1 | 36.9 | |
| 255 | 소나무 | LF | E | 95.3 | 93.7 | 74.4 | 29.6 | |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|------|------|------|-------|------|
| 256 | | BR | E | 37.5 | 27.2 | 18.9 | 16.9 | |
| 257 | 수련 | RT | E | | 93.4 | 92.1 | 86.2 | 5.8 |
| 258 | | | He | | 61.0 | 43.4 | 15.7 | |
| 259 | | | Et | | 95.6 | 94.8 | 91.8 | 4.4 |
| 260 | | | Bu | | 96.1 | 95.6 | 83.0 | 6.4 |
| 261 | | | H ₂ O | | 93.7 | 92.9 | 36.0 | |
| 262 | 수영 | WP | E | 74.1 | 44.6 | 28.7 | 11.7 | |
| 263 | 식나무 | LF | E | 24.9 | 17.0 | 9.3 | 3.5 | |
| 264 | | BR | E | 19.8 | 13.4 | 9.2 | -12.9 | |
| 265 | 쇠비름 | WP | E | 24.0 | 17.3 | 12.1 | 7.3 | |
| 266 | 쭉갯 | WP | E | 86.5 | 54.0 | 33.6 | 10.4 | |
| 267 | 쭉방망이 | LF | E | 97.5 | 95.4 | 80.1 | 58.7 | 5.1 |
| 268 | | BR | E | 91.8 | 49.3 | 26.6 | 20.3 | |
| 269 | | FR | E | 83.3 | 37.6 | 19.6 | 12.4 | |
| 270 | 으름 | FL | E | 83.0 | 69.3 | 34.0 | 10.2 | |
| 271 | 으아리 | LF | E | 53.4 | 47.0 | 41.6 | 33.7 | |
| 272 | | BR | E | 20.3 | 19.6 | 18.2 | 11.6 | |
| 273 | | FR | E | 74.2 | 51.3 | 33.9 | 17.8 | |
| 274 | 은목서 | LF | E | 85.8 | 56.8 | 33.1 | 14.3 | |
| 275 | | BR | E | 89.8 | 84.5 | 51.3 | 18.5 | 36.2 |
| 276 | 왕모시풀 | WP | E | 61.5 | 40.9 | 27.9 | 18.0 | |
| 277 | 왕벚나무 | LF | E | 64.2 | 38.5 | 17.3 | -1.3 | |
| 278 | | BR | E | 92.5 | 91.6 | 89.9 | 14.9 | 24.5 |
| 279 | 자귀 | LF | E | 50.5 | 22.6 | 20.8 | 8.2 | |
| 280 | | BR | E | 48.4 | 22.6 | 21.8 | 6.6 | |
| 281 | 재나무풀 | WP | E | 35.5 | 21.0 | 12.9 | 6.3 | |
| 282 | 점박이천남성 | LF | E | 74.9 | 70.7 | 44.3 | 13.9 | |
| 283 | | BR | E | 60.2 | 40.4 | 30.5 | 30.9 | |
| 284 | | FR | E | 61.5 | 40.2 | 41.6 | 30.0 | |
| 285 | | RT | E | 65.3 | 38.5 | 21.7 | 13.5 | |
| 286 | 조록나무 | LF | E | 97.0 | 96.5 | 82.9 | 37.4 | |
| 287 | | | Et | 95.9 | 94.0 | 89.9 | 81.8 | 5.9 |
| 288 | | | Bu | 96.0 | 92.8 | 88.6 | 55.2 | 9.2 |
| 289 | | | H ₂ O | 95.2 | 92.9 | 91.1 | 43.5 | |
| 290 | | BR | E | 96.8 | 96.9 | 92.9 | 62.9 | 7.9 |
| 291 | | | He | 64.7 | 44.4 | 30.0 | 17.7 | |
| 292 | | | Et | 97.2 | 95.3 | 94.3 | 89.2 | 5.4 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------|----|------------------|------|------|------|------|------|
| 293 | | | Bu | 97.1 | 94.6 | 94.6 | 70.8 | 6.9 |
| 294 | | | H ₂ O | 96.4 | 95.4 | 90.7 | 45.1 | |
| 295 | 좁은잎천선 | LF | E | 33.2 | 19.6 | 15.3 | 8.8 | |
| 296 | 과 | BR | E | 51.8 | 29.6 | 19.4 | 9.8 | |
| 297 | 주목 | BR | E | 95.5 | 88.6 | 71.8 | 29.8 | |
| 298 | 질경이 | WP | E | 80.6 | 47.4 | 27.5 | 11.9 | |
| 299 | | LF | E | 86.3 | 85.0 | 61.8 | 17.2 | |
| 300 | | | E | 99.3 | 88.7 | 59.2 | 52.2 | 5.4 |
| 301 | 쥐깨풀 | BR | He | 58.5 | 49.5 | 36.6 | 28.1 | |
| 302 | | | Et | 93.4 | 65.7 | 61.5 | 26.7 | 31.9 |
| 303 | | RT | E | 83.5 | 67.2 | 40.5 | 20.9 | |
| 304 | 차나무 | LF | E | 94.3 | 92.9 | 85.6 | 12.0 | 26.8 |
| 305 | | BR | E | 93.2 | 91.4 | 63.8 | 15.3 | 31.5 |
| 306 | 참나리 | WP | E | 52.5 | 33.0 | 31.1 | 18.8 | |
| 307 | 참비릅 | WP | E | 25.4 | 17.3 | 12.8 | 9.1 | |
| 308 | 천선과 | LF | E | 49.9 | 33.7 | 19.7 | 15.0 | |
| 309 | | BR | E | 52.4 | 32.1 | 25.0 | 2.3 | |
| 310 | 측백나무 | LF | E | 93.2 | 91.8 | 87.6 | 24.5 | 20.3 |
| 311 | | BR | E | 94.3 | 92.8 | 85.9 | 29.7 | 18.0 |
| 312 | | | E | 95.7 | 95.2 | 84.3 | 41.5 | |
| 313 | | | He | 30.3 | 0.0 | 20.8 | 18.1 | |
| 314 | 층층나무 | BR | Et | 95.6 | 95.2 | 93.3 | 52.5 | 9.4 |
| 315 | | | Bu | 95.8 | 94.8 | 92.0 | 73.5 | 6.8 |
| 316 | | | H ₂ O | 91.8 | 89.5 | 61.7 | 29.8 | |
| 317 | 큰까치수염 | WP | E | 89.0 | 62.1 | 53.9 | 26.3 | |
| 318 | 큰뻬무 | WP | E | 92.8 | 93.6 | 93.0 | 46.7 | 13.0 |
| 319 | 큰천남성 | LF | E | 63.1 | 61.4 | 54.9 | 40.2 | 30.4 |
| 320 | | BR | E | 53.7 | 38.7 | 17.9 | 5.1 | |
| 321 | | LF | E | 99.7 | 96.3 | 87.1 | 82.2 | 5.7 |
| 322 | 합다리나무 | BR | E | 86.9 | 79.5 | 77.7 | 23.8 | 25.5 |
| 323 | | FR | E | 88.0 | 55.2 | 51.5 | 26.8 | 42.0 |
| 324 | 향나무 | LF | E | 71.2 | 46.5 | 26.6 | 13.3 | |
| 325 | | BR | E | 93.7 | 85.0 | 53.1 | 19.9 | 33.8 |
| 326 | 호랑가시나무 | LF | E | 90.4 | 70.9 | 39.5 | 21.5 | |
| 327 | | BR | E | 90.6 | 81.3 | 46.1 | 21.4 | |
| 328 | 후피향나무 | LF | E | 85.0 | 79.6 | 43.8 | 9.1 | |
| 329 | | | He | 37.7 | 12.5 | 5.8 | 3.5 | |

| | | | | | | | | |
|-----|--|----|------------------|------|------|------|------|------|
| 330 | | | Et | 95.1 | 95.0 | 72.4 | 42.3 | 10.4 |
| 331 | | | Bu | 92.2 | 90.2 | 88.3 | 30.9 | 16.9 |
| 332 | | | H ₂ O | 87.9 | 86.7 | 83.3 | 17.9 | 25.8 |
| 333 | | BR | E | 88.4 | 86.5 | 85.0 | 36.3 | 14.9 |

Table 12. Summary of plants showing DPPH scavenging activity IC₅₀ lower than 10 µg/mL.

| No. | Plant | Part Used | Frac-tion | Concentration | | | | SC ₅₀ (µg/ml) | |
|-----|-------|-----------|------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-----------------------------|-----|
| | | | | 200 (µg/ml) | 100 (µg/ml) | 50 (µg/ml) | 10 (µg/ml) | | |
| 1 | 담팔수 | BR | Et | 95.9 | 87.1 | 73.6 | 61.3 | 5.5 | |
| 2 | 고삼 | FL | E | 92.6 | 91.0 | 88.0 | 52.3 | 6.2 | |
| 3 | 곰의말채 | LF | E | 94.1 | 94.1 | 94.6 | 50.9 | 9.7 | |
| 4 | 굴피나무 | LF | E | 86.9 | 86.9 | 84.9 | 52.5 | 5.7 | |
| 5 | | BR | E | 98.3 | 96.7 | 88.2 | 62.2 | 2.0 | |
| 6 | | | Et | 93.3 | 92.6 | 87.8 | 85.9 | 5.4 | |
| 7 | | | Bu | 98.6 | 91.8 | 91.7 | 54.1 | 5.8 | |
| 8 | | FR | E | 92.8 | 92.3 | 90.6 | 83.0 | 6.3 | |
| 9 | | | Et | 94.0 | 93.6 | 92.3 | 89.8 | 5.5 | |
| 10 | | | Bu | 98.4 | 96.7 | 90.1 | 85.6 | 5.4 | |
| 11 | | | H ₂ O | 77.9 | 68.6 | 64.5 | 59.1 | 2.7 | |
| 12 | | 느티나무 | LF | Et | 96.0 | 96.0 | 95.5 | 68.0 | 7.1 |
| 13 | | | | Bu | 95.4 | 95.3 | 93.7 | 59.8 | 8.5 |
| 14 | 단풍나무 | LF | E | 94.6 | 94.6 | 94.4 | 53.3 | 9.4 | |
| 15 | | | Et | 96.4 | 96.2 | 95.4 | 76.4 | 6.4 | |
| 16 | | | Bu | 96.2 | 95.8 | 95.5 | 56.5 | 8.6 | |
| 17 | 떡윤노리 | LF | E | 98.7 | 96.8 | 79.7 | 72.0 | 1.2 | |
| 18 | 마 | LF | Et | 93.6 | 88.3 | 82.4 | 79.3 | 6.8 | |
| 19 | 모과나무 | BR | E | 94.3 | 92.5 | 91.7 | 51.9 | 6.1 | |
| 20 | | | Et | 94.7 | 93.1 | 91.8 | 61.3 | 7.7 | |
| 21 | | | Bu | 94.2 | 92.6 | 98.7 | 78.1 | 6.1 | |
| 22 | 모람 | LF | E | 90.9 | 89.2 | 83.3 | 32.2 | 7.5 | |
| 23 | | BR | E | 91.7 | 91.0 | 84.7 | 34.9 | 9.6 | |
| 24 | 바위수국 | LF | E | 99.9 | 86.7 | 83.7 | 70.1 | 1.3 | |
| 25 | | FR | Et | 90.9 | 90.8 | 81.5 | 73.1 | 4.1 | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|----|------------------|------|------|------|------|-----|
| 26 | | | Bu | 84.8 | 82.9 | 79.1 | 52.3 | 6.2 |
| 27 | 비쭈기나무 | BR | Bu | 87.1 | 83.6 | 81.7 | 61.2 | 2.2 |
| 28 | 병솔꽃나무 | LF | E | 93.8 | 93.7 | 93.7 | 51.3 | 9.8 |
| 29 | | BR | E | 94.2 | 93.7 | 93.3 | 44.4 | 8.9 |
| 30 | | | Et | 95.2 | 95.8 | 93.4 | 54.8 | 8.9 |
| 31 | | | Bu | 95.2 | 95.6 | 93.0 | 63.5 | 7.7 |
| 32 | 사람주나무 | LF | E | 88.5 | 86.0 | 83.6 | 65.7 | 1.1 |
| 33 | | | Et | 94.9 | 92.1 | 88.5 | 82.0 | 6.6 |
| 34 | | | Bu | 96.0 | 93.6 | 89.2 | 75.8 | 4.7 |
| 35 | 산딸나무 | LF | E | 87.8 | 84.1 | 82.6 | 55.6 | 4.6 |
| 36 | | | Bu | 91.5 | 88.2 | 87.0 | 52.7 | 5.9 |
| 37 | | | H ₂ O | 93.0 | 90.2 | 87.0 | 66.1 | 1.4 |
| 38 | 새비나무 | BR | Et | 99.2 | 98.6 | 97.1 | 54.5 | 5.2 |
| 39 | 석류나무 | LF | E | 94.7 | 93.1 | 93.0 | 57.7 | 8.7 |
| 40 | | | Et | 96.0 | 95.6 | 94.9 | 71.8 | 6.8 |
| 41 | | | Bu | 95.8 | 95.2 | 94.8 | 55.9 | 9.1 |
| 42 | | BR | E | 94.6 | 93.5 | 73.6 | 51.0 | 9.5 |
| 43 | | | Et | 96.1 | 95.9 | 94.7 | 63.8 | 7.7 |
| 44 | | | Bu | 95.5 | 94.7 | 94.6 | 53.9 | 9.4 |
| 45 | 수련 | RT | E | | 93.4 | 92.1 | 86.2 | 5.8 |
| 46 | | | Et | | 95.6 | 94.8 | 91.8 | 4.4 |
| 47 | 쭈방망이 | LF | E | 97.5 | 95.4 | 80.1 | 58.7 | 5.1 |
| 48 | 조록나무 | LF | Et | 95.9 | 94.0 | 89.9 | 81.8 | 5.9 |
| 49 | | | Bu | 96.0 | 92.8 | 88.6 | 55.2 | 9.2 |
| 50 | | BR | E | 96.8 | 96.9 | 92.9 | 62.9 | 7.9 |
| 51 | | | Et | 97.2 | 95.3 | 94.3 | 89.2 | 5.4 |
| 52 | | | Bu | 97.1 | 94.6 | 94.6 | 70.8 | 6.9 |
| 53 | 취개풀 | BR | E | 99.3 | 88.7 | 59.2 | 52.2 | 5.4 |
| 54 | 층층나무 | BR | Et | 95.6 | 95.2 | 93.3 | 52.5 | 9.4 |
| 55 | | | Bu | 95.8 | 94.8 | 92.0 | 73.5 | 6.8 |
| 56 | 합다리나무 | LF | E | 99.7 | 96.3 | 87.1 | 82.2 | 5.7 |

Table 13. Results of DPPH scavenging activity for extracts and fractions.

| Contents | Total No. | IC ₅₀ > 100 μ g/mL | Percent (%) |
|------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------|
| extracts and fractions | 333 | 56 | 16.2 |
| 70% ethanol exts. | 191 | 22 | 9.9 |
| Hex. layer | 24 | 0 | 0.0 |
| EtOAc layer | 51 | 17 | 35.3 |
| BuOH layer | 36 | 15 | 41.7 |
| H ₂ O layer | 31 | 2 | 6.5 |

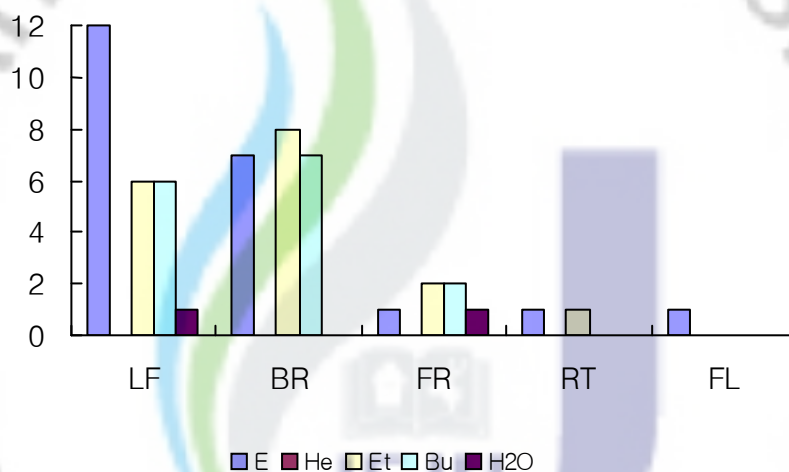


Figure 11. Comparison of DPPH scavenging activities based on plants part used. LF: leaf, BR: branch, FR: fruit, RT: root, FL: flower

3-4. 과명에 따른 식물들의 활성 결과

총 136종(63개 과) 중 활성을 보인 식물 종 및 과의 수는 54종 36개과 였다. 이들 중 미백 활성만을 보이는 식물들은 헛개나무(갈매나무과), 개민들레(국화과), 비파나무(장미과), 구실잣밤나무(참나무과), 솔비나무와 자귀나무(콩과) 등으

로 총 5개과 6종의 식물들이 있었다. 주름개선 활성만을 보이는 식물들은 고추나무(고추나무과), 검은재나무(노린재나무과), 사철나무(노박덩굴과) 등으로 총 13개과 16종의 식물들이 있었다. 또한 항산화 활성만을 보인 식물들은 쑥방망이(국화과), 쥐깨풀(꿀풀과) 등의 6개과 6종의 식물들이 있었다. 이들 중 미백활성과 항산화 활성을 동시에 보인 식물은 수련(수련과)으로 1 종의 식물만이 있었다. 주름개선과 항산화 활성을 동시에 보인 식물들은 합다리나무(나도밤나무과), 느티나무(느릅나무과), 사람주나무(대극과) 등으로 9개과 10종의 식물들이 있었다. 미백활성과 주름개선 활성을 동시에 보인 식물들은 나한송나무(나한송과), 까마귀쪽나무(녹나무과) 등의 총 8개과 9종의 식물들이 있었다. 미백 활성, 주름개선 활성, 항산화 활성의 세 가지 활성을 동시에 보이는 식물은 굴피나무(가래나무과), 담팔수(담팔수과) 등으로 총 6개과 6종의 식물들이 있었다. 이와 관련한 결과를 Table 14와 15에 나타내었다.

Table 14. Comparison of activities based on family nmae.

| No. | Family name | Plant | Activities (Part used) |
|-----|-------------|--------|--|
| 1 | 가래나무과 | 굴피나무 | T ^a (F), E ^b (S,Fr), D ^c (L,S,Fr) |
| 2 | 가지과 | 까마중 | |
| 3 | 갈매나무과 | 까마귀베개 | |
| 4 | | 헛개나무 | T(S) |
| 5 | 감탕나무과 | 감탕나무 | |
| 6 | | 팥팥나무 | |
| 7 | | 면나무 | |
| 8 | | 호랑가시나무 | |
| 9 | 고추나무과 | 고추나무 | E(L) |
| 10 | | 말오줌때 | |
| 11 | 국화과 | 개망초 | |
| 12 | | 개민들레 | T(FI) |
| 13 | | 갯금불초 | |
| 14 | | 담배풀 | |

| | | | |
|----|--------|---------|----------------------|
| 15 | | 등골나물 | |
| 16 | | 떡쭈 | |
| 17 | | 망초 | |
| 18 | | 멸가치 | |
| 19 | | 박쥐나물 | |
| 20 | | 방가지뚱 | |
| 21 | | 비쭈 | |
| 22 | | 쭈갓 | |
| 23 | | 쭈방망이 | D(L) |
| 24 | | 털머위 | |
| 25 | 꿀풀과 | 광대나물 | |
| 26 | | 취개풀 | D(S) |
| 27 | 나도밤나무과 | 합다리나무 | E(L,S,Fr), D(L) |
| 28 | 나한송과 | 나한송나무 | T(L,S), E(L,S) |
| 29 | 노린재나무과 | 검은재나무 | E(L,S) |
| 30 | 노박덩굴과 | 사철나무 | E(S) |
| 31 | 녹나무과 | 까마귀쭈나무 | T(S), E(S) |
| 32 | | 녹나무 | E(L,S) |
| 33 | | 새덕이나무 | |
| 34 | | 센달나무 | E(L,S) |
| 35 | | 육박나무 | |
| 36 | | 후박나무 | |
| 37 | 느릅나무과 | 느티나무 | E(L), D(L) |
| 38 | 다래나무과 | 다래(산다래) | E(L) |
| 39 | 단풍나무과 | 단풍나무 | D(L) |
| 40 | 담팔수과 | 담팔수 | T(S), E(S), D(S) |
| 41 | 대극과 | 굴거리 | |
| 42 | | 사람주나무 | E(S,Fr), D(L) |
| 43 | | 쭈굴거리 | |
| 44 | 도금양과 | 병솔쭈나무 | T(S), E(L,S), D(L,S) |
| 45 | 돈나무과 | 돈나무 | |
| 46 | 두릅나무과 | 섬오갈피 | |

| | | | |
|----|---------|----------|--------------------|
| 47 | | 송악 | |
| 48 | | 읍나무 | |
| 49 | 때죽나무과 | 때죽나무 | |
| 50 | 마과 | 마 | E(L,S), D(L) |
| 51 | 마디풀과 | 수영 | E(W) |
| 52 | | 누리장나무 | |
| 53 | 마편초과 | 누리내풀 | |
| 54 | | 새비나무 | D(S) |
| 55 | 목련과 | 목련 | |
| 56 | 무환자나무과 | 무환자나무 | |
| 57 | | 광나무 | |
| 58 | 물푸레나무과 | 구골나무 | |
| 59 | | 목서 | |
| 60 | | 쥐똥나무 | |
| 61 | 미나리아재비과 | 복수초 | |
| 62 | | 으아리 | |
| 63 | 박과 | 노랑하늘타리 | |
| 64 | 범의귀과 | 바위수국 | E(L,S,Fr), D(L,Fr) |
| 65 | 벼과 | 제주조릿대 | |
| 66 | 보리수나무과 | 보리수나무 | T(S), E(S) |
| 67 | 분꽃과 | 분꽃 | |
| 68 | 비단풀과 | 비단풀 | |
| 69 | 뽕나무과 | 모람 | E(S), D(L,S) |
| 70 | | 뽕나무 | T(L), E(S) |
| 71 | | 좁은잎천선과나무 | |
| 72 | | 천선과나무 | |
| 73 | 백합과 | 참나리 | |
| 74 | 산형과 | 사상자 | |
| 75 | | 전호 | |
| 76 | 석류나무과 | 석류나무 | D(L,S) |
| 77 | 석죽과 | 별꽃 | |
| 78 | 소나무과 | 소나무 | T(L), E(L) |

| | | | |
|-----|-------|--------|------------------------|
| 79 | 소태나무과 | 소태나무 | |
| 80 | 수련과 | 수련 | T(R), D(R) |
| 81 | 쇠비름과 | 쇠비름 | |
| 82 | 췌기풀과 | 왕모시풀 | |
| 83 | 아욱과 | 부용 | |
| 84 | 운향과 | 산초나무 | |
| 85 | | 상산 | |
| 86 | | 황벽나무 | |
| 87 | 으름덩굴과 | 으름 | |
| 88 | 인동과 | 아왜나무 | E(L, S) |
| 89 | 앵초과 | 큰까치수염 | |
| 90 | 장미과 | 떡윤노리나무 | E(L,S,Fr), D(L) |
| 91 | | 모과나무 | T(S), E(S), D(S) |
| 92 | | 비과나무 | T(L) |
| 93 | | 섬개벚나무 | |
| 94 | | 야광나무 | |
| 95 | | 왕벚나무 | E(S) |
| 96 | 큰뺨무 | E(W) | |
| 97 | 조록나무과 | 조록나무 | T(L,S), E(L,S), D(L,S) |
| 98 | 주목과 | 비자나무 | |
| 99 | | 주목 | |
| 100 | 진달래과 | 산철쭉 | |
| 101 | | 진달래 | |
| 102 | | 털진달래 | T(L,S), E(L) |
| 103 | 질경이과 | 질경이 | |
| 104 | 차나무과 | 동백나무 | E(L) |
| 105 | | 비쭈기나무 | E(Fr), D(S) |
| 106 | | 사스레피나무 | |
| 107 | | 차나무 | |
| 108 | | 후피향나무 | E(S) |
| 109 | 참나무과 | 개가시나무 | |
| 110 | | 구실잣밤나무 | T(L) |

| | | | |
|-----|-------|---------|------------------|
| 111 | | 붉가시나무 | T(L), E(L) |
| 112 | | 종가시나무 | E(S) |
| 113 | | 참가시나무 | |
| 114 | 천남성과 | 점박이천남성 | |
| 115 | | 큰천남성 | |
| 116 | 측백나무과 | 서양측백 | T(L,S), E(L) |
| 117 | | 측백나무 | E(L,S) |
| 118 | | 편백나무 | |
| 119 | | 향나무 | T(L), E(S) |
| 120 | 층층나무과 | 곰의말채 | T(L), E(W), D(L) |
| 121 | | 산딸나무 | E(L,S), D(L) |
| 122 | | 식나무 | |
| 123 | | 층층나무 | E(S), D(S) |
| 124 | 콩과 | 개자리 | |
| 125 | | 고삼 | D(FI) |
| 126 | | 비수리 | |
| 127 | | 살갈퀴 | |
| 128 | | 솔비나무 | T(S) |
| 129 | | 자귀나무 | T(S) |
| 130 | 파리풀과 | 파리풀 | |
| 131 | 포도과 | 개머루 | E(W) |
| 132 | | 거지덩굴 | |
| 133 | 피나무과 | 뽕잎피나무 | E(W) |
| 134 | 현호색과 | 자주괴불주머니 | |

^a is tyrosinase inhibition activity test

^b is elastase inhibition activity test

^c is DPPH radical scavenging activity test

Table 15. Number of plants for a kinds of activities

| Contents | No. of family | No. of species |
|--|---------------|----------------|
| Whitening & Anti-aging | 1 | 1 |
| Anti-wrinkle & Anti-aging | 9 | 10 |
| Whitening & Anti-wrinkle | 8 | 9 |
| Whitening & Anti-wrinkle & Anti-aging | 6 | 6 |

3-5. 활성별 식물 추출물 및 분획물 들의 활성 결과 경향성

미백 활성, 주름개선 활성, 항산화 활성을 측정한 결과 미백 효과 검색을 위한 tyrosinase 저해 활성에서는 추출물의 활성에 비해서 분획물들의 활성이 줄어드는 것으로 나타났다. 그리고 주름개선 효과 검색을 위한 elastase 저해 활성과 항산화 활성에서는 추출물에 비해서 분획물들의 활성이 증가하는 것으로 나타났다 (Figure 12).

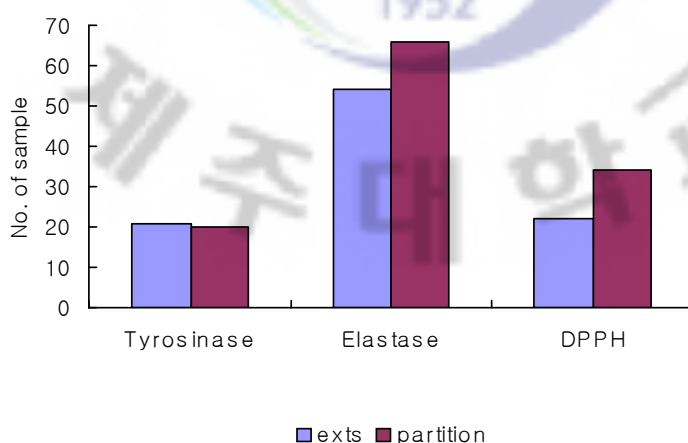


Figure 12. Comparison of activities based on extraction and fractions.

4. 결론

제주에서 자생하는 식물들을 중심으로 기능성 화장품 원료로서 유용한 식물 자원을 개발하기 위하여 136종의 식물체를 채집하였고, 부위별로 나누어 총 272 가지에 대하여 추출을 하였다. 70% ethanol 추출물을 제조하였고, 이 추출물을 다시 hexane, ethyl acetate, butanol, water 층으로 분획하여 분획물을 얻어 활성 검색을 위한 시료로 사용하였다. 검색 방법으로는 tyrosinase 억제 활성, elastase 억제 활성, 그리고 DPPH 라디칼 소거 활성을 이용하였다. 이 활성들은 피부의 미백효과, 주름개선 효과, 항산화 효과와 관련이 있다.

Tyrosinase 억제 활성 실험에 이용된 추출물 중에서 털진달래 잎에서 가장 우수한 활성이 나타났다(IC_{50} 13.3 $\mu\text{g/ml}$). 이는 기존 미백제로 이용되고 있는 arbutin(IC_{50} 64.8 $\mu\text{g/ml}$)와 비교하여 우수한 활성을 보이고 있다. 분획물 중에서는 향나무 잎의 ethyl acetate 분획에서 가장 우수한 활성이 나타났다(IC_{50} 1.3 $\mu\text{g/ml}$). 이는 arbutin과 비교했을 때 뛰어난 활성을 보인 것이며, 또 다른 미백제인 kojic acid(IC_{50} 6.2 $\mu\text{g/ml}$)와 비교했을 때 우수한 활성을 보이는 것을 관찰할 수 있었다.

Elastase 억제 활성 실험에 이용된 추출물 중에서 조록나무 잎에서 가장 우수한 활성이 나타났다(IC_{50} 6.6 $\mu\text{g/ml}$). 분획물 중에서는 산딸나무 잎의 water 분획에서 가장 우수한 활성이 나타났다(IC_{50} 5.7 $\mu\text{g/ml}$). 이는 기존 주름개선제로 이용되고 있는 빈랑자(IC_{50} 26.3 $\mu\text{g/ml}$)와 비교하여 우수한 활성을 보이고 있다.

항산화 효과는 DPPH 용액을 이용하여 측정하였다. 실험에 이용된 추출물 중에서 사람주나무 잎에서 가장 우수한 활성이 나타났다(RC_{50} 1.1 $\mu\text{g/ml}$). 분획물 중에서는 산딸나무 잎의 water 분획에서 가장 우수한 활성이 나타났다(RC_{50} 1.4 $\mu\text{g/ml}$). 이는 대조군으로 사용된 녹차 추출물(RC_{50} 1.1 $\mu\text{g/ml}$)과 ascorbic acid (RC_{50} 8.0 $\mu\text{g/ml}$)와 비교했을 때 우수한 활성을 보이는 것을 관찰할 수 있다.

추출물과 분획물의 활성 측정 결과를 살펴보면, tyrosinase 저해 활성에서는 추출물에서 활성이 좋게 나타났던 식물이 분획을 실시한 후에 활성이 약해지거나 사라지는 현상이 나타났다. 이는 활성 성분들이 분획별로 분산 되었으리라 여

겨진다. elastase 저해 활성과 항산화 저해 활성에서는 분획물들의 활성이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 활성 성분이 하나 또는 둘 이상의 분획물에 포함되어 있는 것으로 여겨진다.

제주에서 자생하고 있는 1,800여종의 식물들 중 136종에 대하여 활성 검색이 이루어졌으며, 다수의 추출물과 분획물들에 대한 각각의 활성 검색 결과 우수한 활성을 보이는 분획물들을 확보할 수 있었다.

이들 결과를 고려해 보면, 제주 자생 식물을 이용한 다수의 시료에서 기능성 화장품 첨가제로 사용 가능성이 있다는 것을 발견할 수 있다. 이를 바탕으로 하여 기능성 화장품으로의 원료 개발을 위한 기초 자료로써 이용 가능하리라 사료된다. 또한 유효성분의 분리·동정의 기초 자료로 이용 가능하리라 본다.



IV. 과제 2 : 솔비나무 가지로부터 유효 성분 분리 및 동정

1. 재료

솔비나무(*Maackia fauriei*)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 낙엽활엽교목으로 우리나라의 제주도에 자생하는 특산식물이다.²¹⁾ 숲속에서 자라며 높이 8 m에 달한다. 어린 가지에 회색빛을 띤 회색의 털이 뽀뽀이 나다가 어두운 자주색 또는 회색빛을 띤 검은색으로 변한다. 잎은 호생하는 홀수 1회 깃꼴겹잎이며 잎자루가 있고 작은 잎은 9-17장이다. 작은 잎은 타원형 달걀 모양 또는 긴 타원형이며 길이 3-6 cm, 나비 1-2 cm 로서 가장자리가 밋밋하다. 꽃은 7-8월에 피고 노란빛을 띤 흰색이 돌며 총상꽃차례에 달린다. 꽃자루에 털이 있다. 꽃받침은 길이 3.5 mm로 종 모양이며 5개로 얇게 갈라진다. 수술은 10개이고 암술에 갈색 털이 있다. 꼬투리는 편평한 타원형이며 길이 3-7 cm, 나비 5-8 mm로서 한쪽에 날개가 있다(Figure 13). 다릅나무와 비슷하지만 작은 잎의 수가 많고 보다 작은 것이 다르다. 한국 특산종으로 한라산 일대에서 자란다. 꽃은 약용으로 고혈압, 뇌일혈, 지혈, 난산, 자궁출혈 등에 사용되어왔다.¹⁰⁾ 그 외에 기구재 및 염료용(수피), 양봉용으로 사용되어진다.

솔비나무에서 분리 보고 되어진 화합물로는 심재에서 (-)maackiain, ononin, wistin, daidzin, 2'-methoxy-4'-hydroxyisoflavone-6-O-β-D-glucoside, retusin, 4',7-dihydroxyflavone, genistein, afromosin, dehydroferreirin, 3'-methoxydaidzein, formononetin, daidzein-7-4'-di-O-β-D-glucoside, formononetin-7-O-β-gentiobioide 등이 분리 되어 보고되어 졌고,^{22,23,24)} 수피에서 medicarpine, 4'5,7-trihydroxy-6,8-diprenyl isoflavone, 4'5,-dihydroxy7,8-chromeno-6-prenylisoflavone, 1-hydroxy-2,3-chromeno-8,9-methylenedioxy terocarpan 등이 보고되어 졌다.²⁵⁾ 아직까지 이들 분리된 물질들에 대한 활성 결과는 보고된 바 없다. 이 논문에서는 이미 분리 보고되어진 genistein, formononetin 외에 daiazein, tectorigenin, mirkoin, texasin, odoratin 등을 추가로

분리 동정 하였고, 이들 물들에 대한 미백 활성 검색을 실시하였다.

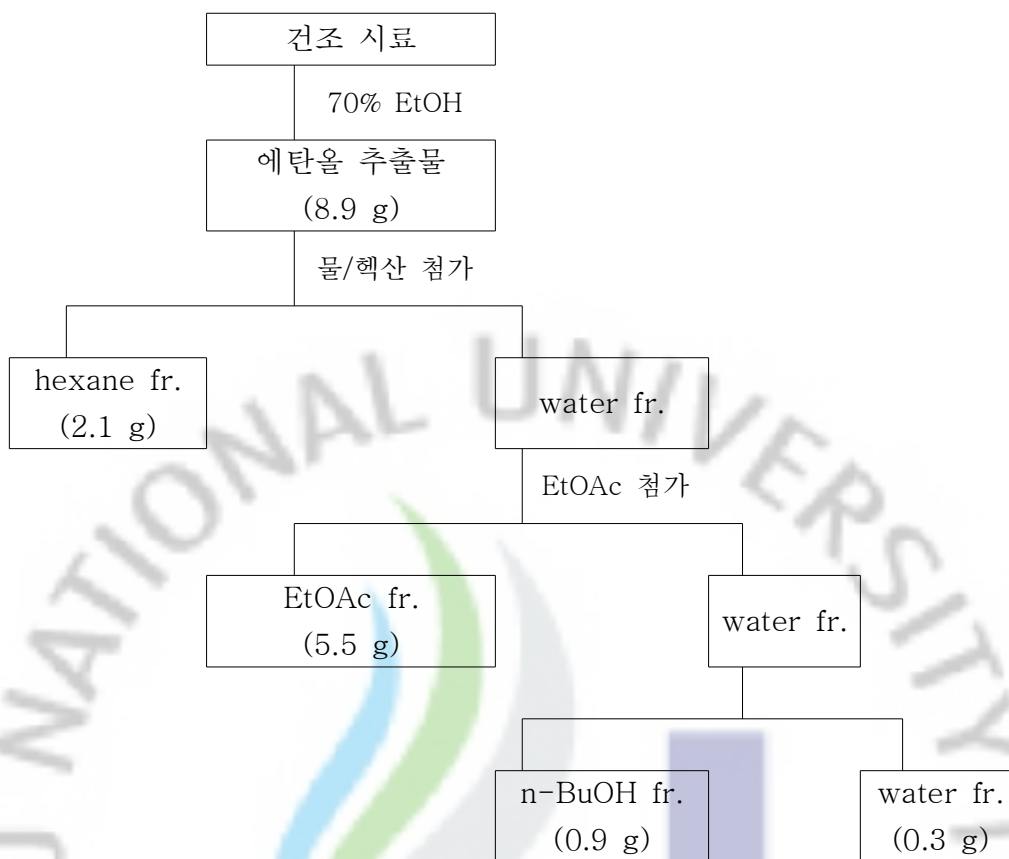


Figure 13. Photograph of *Maackia fauriei*.

2. 실험방법

2-1. 시료의 추출 및 용매 분획

통풍이 잘되는 곳에서 음건된 시료를 쇠질 분쇄하여 추출하였다. 추출은 건조 무게(167 g)의 20배량의 70%(v/v) 함수에탄올에 침지하였고, 24시간 방치 후 상층액을 취한 다음 잔사에 20배량의 용매를 넣어 재 추출하였고, 총 3회 실시하였다. 추출된 용매는 whatman여과지(No.5)를 이용하여 여과 하고, 여과액은 감압 농축기를 이용하여 40℃에서 농축하였다. 추출물(8.9 g)은 용매 분획 방법에 의하여 분획하였다. 즉 추출물을 증류수에 현탁시킨 후 hexane, ethyl acetate, *n*-butanol을 이용하여 차례대로 용매 분획한 후 각각의 분획물을 2.1 g(24.1 %), 5.5 g(61.7 %), 0.9 g(10.1 %), 0.3 g(3.4 %) 얻었다(Scheme 2).

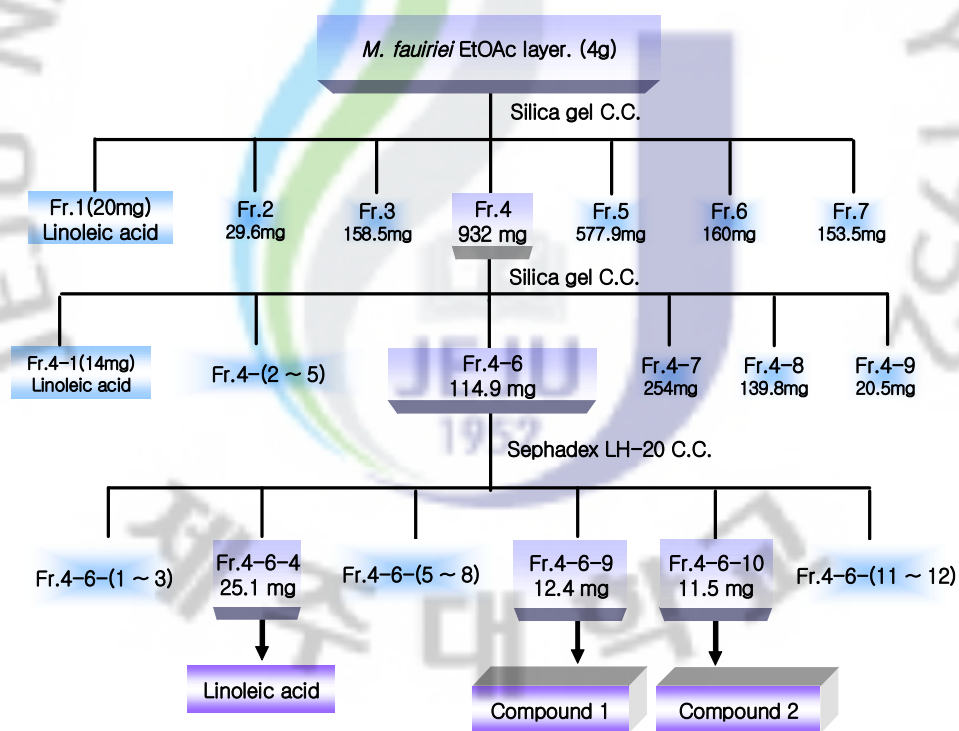


Scheme 2. Procedure of extraction and various fraction from *M. fauriei* branch.

2-2. Compounds의 분리 과정

2-2-1. Compound 1과 compound 2의 분리과정

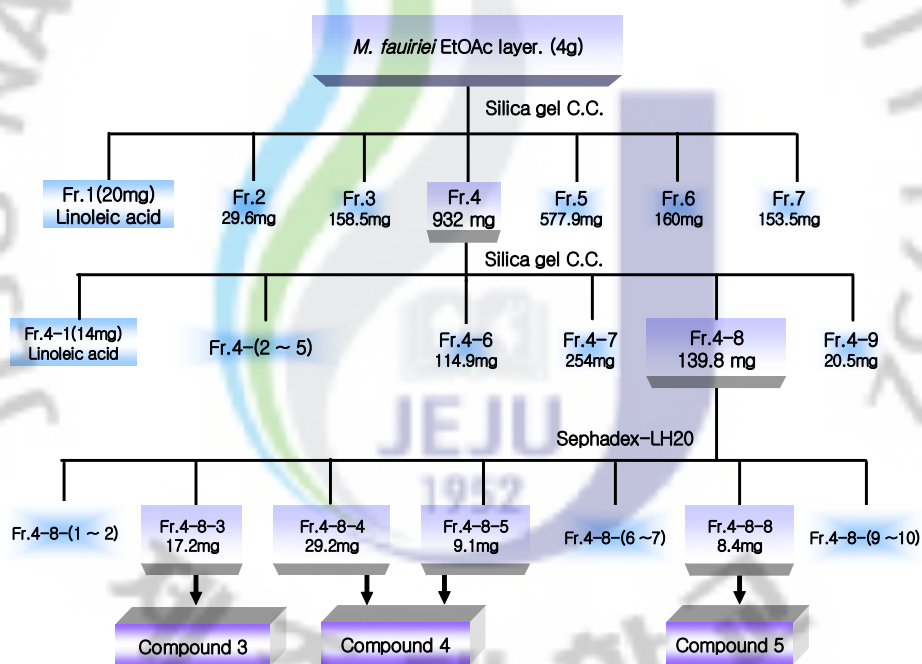
Ethyl acetate 분획물 4 g을 가지고 순상 실리카겔 컬럼을 수행하였다. 용리액으로는 hexane/ethyl acetate(1/1)를 사용하여 총 7개의 fraction을 얻었고, 이 중 fr. 4(932 mg)를 다시 동일한 조건으로 순상 실리카겔 컬럼을 하여 9개의 fraction들을 얻었다. 이 중 fr. 6(114.9 mg)을 chloroform/methanol(1/1)을 용매로 하여 Sephadex LH-20 컬럼을 수행하였고, 얻어진 fr. 4-6-9(12.4 mg)와 fr. 4-6-10(11.5 mg)에서 compounds 1과 compounds 2를 얻었다(Scheme 3).



Scheme 3. Isolation of the compound 1 and compound 2 from *M. fauriei* branch

2-2-2. Compound 3과 compound 4 및 compound 5 의 분리과정

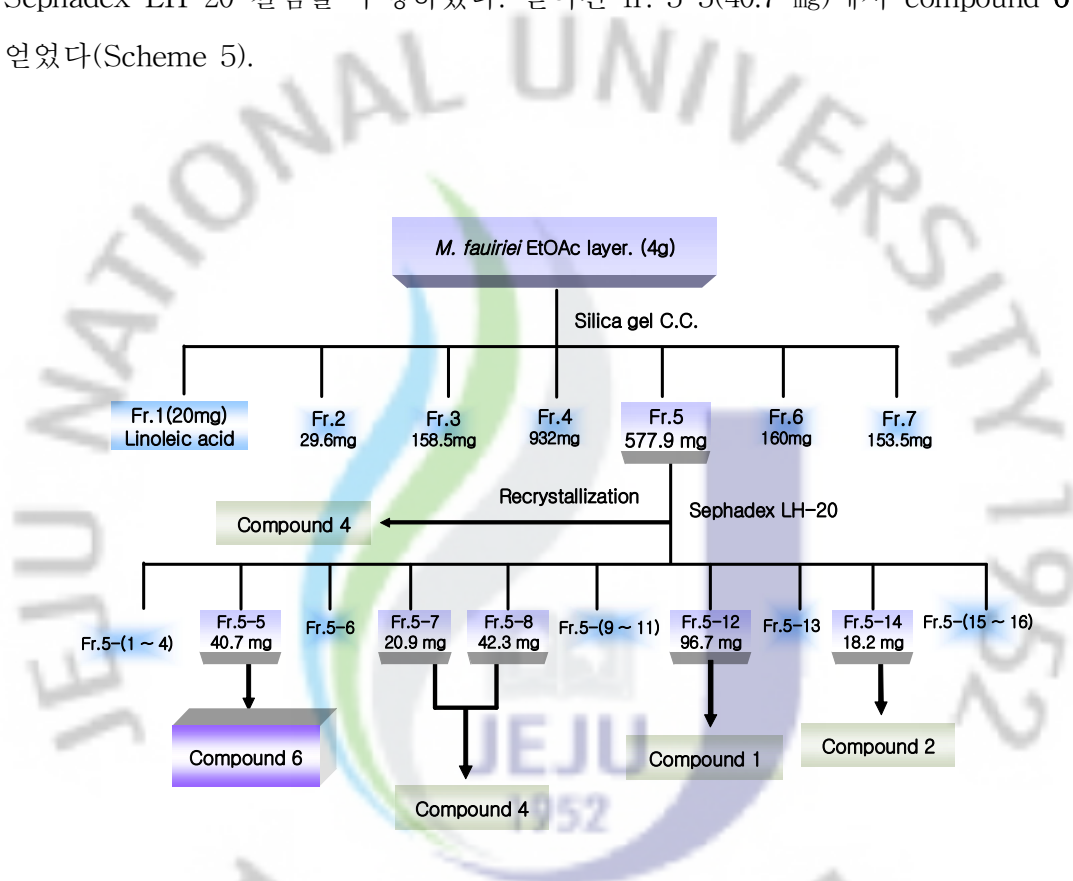
Ethyl acetate 분획물 4 g을 가지고 순상 실리카겔 컬럼을 수행하였다. 용리액으로는 hexane/ethyl acetate(1/1)를 통과시켜 총 7개의 fraction을 얻었고, 이 중 fr. 4(932 mg)를 다시 동일한 조건으로 순상 실리카겔 컬럼을 하여 9개의 fraction들을 얻었다. 이 중 fr. 8(139.8 mg)을 chloroform/methanol(9/1 → 0/1)을 용매로 하여 Sephadex LH-20 컬럼을 수행하였고, 얻어진 fr. 4-8-3(17.2 mg) fr. 4-8-5 (9.1 mg)와 fr. 4-8-8(8.4 mg)에서 compound 3과 compound 4 그리고 compound 5를 얻었다(Scheme 4).



Scheme 4. Isolation of the compound 3, compound 4 and compound 5 from *M. fauriei* branch.

2-2-3. Compound 6의 분리과정

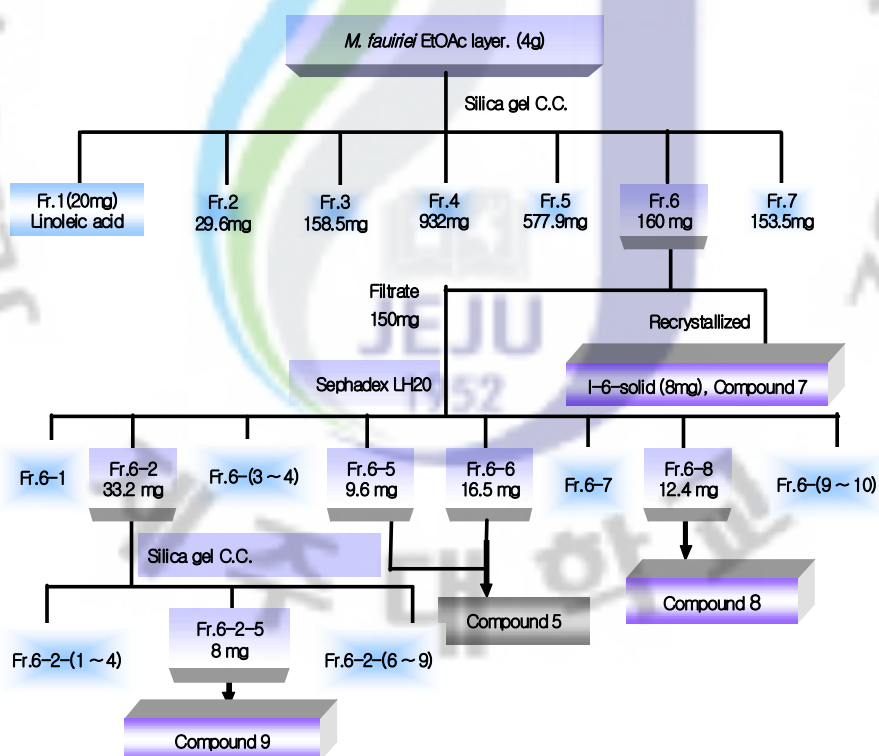
Ethyl acetate 분획물 4 g을 가지고 순상 실리카겔 컬럼을 수행하였다. 용리액으로는 hexane/ethyl acetate(1/1)를 통과시켜 총 7개의 fraction을 얻었고, 이 중 fr. 6(577.9 mg)를 가지고 chloroform/methanol(15/1 → 0/1)을 용매로 하여 Sephadex LH-20 컬럼을 수행하였다. 얻어진 fr. 5-5(40.7 mg)에서 compound 6을 얻었다(Scheme 5).



Scheme 5. Isolation of the compound 6 from *M. fauriei* branch.

2-2-4. Compound 7과 compound 8 및 compound 9의 분리과정

Ethyl acetate 분획물 4 g을 가지고 순상 실리카겔 컬럼을 수행하였다. 용리액으로는 hexane/ethyl acetate(1/1)를 통과시켜 총 7개의 fraction을 얻었고, 이 중 fr. 6(160 mg)를 가지고 chloroform/methanol(8/1 → 0/1)을 용매로 하여 Sephadex LH-20 컬럼을 수행하였다. 얻어진 fr. 6-5와 fr. 6-6(26.1 mg)은 앞에서 분리된 compound 4였다. 얻어진 fr. 6-8(12.4 mg)는 compound 8이었다. 이 과정에서 methanol 용매에 의해 재결정되어 얻어진 fr. 6-solid(8 mg)는 compound 7이었다. fr. 6-2(33.2 mg)을 가지고 순상 컬럼크로마토그래피 (hexane/ethyl acetate/methanol = 1/1/0 → 1/1/1 → 0/0/1)를 실시하여 fr. 6-2-5(8 mg)에서 compound 9를 얻었다(Scheme 6).



Scheme 6. Isolation of the compound 7 and compound 8, compound 9 from *M. fauriei* branch.

2-3. 활성검색

2-3-1. Tyrosinase Inhibition test

추출물 및 분획물들과 분리된 compounds에 대한 tyrosinase 저해 활성은 mushroom tyrosinase를 이용하여 DOPA chrome법을 응용하여 측정하였다.¹⁵⁾ Buffer는 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 6.8)을 사용하였고, 사용된 기질로써 L-tyrosine(L-3[Hydroxyphenyl]alanine)을 사용하였다. 실험방법은 buffer 1.0 mL(pH 6.8), sample 0.9 mL(20 mg/mL), L-tyrosine(0.3 mg/mL) 1mL, mushroom tyrosinase(1250 units/mL) 0.1 mL을 넣고, 37°C에서 10분간 반응시킨 후, 480 nm에서 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 추출물 및 분획물 시료는 300 $\mu\text{g/mL}$, 100 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 각각 측정하였고, 분리된 compound들에 대한 시료의 농도는 100 $\mu\text{g/mL}$ 부터 시작하여 dilution 시키면서 측정하였다. 사용된 대조군으로는 arbutin(20 mg/mL), kojic acid(20 mg/mL)을 사용하였다.

2-3-2. Compound 8의 반응 속도 결정 실험

Compound 8을 가지고 반응 속도를 결정하기 위하여 기질의 농도 및 compound 8의 농도를 변화시키면서 tyrosinase 저해 활성 검색 실험²⁶⁾을 실시하였다. 기질인 tyrosine의 농도는 0.2 mM, 0.3 mM, 0.4 mM, 0.5 mM, 0.6 mM로 변화시켰고, 저해제인 compound 8의 농도는 0 $\mu\text{g/mL}$, 0.25 $\mu\text{g/mL}$, 0.5 $\mu\text{g/mL}$, 1 $\mu\text{g/mL}$ 로 변화시키면서 측정하였다. 효소 및 완충용액의 양은 tyrosinase 저해활성 측정 방법과 동일하게 하였다.

3. 결과

3-1. 추출물 및 용매 분획물들의 활성 결과

솔비나무 가지의 70% ethanol 추출물 및 분획물에 대하여 tyrosinase 저해 활성을 측정한 결과 추출물(IC₅₀ 86.5 $\mu\text{g}/\text{mL}$)과 ethyl acetate 분획물(IC₅₀ 64.7 $\mu\text{g}/\text{mL}$)에서 우수한 활성을 보였다. 이와 같은 결과로 추출물 상태에서 활성을 보였던 물질들이 ethyl acetate 분획물 층으로 집중되어 있다는 것을 알 수 있었다. 이와 관련한 결과를 Figure 14에 나타내었다.

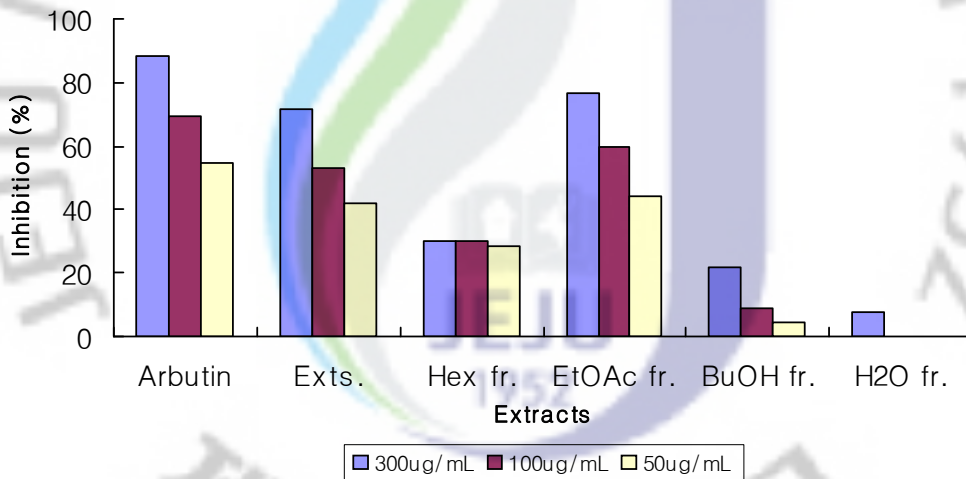


Figure 14. Results of tyrosinase inhibition activity for extracts and fractions from *M. fauriei* branch.

3-2. 솔비나무 가지로부터 분리된 화합물의 구조 결정

3-2-1. Compound 1과 compound 2의 구조 동정

Compound 1과 2의 구조를 확인하기 위하여 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}(\text{CD}_3\text{OD}, 400\text{MHz})$ 과 $^{13}\text{C-NMR}(\text{CD}_3\text{OD}, 100\text{MHz})$ 을 측정하였다.

Compound 1에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 15)을 살펴보면, δ 3.85에서 3개의 proton이 singlet로 나타나는 것으로 보아 산소 옆에 있는 methyl기가 있음을 예측할 수 있다. δ 6.37(1H, s, H-8)에서 signal이 확인되는 것으로 보아 A-ring에서 다른 proton과 coupling 하지 않는 methin기가 있다는 것을 예측할 수 있었다. C-ring의 H-2', 6' 및 H-3', 5'은 각각 δ 7.36(2H, d, $J=8.7$ Hz), δ 6.84(2H, d, $J=8.7$ Hz)에서 ortho coupling을 하고 있음이 관찰되었다. δ 6.4 ~ 7.4에서 signal이 있는 것으로 보아 aromatic ring이 있음을 알 수 있었다. 또한 δ 8.02 부근에 single로 나타나는 peak는 isoflavone 골격 구조에서 2번에 위치한 proton이 conjugation 되어 나타나는 특성 peak이다. 따라서 isoflavone 형태의 화합물임을 예측할 수 있다. Compounds 2에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 17)에서는 δ 3.85 부근의 signal이 사라지고 δ 6.19(1H, d, $J=2.2$ Hz)에서 signal이 확인되었다. 나머지 부분에 대한 signal은 compound 1과 동일하였다.

Compound 1에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 16)에서 14개의 carbon signal이 관찰되었고, δ 182.6에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었다. 또한 carbon peak의 적분값으로 보아 δ 131.4와 116.3에서 대칭이 되는 carbon이 있음을 알 수 있었으며, chemical shift 값이 δ 95 ~ 160 영역인 것으로 보아 aromatic ring이 있음을 알 수 있었다. δ 60.9에서 signal이 나타나는 것으로 보아 methoxyl가 있음을 예측할 수 있었다. Compound 2에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 18)에서는 13개의 carbon signal이 관찰되었고, compound 1과 비교했을 때 δ 60.9에서 나타났던 signal이 나타나지 않은 것으로 확인되었다.

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 1은 isoflavone 골격의 C-5, C-7, C-4' 위치에 -OH기를 가지고 있고, C-6 위치에 -OCH₃기를 가지는 5,7,4'-trihydroxy-6-methoxyisoflavone, 즉 tectorigenin²⁷⁾(Figur 26)으로 구조 동정 하였다(Table

16). Compound 2은 compound 1에서 C-6 위치에 $-OCH_3$ 기가 없는 형태의 isoflavone임이 확인되었고, 7,4'-dihydroxyisoflavone인 genistein²³⁾(Figur 26)으로 구조 동정 하였다(Table 16). Tectorigenin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 화합물이다.



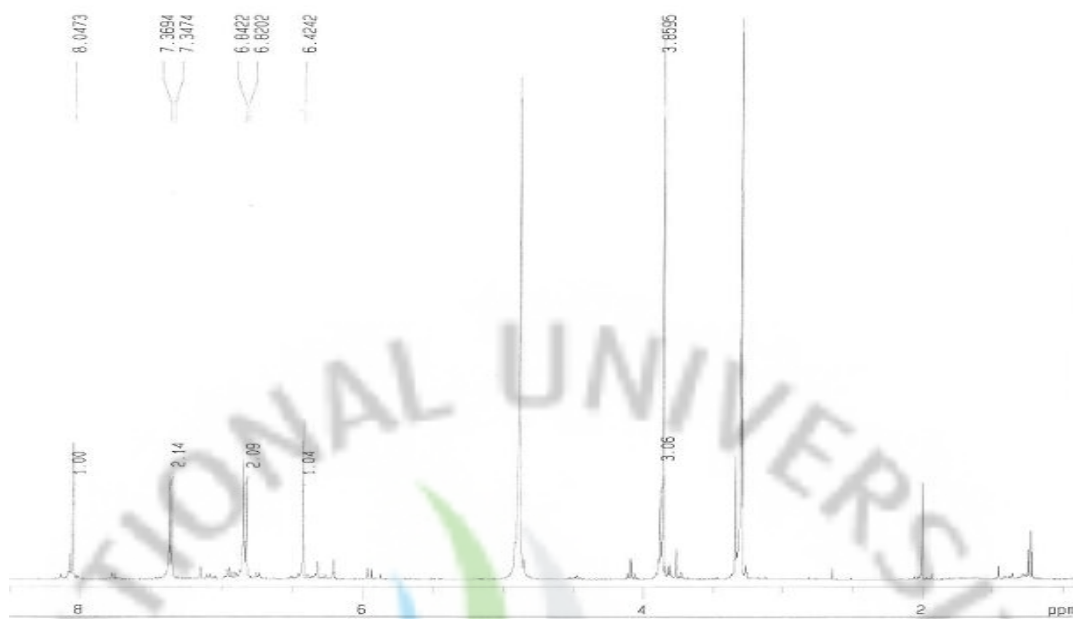


Figure 15. ^1H -NMR spectrum of compound **1** in CD_3OD .

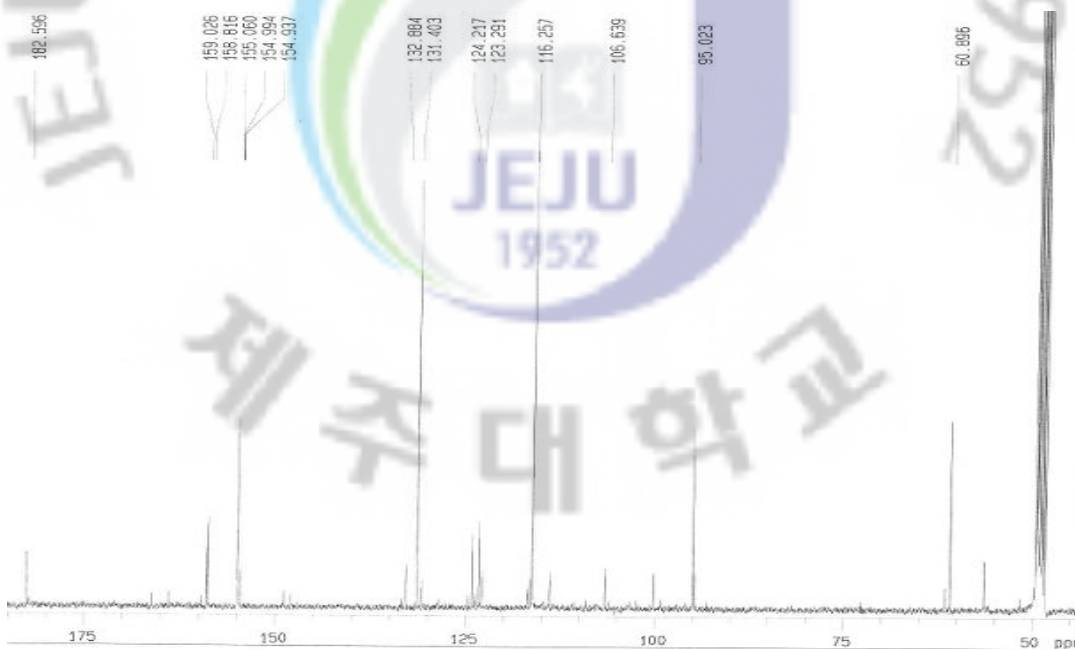


Figure 16. ^{13}C -NMR spectrum of compound **1** in CD_3OD .

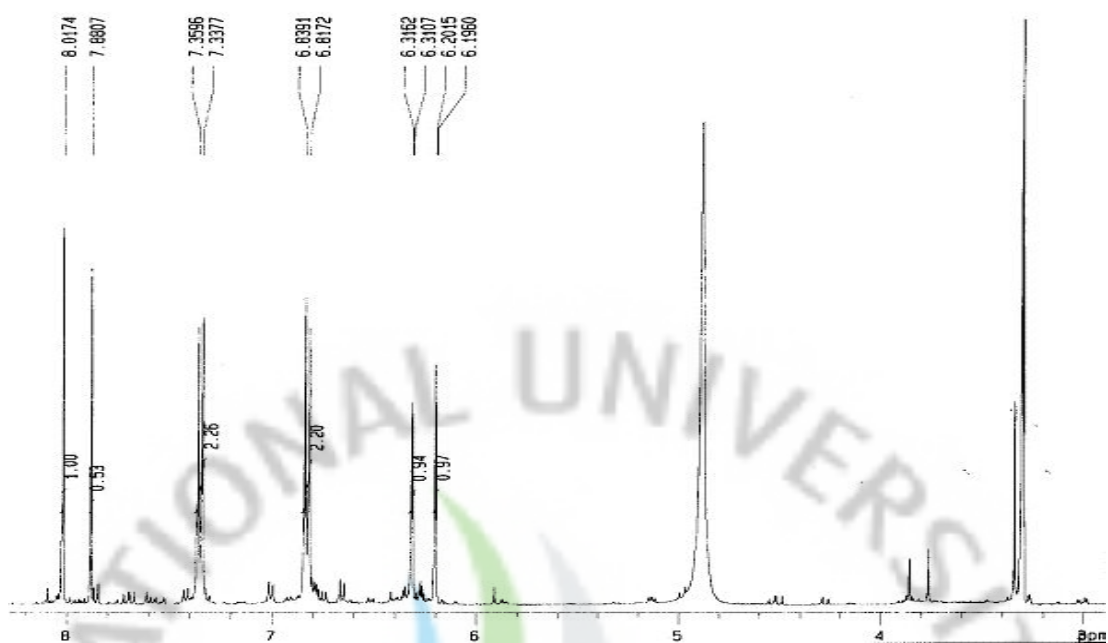


Figure 17. $^1\text{H-NMR}$ spectrum of compound 2 in CD_3OD .

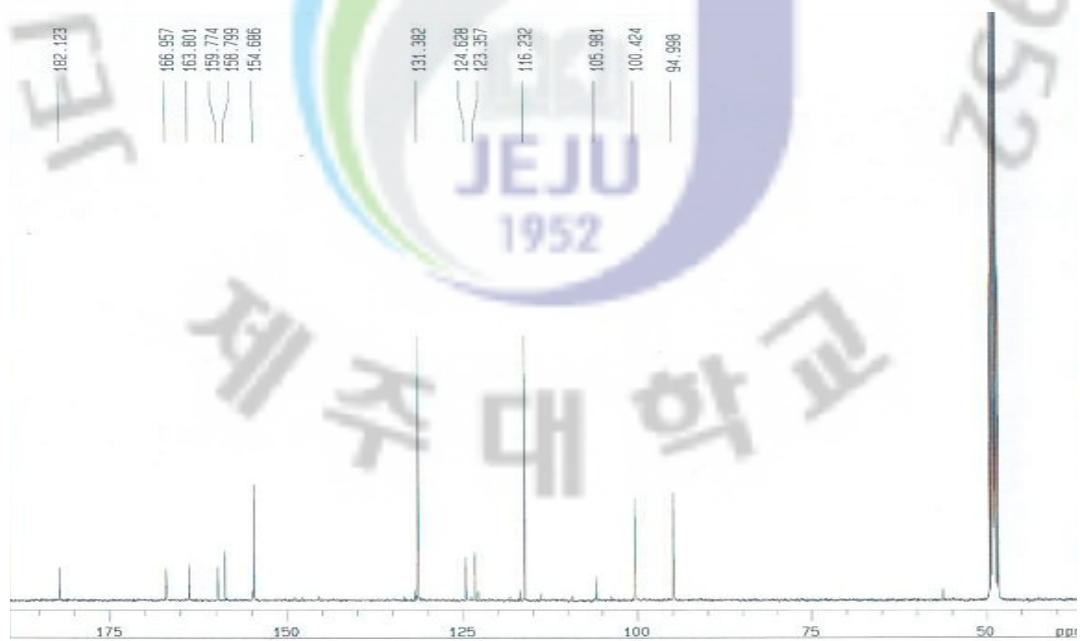


Figure 18. $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum of compound 2 in CD_3OD .

Table 16. NMR spectroscopic data^a for compounds **1** and **2**

| No. | Compound 1 ²⁶⁾ | | Compound 2 ²³⁾ | |
|-----|--|---------------------------|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 2 | 8.02 (1H, s) | 154.6 | 8.03 (1H, s) | 154.7 |
| 3 | | 124.0 | | 124.6 |
| 4 | | 182.2 | | 182.1 |
| 5 | | 154.4 | | 163.8 |
| 6 | | 133.5 | 6.31 (1H, d, 2.2) | 100.1 |
| 7 | | 158.7 | | 166.9 |
| 8 | 6.37 (1H, s) | 95.7 | 6.19 (1H, d, 2.2) | 94.9 |
| 9 | | 155.4 | | 158.8 |
| 10 | | 105.7 | | 105.9 |
| 1' | | 123.5 | | 123.4 |
| 2' | 7.36 (2H, d, 8.7) | 131.4 | 7.36 (2H, d, 8.8) | 131.4 |
| 3' | 6.84 (2H, d, 8.7) | 116.2 | 6.84 (2H, d, 8.8) | 116.2 |
| 4' | | 161.7 | | 159.8 |
| 5' | 6.84 (2H, d, 8.7) | 116.2 | 6.84 (2H, d, 8.7) | 116.2 |
| 6' | 7.36 (2H, d, 8.7) | 131.4 | 7.36 (2H, d, 8.7) | 131.4 |
| 11 | 3.85 (3H, s) | 60.9 | | |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD³OD solution at 400 and 100 MHz, respectively.

3-2-2. Compound 3, 4, 5, 6, 7의 구조 동정

Compound 3, 4, 5, 6, 7의 구조를 확인하기 위하여 $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 400MHz)과 $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 100MHz)을 측정하여 구조를 예측하였고, 문헌과 대조하여 동정하였다. 이들은 각각 7-hydroxy-6,4'-dimethoxyisoflavone인 afromosin²⁸⁾(3), 7-hydroxy-4'-methoxyisoflavone인 formononetin²⁴⁾(4), 7,4'-dihydroxyisoflavone인 daiazein²⁹⁾(5), 6,7,4'-trihydroxyisoflavone인 7-O-methoxyafromosin²⁸⁾(6), 6,7-di hydroxy-4'-methoxyisoflavone인 texasin²⁸⁾(7)으로 동정되었다. Daiazein과 7-O-methoxyafromosin 그리고 Texasin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 물질들이다. 이들 화합물에 대한 NMR spectroscopic data와 구조를 Table 17 - 19, Figure 26에 나타내었다.

Table 17. NMR spectroscopic data^a for compounds **3** and **4**

| No. | Compound 3 ²⁸⁾ | | Compound 4 ²⁴⁾ | |
|-----|--|---------------------------|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 2 | 8.14 (1H, s) | 154.6 | 8.35 (1H, s) | 154.7 |
| 3 | | 125.7 | | 124.6 |
| 4 | | 177.7 | | 182.1 |
| 5 | 7.55 (1H, s) | 105.4 | 7.96 (1H, d, 8.6) | 163.8 |
| 6 | | 148.6 | 6.93 (1H, dd, 2.2, 8.6) | 100.1 |
| 7 | | 154.9 | | 166.9 |
| 8 | 6.92 (1H, s) | 104.0 | 6.86 (1H, d, 2.2) | 94.9 |
| 9 | | 154.4 | | 158.8 |
| 10 | | 117.9 | | 105.9 |
| 1' | | 123.7 | | 123.4 |
| 2' | 7.46 (2H, d, 8.8) | 131.4 | 7.50 (2H, d, 8.8) | 131.4 |
| 3' | 6.97 (2H, d, 8.8) | 114.8 | 6.98 (2H, d, 8.8) | 116.2 |
| 4' | | 161.1 | | 159.8 |
| 5' | 6.97 (2H, d, 8.8) | 116.2 | 6.98 (2H, d, 8.7) | 116.2 |
| 6' | 7.46 (2H, d, 8.8) | 131.4 | 7.50 (2H, d, 8.7) | 131.4 |
| 11 | 3.95 (3H, s) | 56.6 | | |
| 12 | 3.82 (3H, s) | 55.7 | | |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD³OD solution at 400 and 100 MHz, respectively.

Table 18. NMR spectroscopic data^a for compounds **5** and **6**

| No. | Compound 5 ²⁹⁾ | | Compound 6 ²⁸⁾ | |
|-----|--|---------------------------|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 2 | 8.12 (1H, s) | 154.8 | 7.90 (1H, s) | 154.6 |
| 3 | | 126.1 | | 125.2 |
| 4 | | 178.4 | | 176.0 |
| 5 | 8.04 (1H, d, 8.8) | 128.7 | 7.54 (1H, s) | 105.5 |
| 6 | 6.93 (1H, dd, 2.2, 8.8) | 116.6 | | 148.6 |
| 7 | | 164.7 | | 155.1 |
| 8 | 6.83 (1H, d, 2.2) | 103.4 | 6.91 (1H, s) | 100.0 |
| 9 | | 159.9 | | 153.1 |
| 10 | | 118.4 | | 120.1 |
| 1' | | 124.5 | | 125.8 |
| 2' | 7.35 (2H, d, 8.8) | 131.6 | 7.45 (2H, d, 8.6) | 131.4 |
| 3' | 6.84 (2H, d, 8.8) | 116.4 | 6.96 (2H, d, 8.6) | 114.9 |
| 4' | | 159.8 | | 161.2 |
| 5' | 6.84 (2H, d, 8.8) | 116.4 | 6.96 (2H, d, 8.6) | 114.9 |
| 6' | 7.35 (2H, d, 8.8) | 131.6 | 7.45 (2H, d, 8.6) | 131.4 |
| 11 | | | 3.94 (3H, s) | 56.6 |
| 12 | | | 3.81 (3H, s) | 55.7 |
| 13 | | | 3.64 (3H, s) | 51.9 |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD³OD solution at 400 and 100 MHz, respectively.

Table 19. NMR spectroscopic data^a for compounds **7**

| No. | Compound 7 ²⁸⁾ | |
|-----|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 2 | 8.28 (1H, s) | 152.4 |
| 3 | | 122.9 |
| 4 | | 182.1 |
| 5 | 6.94 (1H, s) | 104.6 |
| 6 | | 147.0 |
| 7 | | 151.6 |
| 8 | 7.43 (1H, s) | 102.7 |
| 9 | | 152.9 |
| 10 | | 116.2 |
| 1' | | 122.8 |
| 2' | 7.38 (2H, d, 8.6) | 130.1 |
| 3' | 6.80 (2H, d, 8.6) | 114.9 |
| 4' | | 157.9 |
| 5' | 6.80 (2H, d, 8.6) | 114.9 |
| 6' | 7.38 (2H, d, 8.6) | 130.1 |
| 11 | 3.85 (3H, s) | 55.8 |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD³OD solution at 400 and 100 MHz, respectively.

3-2-3. Compound 8의 구조 동정

Compound 8의 구조를 확인하기 위하여 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 400MHz) 과 $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 100MHz), DEPT를 측정하였고, 2D NMR인 HMBC, HMQC를 측정하였다.

Compound 8에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 19)을 살펴보면, δ 2.79와 δ 3.24에서 2개의 proton이 doublet of doublet으로 각각 나타나는 것으로 보아 methylene기가 있음을 예측할 수 있었다. δ 5.90~5.92(1H, m)에서 1개의 proton이 확인되는 것으로 보아 methin기가 있다는 것을 예측할 수 있었다. C-ring의 H-2', 6' 및 H-3', 5'은 각각 δ 6.84(2H, d, $J=8.6$ Hz), δ 6.60(2H, d, $J=8.6$ Hz)에서 ortho coupling을 하고 대칭을 이루고 있음이 관찰되었다. δ 6.4 ~ 7.3에서 signal이 있는 것으로 보아 aromatic ring이 있음을 알 수 있었고, 적분값으로 보아 8개의 proton이 있음을 예측할 수 있었다. Isoflavone의 특성 peak는 나타나지 않았다.

Compound 8에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 20)에서 16개의 carbon signal이 관찰되었고, δ 177.3에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었다. 또한 carbon peak의 적분값으로 보아 δ 131.9와 115.9에서 대칭이 되는 carbon이 있음을 알 수 있었으며, chemical shift 값이 δ 100 ~ 170 영역인 것으로 보아 aromatic ring이 있음을 알 수 있었다. δ 85.9에서 signal이 나타나는 것으로 보아 methin기가 있음을 예측할 수 있었고, δ 39.8에서 나타나는 signal은 $^{135^\circ}$ DEPT(Figure 21) 측정 결과 methylene기가 있음을 확인하였다.

Aromatic ring과 methin기 그리고, methylene기의 연결고리를 확인하기 위하여 HMBC를 측정한 결과, H-12a(δ 2.79)와 C-11(δ 85.9), C-1'(δ 127.8) and C-6'(δ 115.9)로의 상호작용을 확인할 수 있었다. 또한 H-12b(δ 3.24)와 C-6'(δ 115.9) 사이의 상호작용과 H-11(δ 5.90~5.92)과 C-3(δ 112.6) 사이의 상호작용을 확인하였다(Figure 22).

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 8은 B-ring과 C-ring 사이에 $-\text{CHCH}_2-$ 가 연결되어 있는 bishomoflavone인 mirkoin³⁰⁾(Figure 22)으로 구조 동정 되었고(Table 20), Mirkoin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 화합물이다.

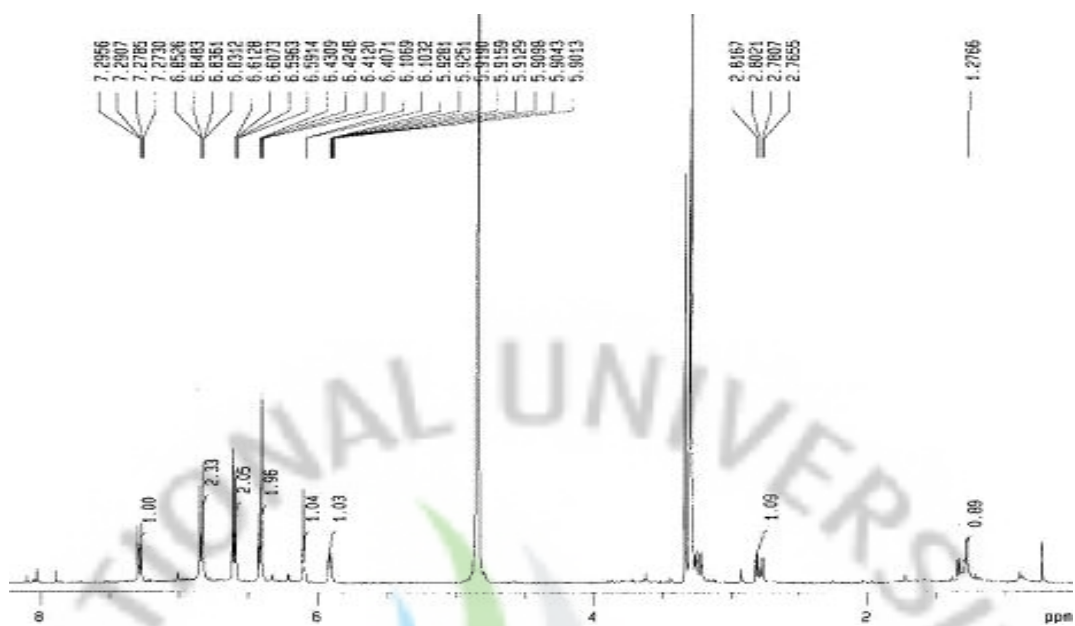


Figure 19. ^1H -NMR spectrum of compound **8** in CD_3OD .

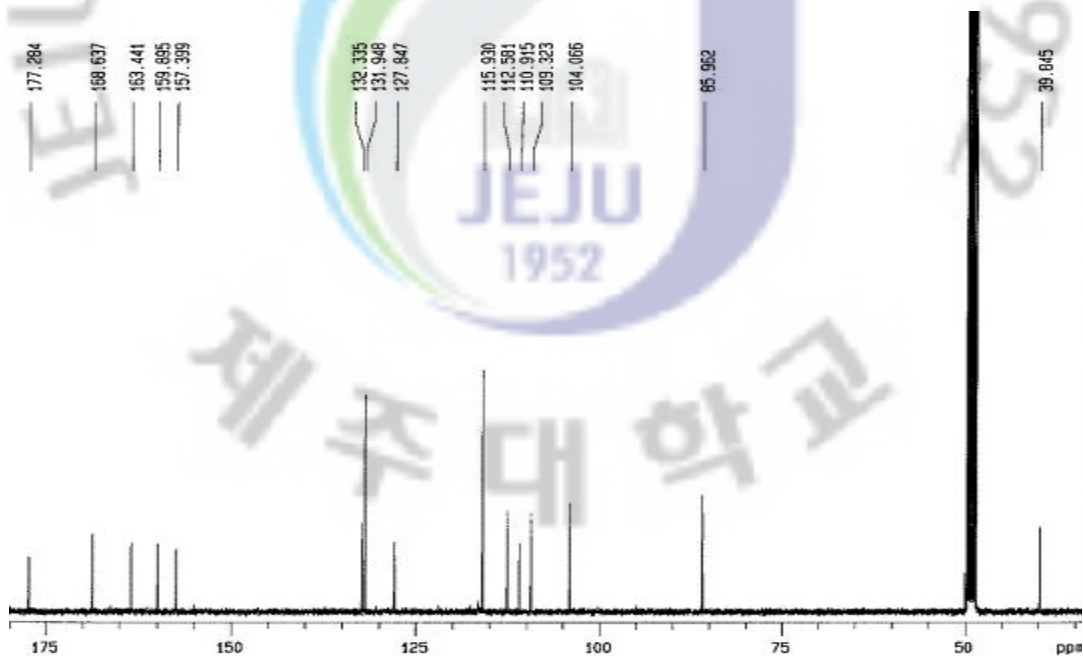


Figure 20. ^{13}C -NMR spectrum of compound **8** in CD_3OD .

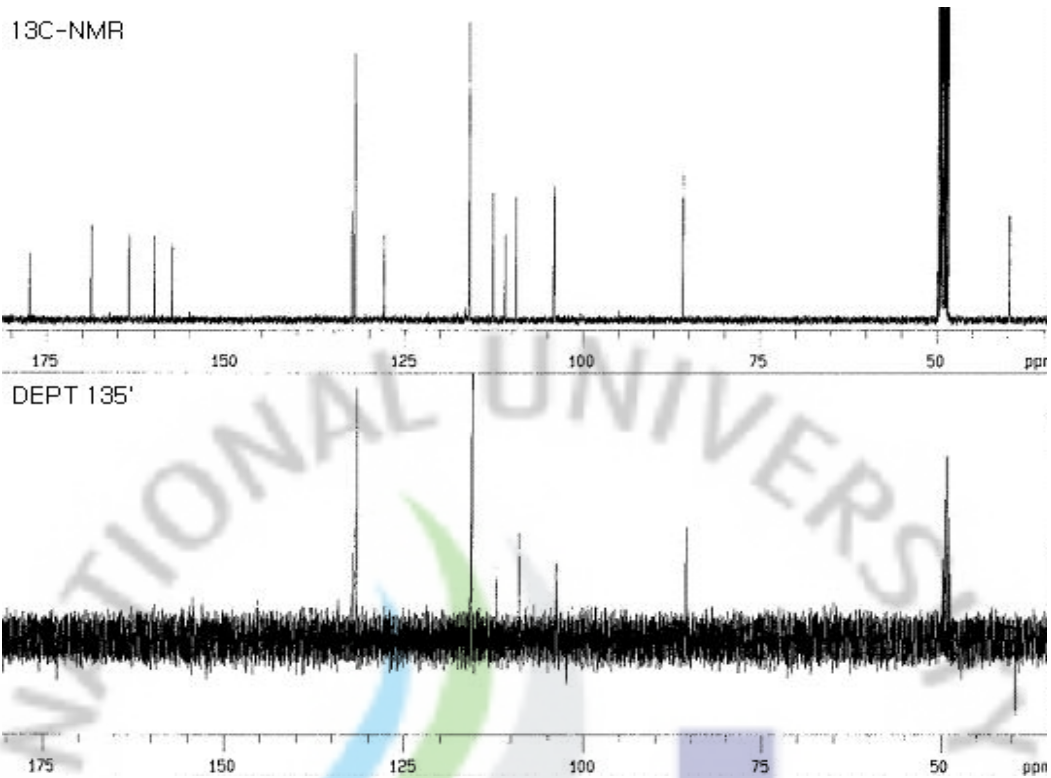


Figure 21. 135° DEPT spectrum of compound 8 in CD₃OD.

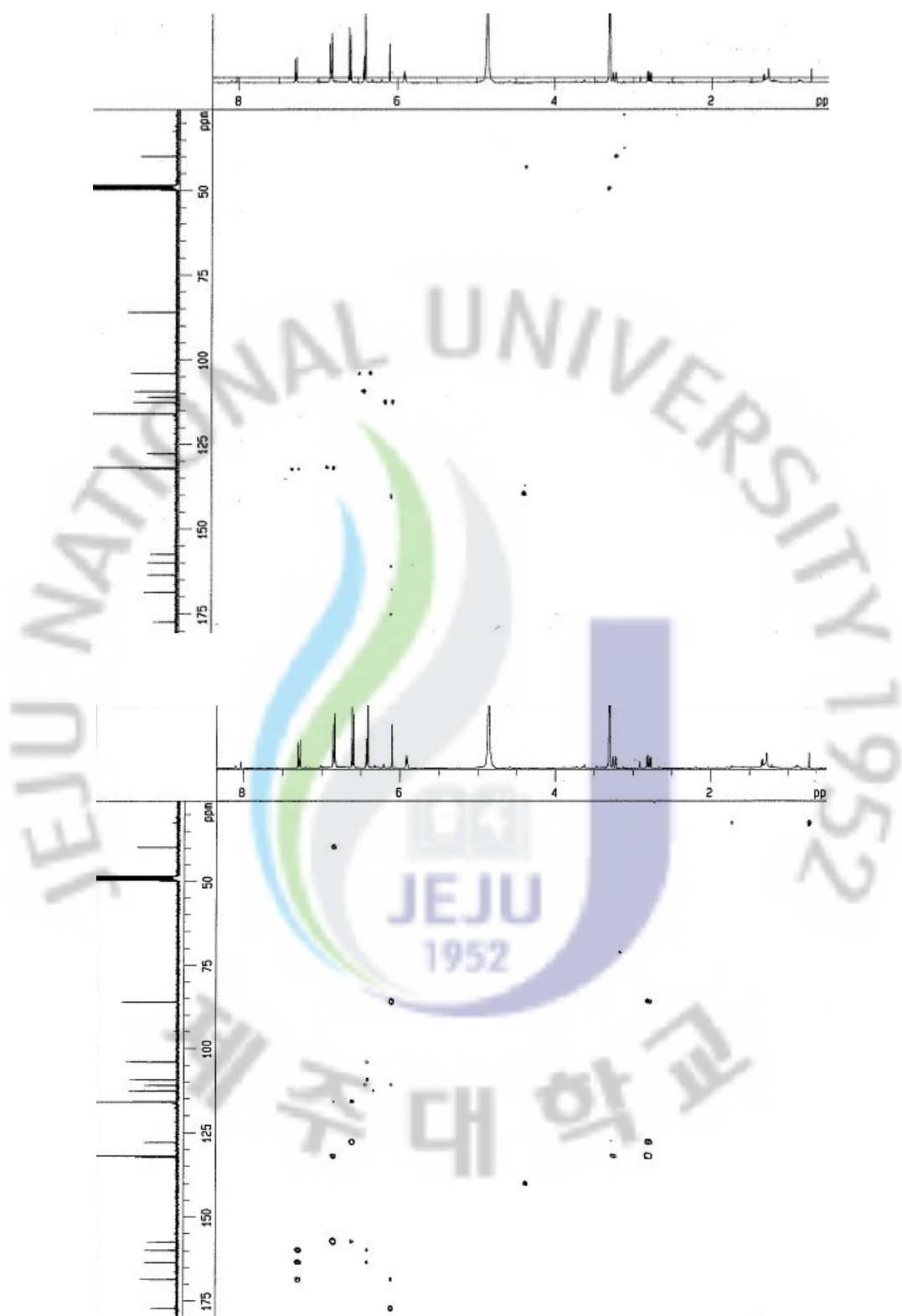


Figure 22. HMQC(up) and HMBC(under) spectrum of compound 8 in CD₃OD.

Table 20. NMR spectroscopic data^a for compound **8**

| No. | Compound 8 ³⁰⁾ | | |
|-----|--|---------------------------|------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | HMBC (H→C) |
| 2 | | 168.6 | |
| 3 | 6.11 (1H, s) | 112.6 | |
| 4 | | 177.3 | |
| 5 | 7.28 (1H, d, 9.3) | 132.3 | C-2, C-7, C-10 |
| 6 | 6.41 (1H, dd, 2.2, 9.3) | 109.3 | |
| 7 | | 159.9 | |
| 8 | 6.43 (1H, d, 2.2) | 104.1 | |
| 9 | | 163.4 | |
| 10 | | 110.9 | |
| 1' | | 127.8 | |
| 2' | 6.84 (2H, d, 8.6) | 131.9 | |
| 3' | 6.60 (2H, d, 8.6) | 115.9 | C-1' |
| 4' | | 157.4 | |
| 5' | 6.60 (2H, d, 8.6) | 115.9 | |
| 6' | 6.84 (2H, d, 8.6) | 131.9 | C-4' |
| 11 | 5.90~5.92 (1H, m) | 85.9 | C-3 |
| 12a | 2.79 (1H, dd, 5.6, 14.9) | 39.8 | C-11, C-1', C-6' |
| 12b | 3.24 (1H, dd, 3.4, 14.9) | 39.8 | C-6' |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD₃OD solution at 400 and 100 MHz, respectively. Assignments were based upon HMQC, HMBC experiments.

3-2-4. Compound 9의 구조 동정

Compound 9의 구조를 확인하기 위하여 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 400MHz) 과 $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 100MHz), DEPT를 측정하였고, 2D NMR인 HMBC를 측정하였다.

Compound 9에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 23)을 살펴보면, δ 3.93와 δ 4.01에서 6개의 proton이 singlet으로 각각 나타나는 것으로 보아 2개의 methoxy기가 있음을 예측할 수 있었다. δ 6.92에서 1개의 proton doublet으로 나타나는 signal으로 보아 aromatic ring에 있는 methin기가 있다는 것을 예측할 수 있었다. δ 6.98(1H, s), δ 7.11(1H, dd, $J=2.2, 8.3$ Hz), δ 7.13(1H, d, $J=2.2, \text{Hz}$), δ 7.66(1H, s)에서 signal들이 있는 것으로 보아 aromatic ring에 있는 proton들이 있음을 예측할 수 있었다. δ 7.93(1H, s)에서 나타나는 signal은 isoflavone의 특성 peak로 확인되었고, compound 1-7에서 나타났던 것과 같은 C-ring에서의 대칭 구조는 나타나지 않았다.

Compound 9에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 24)에서 17개의 carbon signal이 관찰되었고, δ 175.7에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었다. Chemical shift 값이 δ 100 ~ 170 영역인 것으로 보아 aromatic ring이 있음을 알 수 있었다. δ 56.5와 δ 56.0에서 나타나는 signal은 methoxy기임을 확인하였다. proton spectrum에서처럼 대칭을 이루는 것으로 보이는 peak는 보이지 않았다.

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 9는 2개의 -OH기와 2개의 -OCH₃가 결합되어 있는 것으로 예측된다. 결합되어 있는 carbon의 위치는 C-6, C-7, C-4', C-5'으로 예측되나, 각각의 작용기들의 정확한 결합위치를 확인할 수가 없었다. Aromatic ring과 이들 작용기들의 연결고리를 확인하기 위하여 HMBC(Figure 25)를 측정한 결과, H-11(δ 3.93)와 C-6(δ 145.4)로의 상호작용을 확인할 수 있었고, H-8(δ 6.98)와 C-6(δ 145.4) 그리고 C-10(δ 117.9) 사이의 상호작용을 확인할 수 있었다. 또한 H-12(δ 4.01)과 C-4'(δ 146.6) 사이의 상호작용을 확인하였다.

$^1\text{H-NMR}$, $^{13}\text{C-NMR}$, HMBC spectrum 확인 결과, compound 9는 C-7과 C-5'

에 2개의 -OH가 결합되어 있고, C-6과 C-4'에 2개의 -OCH₃가 결합되어 있는 7,5'-dihydroxy-6,4'-dimethoxyisoflavon, 즉 odoratin³¹⁾(Figur 26)으로 구조 동정되었다(Table 21). Odoratin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 화합물이다.



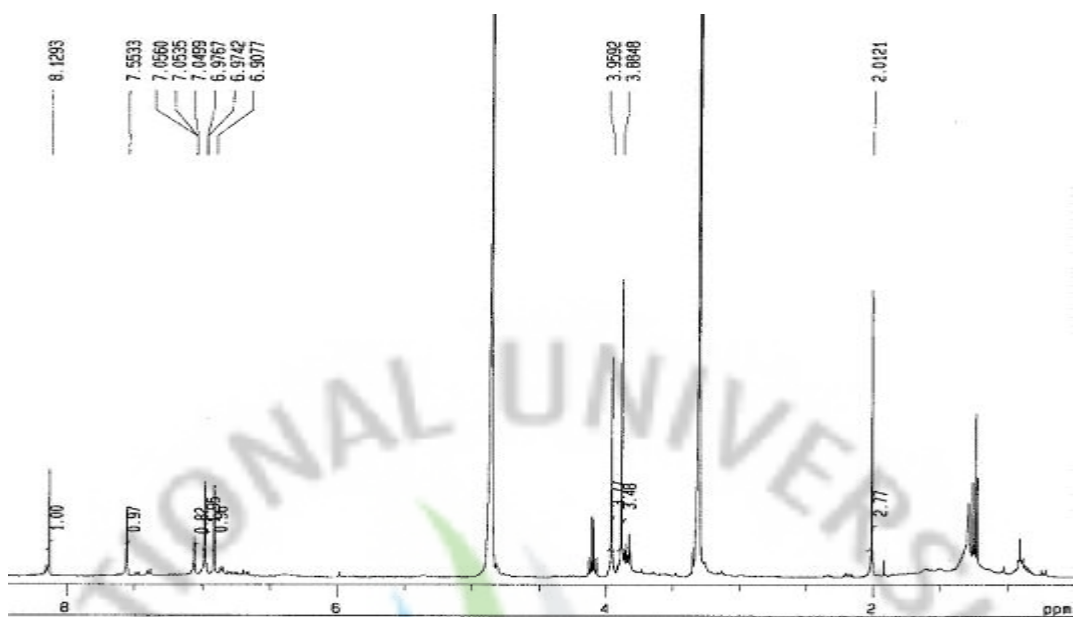


Figure 23. ^1H -NMR spectrum of compound **9** in CD_3OD .

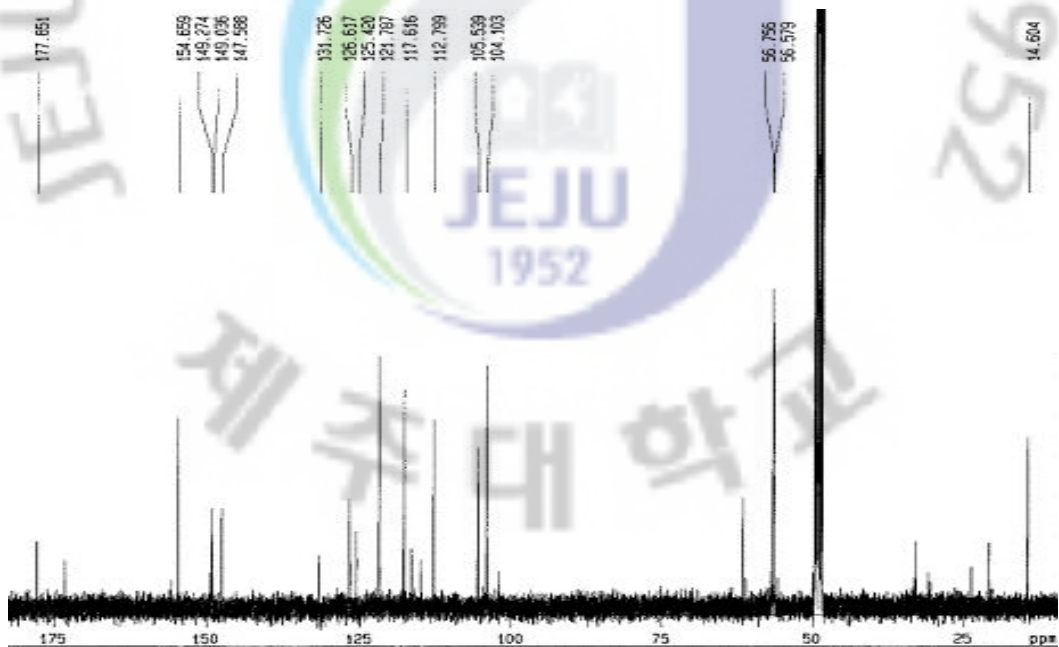


Figure 24. ^{13}C -NMR spectrum of compound **9** in CD_3OD .

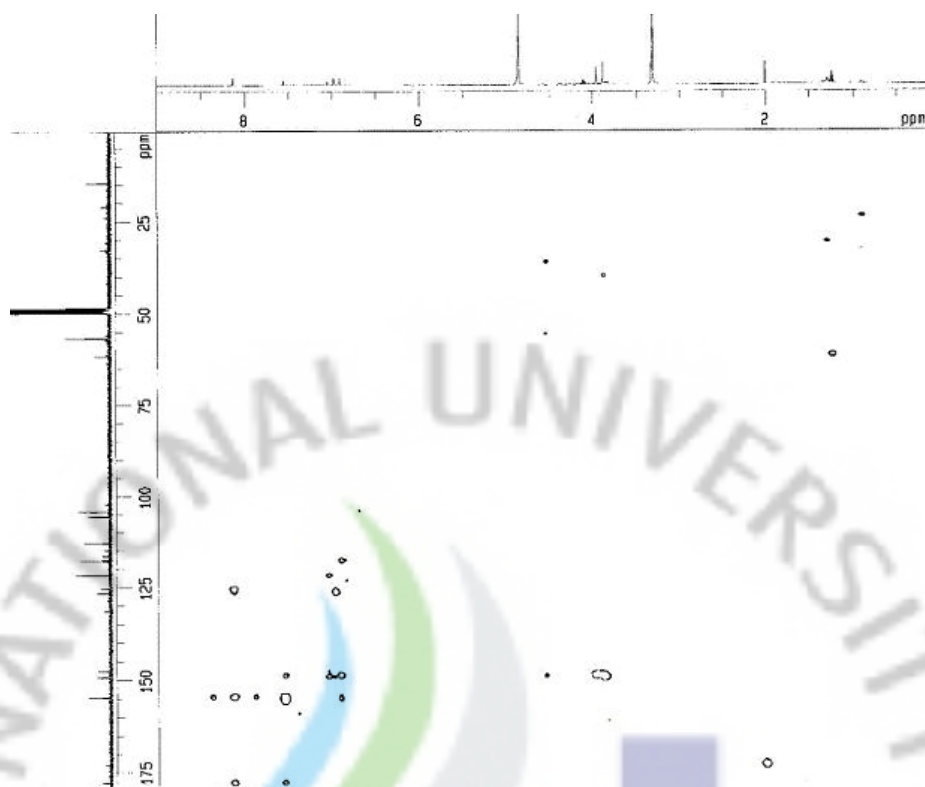


Figure 25. HMBC spectrum of compound 9 in CD₃OD.

Table 21. NMR spectroscopic data^a for compound **9**

| No. | Compound 9 ³¹⁾ | | |
|-----|--|---------------------------|------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | HMBC (H→C) |
| 2 | 7.93 (1H, s) | 152.3 | C-1' |
| 3 | | 124.2 | |
| 4 | | 175.7 | |
| 5 | 7.66 (1H, s) | 104.8 | C-4 |
| 6 | | 145.4 | |
| 7 | | 151.3 | |
| 8 | 6.98 (1H, s) | 102.6 | C-6, C-10 |
| 9 | | 152.5 | |
| 10 | | 117.9 | |
| 1' | | 125.4 | |
| 2' | 7.11 (1H, dd, 2.2, 8.3) | 121.0 | |
| 3' | 6.92 (1H, d, 2.2) | 110.6 | C-1', C-5' |
| 4' | | 146.6 | |
| 5' | | 145.5 | |
| 6' | 7.13 (1H, d, 2.2) | 115.2 | |
| 11 | 3.93 (3H, s) | 56.5 | C-6 |
| 12 | 4.01 (3H, s) | 56.0 | C-4' |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CD₃OD solution at 400 and 100 MHz, respectively. Assignments were based upon HMQC, HMBC experiments.

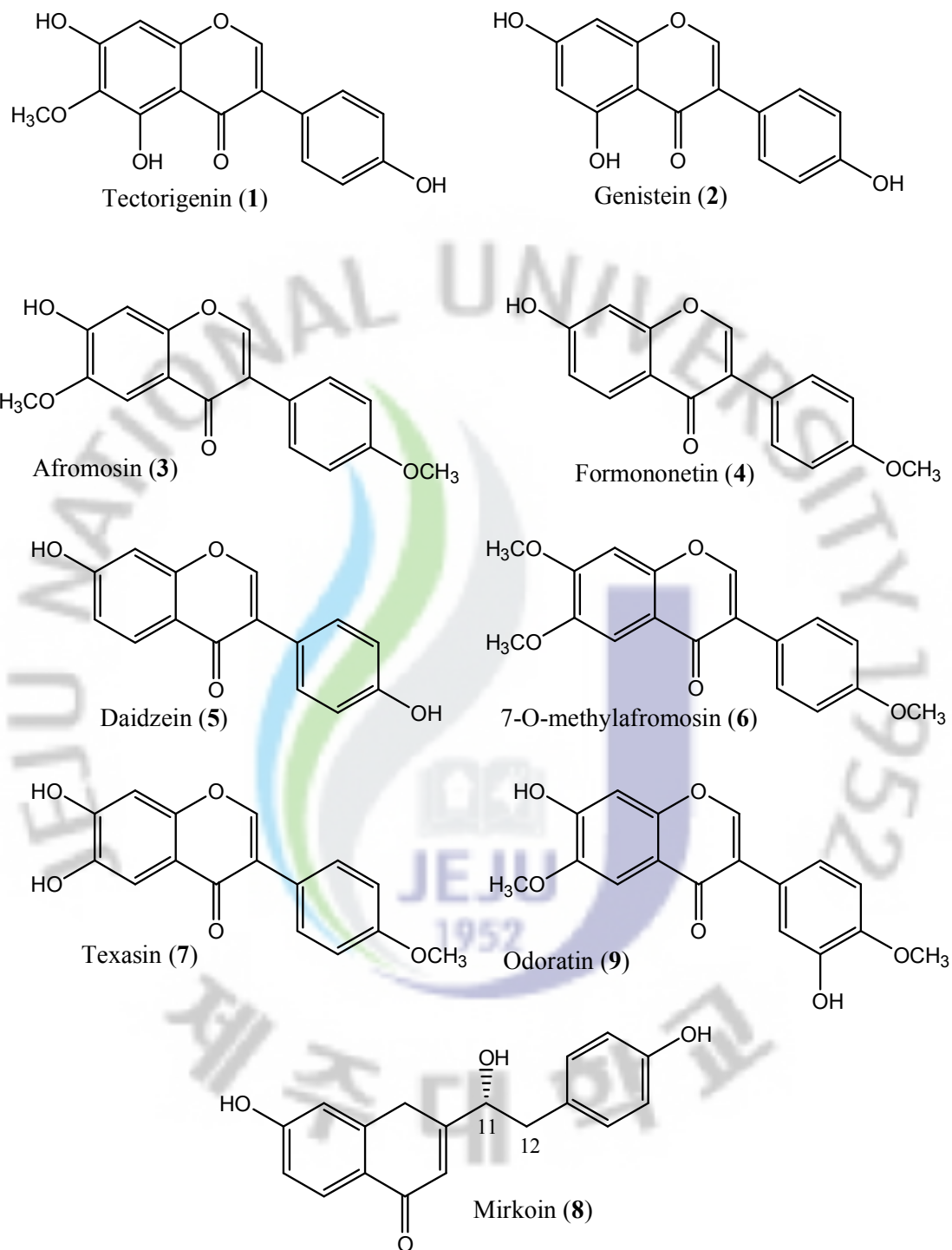


Figure 26. Structures of isolated compounds form *M. fauriei* branch.

3-3. 활성결과

3-3-1. 1-9의 화합물들의 활성 결과

솔비나무 가지로부터 분리·동정한 7개의 화합물, 즉, tectorigenin, genistein, afromosin, formononetin, daiazein, 7-O-methoxy-afromosin, texasin, mirkoin, ordoratin 들에 대하여 tyrosinase 저해 활성을 측정된 결과를 Figure 27와 Table 23에 나타내었다. 이 화합물들 중 tectorigenin, genistein, daiazein, mirkoin은 대조군으로 사용한 arbutin(IC_{50} 64.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 보다 우수한 활성을 보였다. 또한 tectorigenin, mirkoin은 미백제로 잘 알려진 kojic acid(IC_{50} 6.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$)와 비교했을 때 거의 유사하거나 우수한 활성을 보였다.

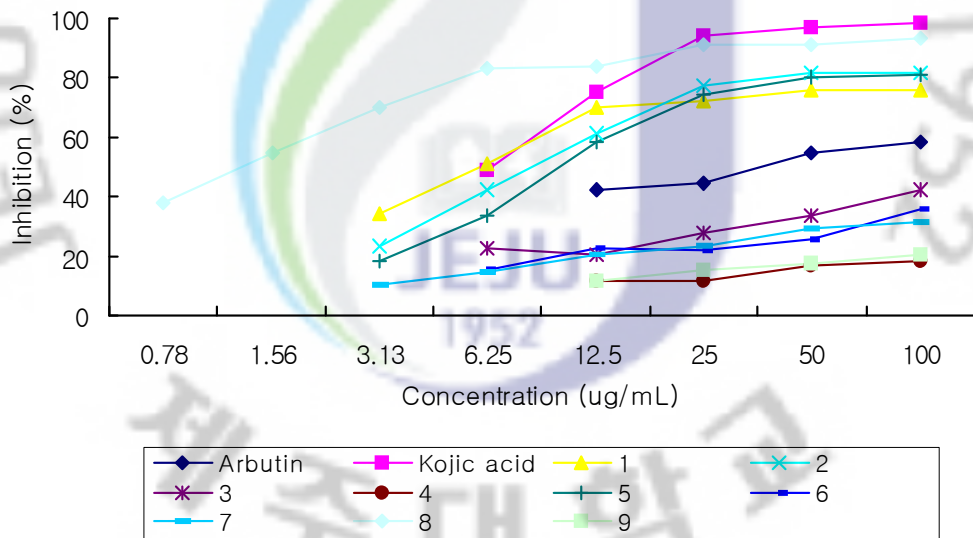


Figure 27. Results of tyrosinase inhibition test for isolated compounds from *M. fauriei* branch.

Table 23. IC₅₀ value of isolated compounds from *M. faruiei* branch

| Compounds | IC ₅₀ | |
|----------------------|----------------------|-------|
| | ($\mu\text{g/mL}$) | mM |
| Tectorigenin | 6.1 | 0.020 |
| Genistein | 8.9 | 0.033 |
| Afromosin | 117.8 | 0.395 |
| Formononetin | 206.3 | 0.770 |
| Daidzein | 10.4 | 0.041 |
| 7-O-methoxyafromosin | 164.6 | 0.527 |
| Texasin | 137.2 | 0.480 |
| Mirkoin | 1.4 | 0.005 |
| Ordoratin | 229.1 | 0.729 |
| Arbutin | 64.8 | 0.238 |
| Kojic acid | 6.2 | 0.045 |

3-3-2. Compound 8의 효소 저해 작용 측정

Compound 8(mirkoin)의 농도와 기질인 tyrosine의 농도를 변화시키면서 흡광도를 측정하였고, 얻어진 결과를 이용하여 시간에 대한 흡광도 값인 속도(v)를 계산하였다. Tyrosine의 농도를 x축으로 하고, 속도를 y축으로 하여 얻어진 그래프를 Figure 24에 나타내었다. Tyrosine의 농도가 증가함에 따라 mirkoin의 속도도 농도 의존적으로 증가함을 알 수 있다. 그리고, 그래프의 연장선을 그려 보면 최고 속도(V_{\max})를 알 수 있다. 또한, mirkoin의 농도가 증가할수록 속도가 감소하고 있음을 확인 할 수 있다. 이는 기질과 효소와 작용을 하는 속도가 느려짐을 의미하고 그 과정에 mirkoin이 작용하고 있음을 예상할 수 있다.

Mirkoin이 기질과 효소가 반응하는 과정에서 기질과 경쟁적으로 저해하는지의 여부를 확인하여 위하여 Lineweaver-Burk 이중 역수 함수그림표를 그려 보

았다. 위 Figure 28의 x와 y축의 값에 대하여 각각을 역수를 취하면 직선을 얻을 수 있다(Figure 29).

일반적인 효소 반응계를 보면, 저해제 I(mirkoin)는 기질 S(tyrosine)와 마찬가지로 효소의 같은 자리에 가역적(reversibly)으로 결합한다. 따라서, S-결합과 I-결합은 서로 배타적인 경쟁적 과정이다. 이 조건으로부터 S와 I가 효소의 같은 자리에 결합하므로, 이들 S와 I가 많은 부분 구조적인 유사성을 가질 것을 예상할 수 있다. 또한 V_{max} 가 I에 의해 영향을 받지 않아, 모든 직선들이 공통의 y축 절편을 가진다. 이 기준은 또한 두 물질이 같은 자리에 결합한다는 가장 좋은 실험적인 증거가 되는 것이며, 이 때의 경쟁저해제는 기질과 구조적으로 유사하다고 할 수 있다.³²⁾



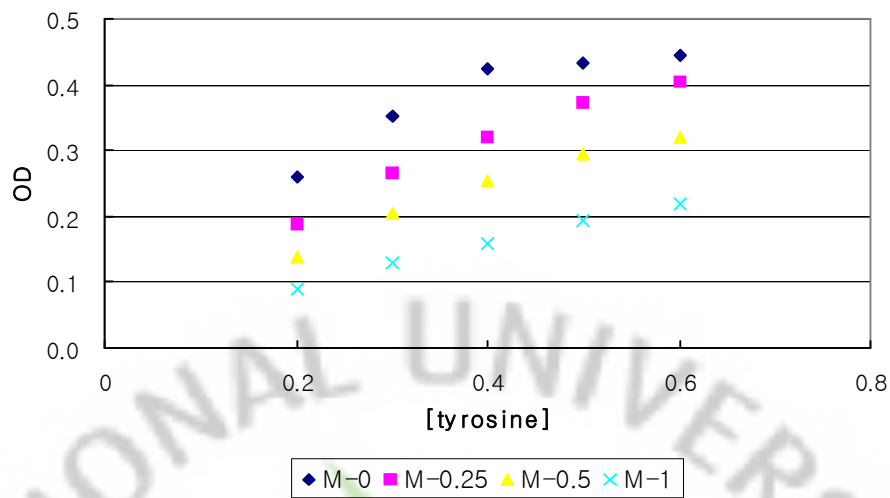


Figure 28. Results of tyrosinase inhibition test for isolated compound 8.

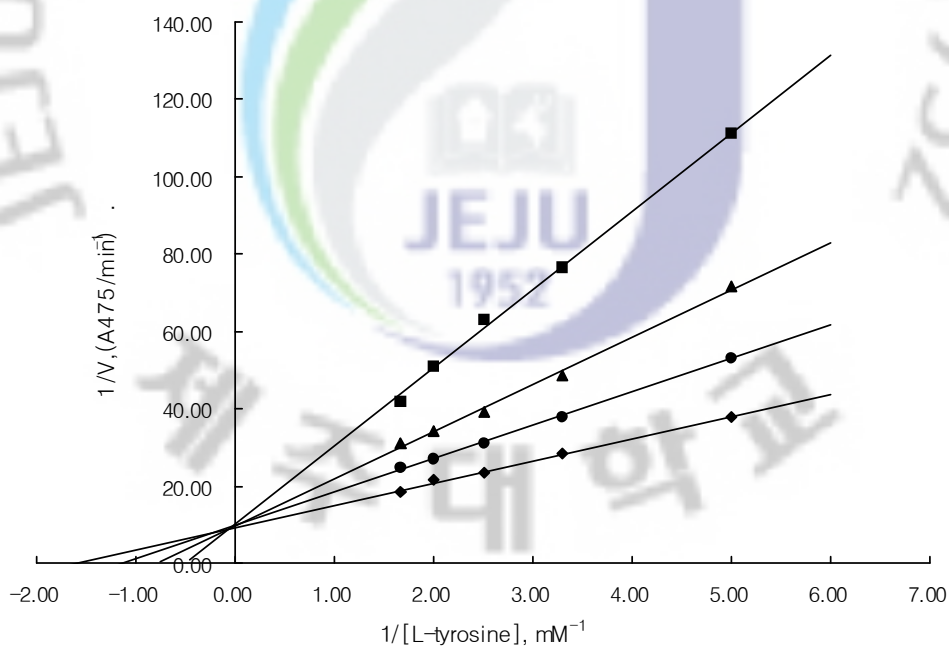


Figure 29. Lineweaver-Burk plots of mushroom tyrosinase and L-tyrosine without (◆) and with mirkoin (●) 0.25 μg/ml, (▲) 0.5 μg/ml, and (■) 1 μg/ml

4. 결론

M. fauriei 가지로부터 tectorigenin, genistein, afromosin, formononetin, daiazein, 7-O-methoxy-afromosin, texasin, mirkoin, ordoratin의 총 9개의 화합물이 분리·동정되었다. 분리된 tectorigenin과 daiazein, 7-O-methoxy-afromosin, texasin, mirkoin 그리고, odoratin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 물질이다. 분리된 화합물들은 mushroom tyrosinase 활성 검색을 하였고, 그 결과 tectorigenin(IC₅₀ 6.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$), genistein(IC₅₀ 8.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$), daiazein(IC₅₀ 10.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$), mirkoin(IC₅₀ 1.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$)은 대조군으로 사용한 arbutin(IC₅₀ 64.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 보다 우수한 활성을 보였다. 또한 tectorigenin, mirkoin은 미백제로 잘 알려진 kojic acid(IC₅₀: 6.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$)와 비교했을 때 거의 유사하거나 우수한 활성을 보였다. 이러한 결과는 분리된 화합물들의 구조와 연관이 있는 것으로 여겨진다. 즉, formononetin과 daiazein의 경우, 두 화합물 모두 isoflavon 골격에 A-ring의 C-7에 -OH기가 결합되어 있고, B-ring의 C-4'에 formononetin은 -OCH₃기가 결합되어 있고 daidzein은 -OH기가 결합되어 있다. 이런 차이로 인해 IC₅₀ 값은 각각 206.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 10.4 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 daidzein의 활성이 우수한 것을 알 수 있다. Tectorigenin은 A-ring의 C-5과 C-7, C-ring의 C-4'에 3개의 -OH기가 결합되어 있고, C-6에 -OCH₃기가 결합되어 있다. Texasin인 경우에는 A-ring의 C-6과 C-7에 2개의 -OH기가 결합되어 있다(Figure 30). 그러나, IC₅₀ 값은 각각 6.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 137.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 큰 차이를 보이는 것을 확인 할 수 있다. 이 결과로 보아 활성에 영향을 주는 것은 A-ring이 아니라 B-ring이라는 것을 알 수 있고, 특히 C-4' 위치에 결합되어 있는 작용기에 따라 활성이 달라진다는 것을 알 수 있다. 이는 C-ring과 B-ring 사이에 전자가 풍부하여 미백 활성을 일으키는 메카니즘 과정에서 멜라닌 형성에 관여하는 tyrosinase의 Cu(III)와 친전자반응을 일으켜 쉽게 킬레이트 되기 때문이라고 여겨진다(Figure 31).³³⁾

Mirkoin의 경우, IC₅₀ 값이 1.4 μg/mL로 가장 우수한 활성을 보이는데 이는 B-ring과 C-ring 사이의 bishomo 형태의 구조와 B-ring으로 이어지는 구조가 L-tyrosin의 구조와 흡사하여 경쟁 반응을 일으키는 것이라고 여겨진다(Figure 32). 화합물의 구조와 미백 효과와의 메카니즘 측면에서의 접근은 앞으로 더욱 연구되어야 할 사항이라고 여겨진다.

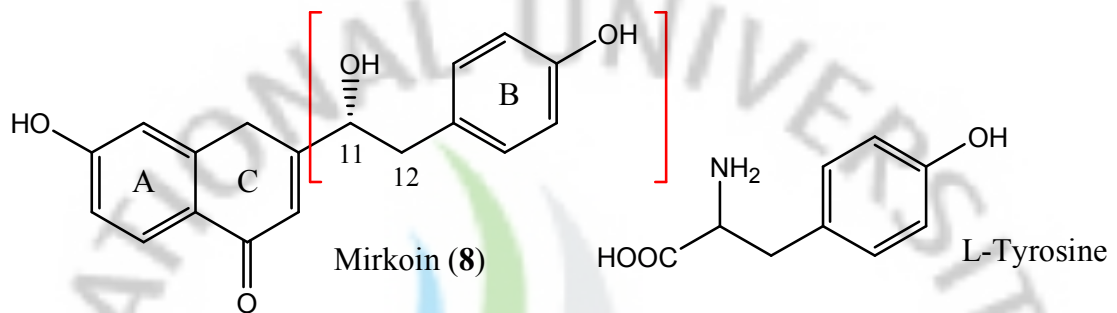


Figure 32. Relation of Mirkoin and L-tyrosine.

M. fauriei 가지의 70% ethanol 추출물에서 tyrosinase 저해 활성이 높게 나왔고, 용매 분획물들의 활성 측정 결과 ethyl acetate fraction의 활성이 높게 나타났다. 이 분획물을 가지고 유효 성분 분리를 한 결과, 9개의 화합물을 분리하였다. 그 중 6개의 화합물, 즉, tectorigenin, daiazein, 7-O-methoxyafromosin, texasin, mirkoin, odoratin 들은 *M. fauriei* 가지로부터는 처음으로 분리된 화합물들이다. 이들 화합물들에 대한 활성 검색을 한 결과, 4개의 화합물, 즉, tectorigenin, genistein, daiazein, mirkoin은 우수한 활성을 보였다. 특히 mirkoin인 경우, tyrosine과 경쟁적으로 저해하고 있다는 것을 확인 하였다. 이들 결과를 바탕으로 했을 때, *M. fauriei* 가지는 기능성 화장품 소재로 사용 가능성이 있다는 것을 확인 하였다.

V. 과제 3 : 감태로부터 유효성분 분리 및 동정

1. 재료

감태(*Ecklonia cava*)는 식용 해조류로 갈조식물 다시마목(Laminariales) 미역과 (Alariaceae)의 식물로 주로 우리나라 남해안과 제주연안, 일본에 서식하고 있다 (Figure 33). 길이는 1~2m 이며 줄기는 원기둥 모양이고 밑동은 뿌리 모양이다. 가운데 부분은 굵고 어릴 때는 속이 차 있으나 다 자란 뒤에는 속이 비기도 한다. 줄기 끝에는 곁잎 조각을 가진 납작한 1개의 가운데뿔 잎이 달린다. 이 잎은 길이 1m 정도이고 갈색이지만 말리면 검은빛이 된다. 주로 전복, 소라 등의 먹이가 되며 알긴산이나 요오드·칼륨을 만드는 주요 원료로 사용 되고 있다.³⁴⁾

감태의 생리활성 물질은 phlorotannin이며 이들에 대한 생리활성은 HIV-1 역전사효소 저해활성,³⁵⁾ xanthin oxidase 저해활성,³⁶⁾ tyrosinase 활성억제효과,^{37,38)} elastase 활성억제효과,³⁹⁾ 혈전생성 저해활성,⁴⁰⁾ 항산화활성,^{41,42)} 심혈관 보호효과,⁴³⁾ 항바이러스 활성³⁵⁾ 등의 결과들이 연구 보고된 바 있다.

본 연구에서는 감태로부터 phlorotannin을 컬럼 크로마토그래피를 통하여 분리 동정하였고 분리 보고되어지지 않았던 물질을 분리하였다.

본 실험에 사용된 감태는 제주특별자치도 제주시 구좌읍 하도리에서 채집하였고 실내에서 통풍 건조한 후 분쇄기로 갈아 분말 상태로 사용하였다.



Figure 33. Photograph of *Ecklonia cava*.

감태로부터 분리·보고되어 알려진 화합물들은 phlorotannin A, eckol, phlorofucofuceckol A, 8,8'-bieckol, 6,6'-bieckol phloroeckol 등과 이외에도 몇 가지들이 알려져 있다(Figure 34).³⁴⁾

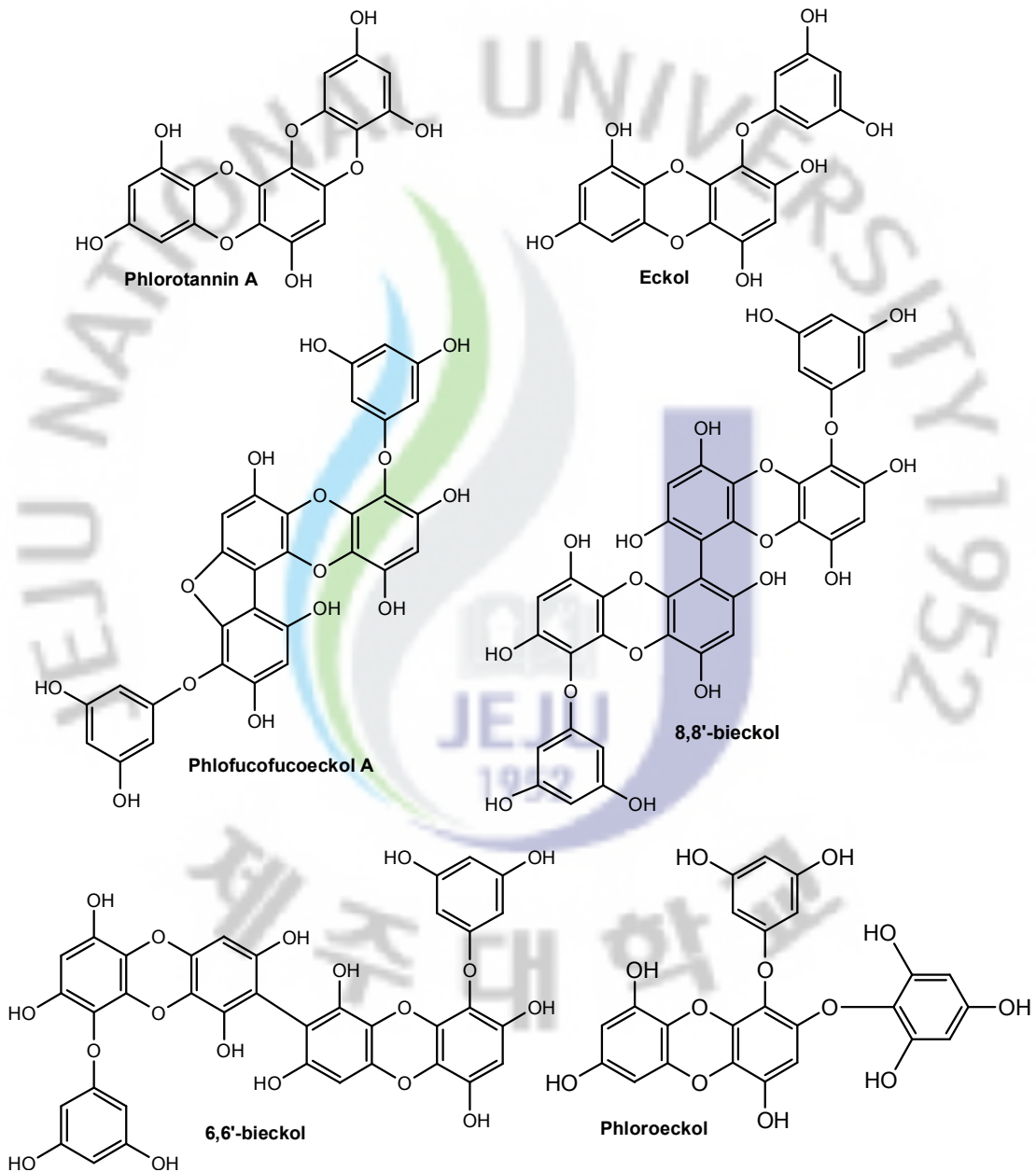


Figure 34. Structures of isolated Phlorotannins from *E. cava*.

2. 실험방법

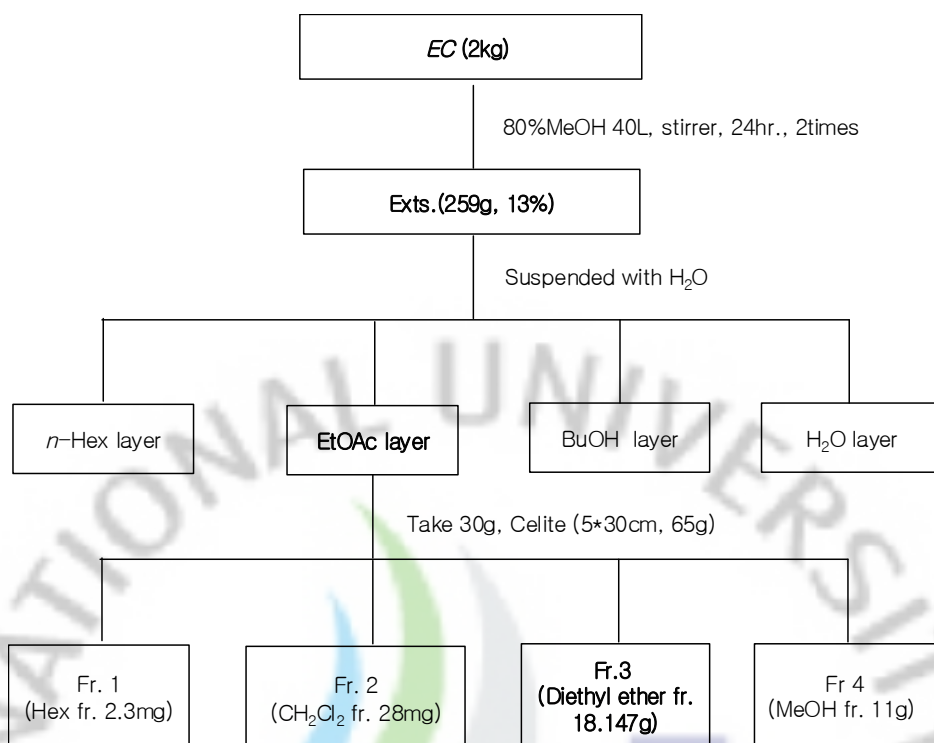
2-1. 시료의 추출 및 유효성분 분리

2-1-1. 추출물 및 용매분획

감태 건조 분말 2000 g을 80% methanol 40 L에 침적하고 실온에서 24시간동안 교반하여 침출시켰다. 침출시킨 시료를 감압여과 장치를 통하여 여액을 취하여 농축 하였으며, 잔사는 동일한 조건으로 2회 반복하였다. 이 과정을 통하여 80% methanol 추출물 259 g(13% yield)을 얻었다. 얻어진 추출물을 증류수 1L에 현탁시키고 분별 깔대기에서 hexane, ethyl acetate를 사용하여 용매분획을 하여 각각 6.3158 g(2.44 %), 30.8596 g(11.91 %) 씩 분획물 층을 얻었다.

2-1-2. Celite column chromatography에 의한 분리

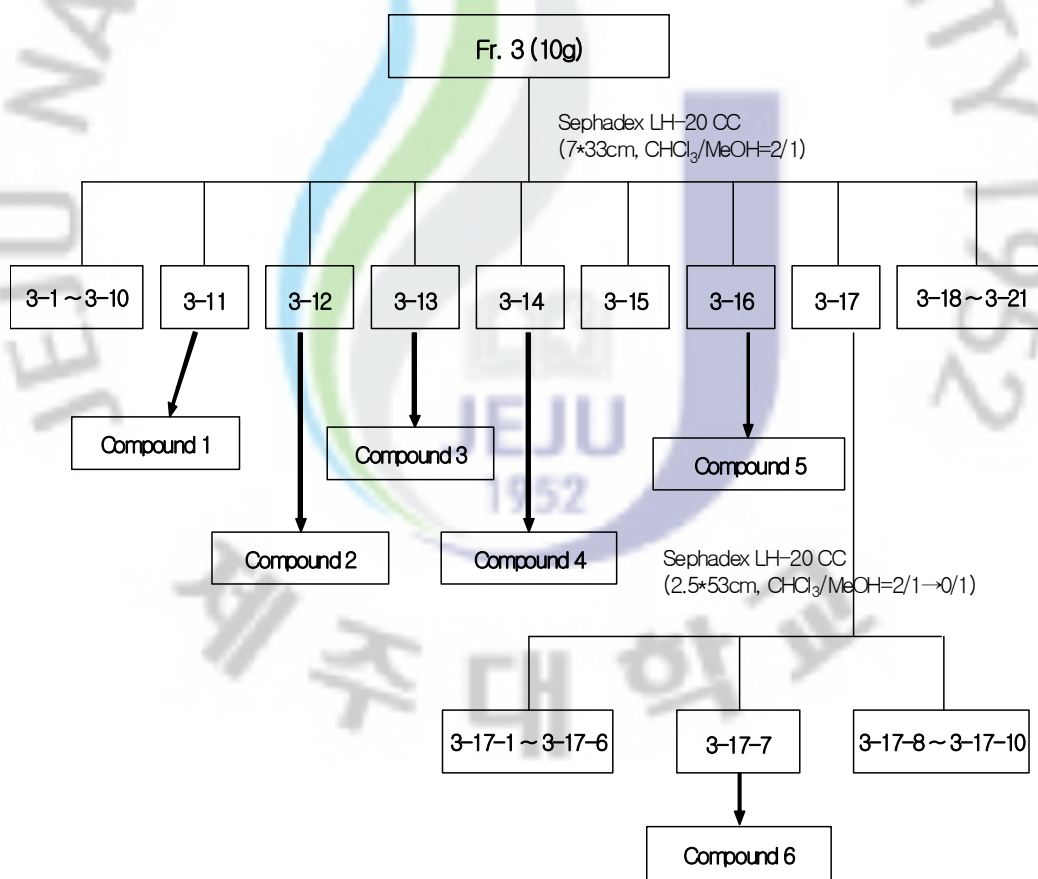
용매분획 하여 얻어진 ethyl acetate 분획 30g을 가지고 Celite를 충전한 glass column을 이용하여 분리 하였다. 용출 용매는 hexane, dichloromethane, diethyl ether, methanol을 사용하여 각각 4개의 분획을 얻었다(Scheme 7).



Scheme 7. Isolation by celite column chromatography from *E. cava*

2-1-3. Phlorotannin의 분리

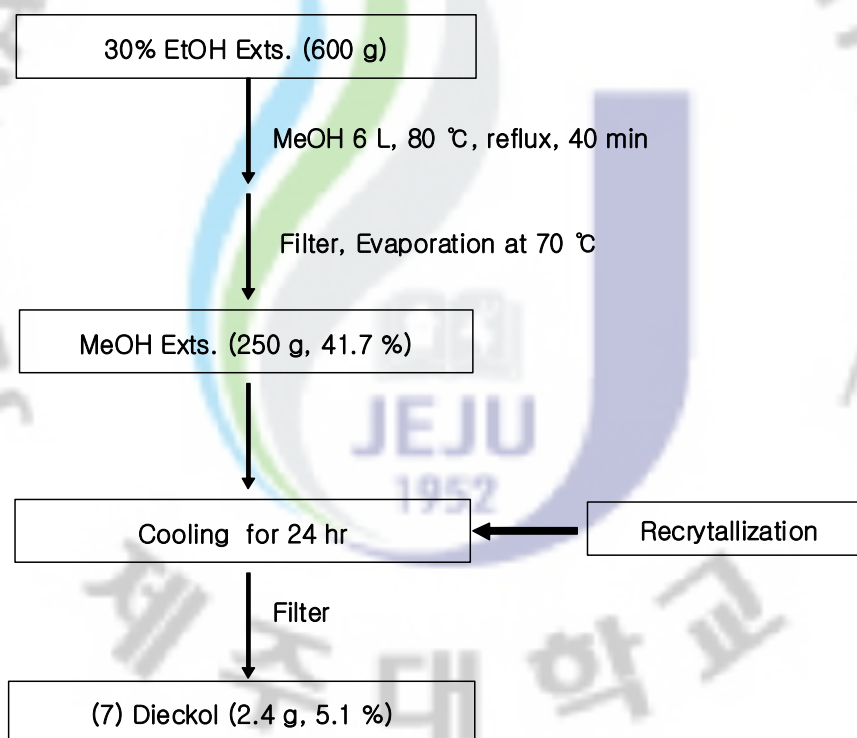
2-1-2에서 얻어진 diethyl ether 분획(fr.3) 10 g을 가지고 Sephadex LH-20을 충전한 column을 이용하여 분리하였다. 용매 chloroform/methanol을 2/1의 조건으로 하여 총 21개의 분획들을 얻었고, 이 중 fr. 3-11(478.4 mg), fr. 3-12(79 mg), fr. 3-13(309.8 mg), fr. 3-14(323.9 mg), fr. 3-16(281 mg)에서 각각 compounds 1-5을 얻었다. fr. 3-17(994 mg) 중 330 mg을 취하여 sephadex LH-20 column (chloroform/methanol = 2/1 → 0/1)을 실시하였다. 이 중 fr. 3-17-7(31.2 mg)에서 comopound 6을 얻었다(Scheme 8).



Scheme 8. Isolation of componuds 1-6 from *E. cava*

2-1-4. 재결정에 의한 compound 7의 분리

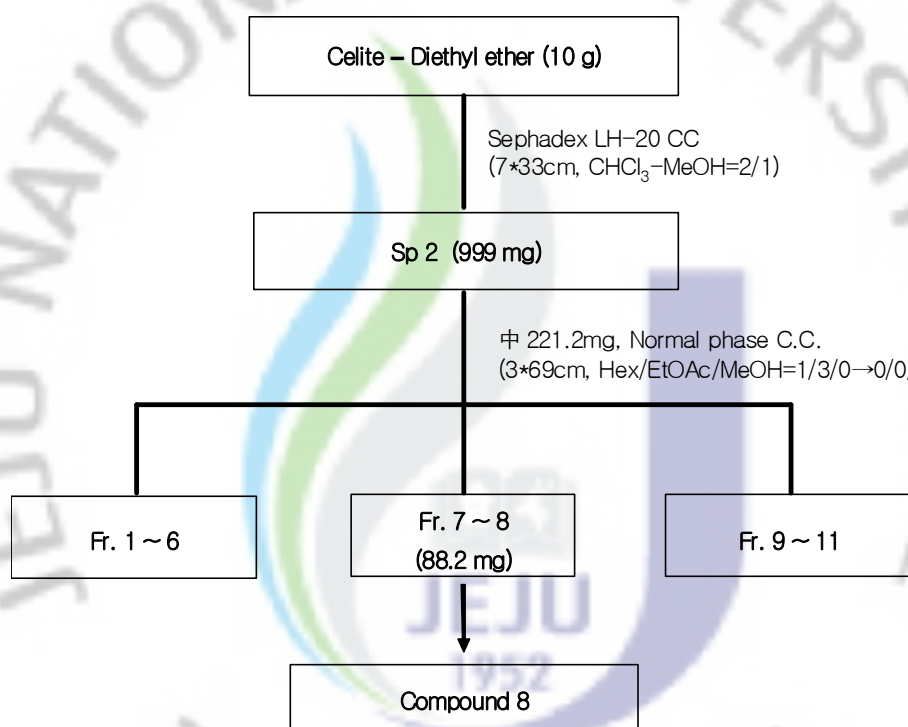
건조 분말 4 kg을 가지고 30% ethanol을 80 L 가하여 30% ethanol 추출물 600 g을 얻었다. 30% ethanol 추출물 600 g을 가지고 methanol 6 L를 가하여 80°C에서 40분간 reflux 시켰다. 이를 감압 여과하여 여액을 70°C의 온도에서 농축시켜 methanol 추출물 250 g을 얻었다. 이 중 40 g을 취하여 40°C water를 용매로 하여 5 mg/mL의 농도로 용해시킨다. 이를 냉장고에서 24시간동안 냉각시키면 재결정이 생성된다. 얻어진 고체를 여과하여 compound 7(2.4 g)을 얻었다 (Scheme 9).



Scheme 9. Isolation of compound 7 from *E. cava*

2-1-5. Compound 8의 분리

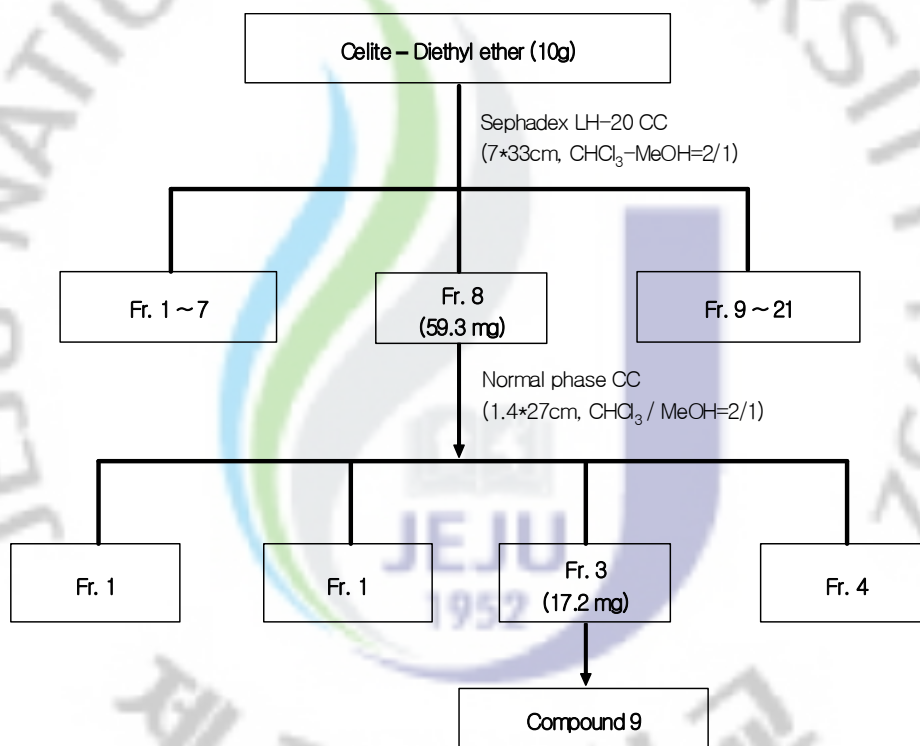
2-1-2에서 얻어진 분획물 중 3-2 분획 220 mg을 가지고 normal phase column chromatography를 실시하였다. 용매는 hexane/ethyl acetate/methanol을 1/3/0에서 0./0/1로 조성을 변화시키면서 사용하였고, 3-2-7 분획과 3-2-8 분획에서 compound 8(88.2 mg)을 얻었다(Scheme 10).



Scheme 10. Isolation of compound 8 from *E. cava*

2-1-6. Compound 9의 분리

2-1-2에서 얻어진 diethyl ether 분획을 가지고 Sephadex LH-20 column을 실시한 결과 얻어진 21개의 분획들 중 3-8 분획에서 compound 9(59.3 mg)과 유사한 분획을 얻었다. 이 분획의 순도를 높이기 위해 동일한 조건으로 순상 컬럼 크로마토그래피를 실시하였고 fr. 3-8-3(17 mg)에서 compound 9을 얻었다 (Scheme 11).



Scheme 11. Isolation of compound 9 from *E. cava*

2-1-7. Compound 8과 compound 9의 가수분해

2-1-7-1. Compound 8의 가수분해

Fr. 3-2-7 분획 12.8 mg을 1.28 mL의 methanol(10 mg/mL)에 녹이고, 5% NaOH 1.18 mL 가하여 실온에서 60분 동안 교반한다. 5%의 HCl을 5% NaOH의 양과 동일하게 가하여 pH 7이 되도록 조절하여 중화시킨다. 12시간 방치 후, 1 시간동안 교반하고 감압 농축기를 이용하여 농축한다. 이를 다시 30 mL의 methanol로 녹이면 흰색의 NaCl의 염이 침전된다. 생성된 염을 여과하고 30 mL의 hexane을 가하여 용매 분획을 실시한다. 각각의 분획을 농축하여 hexane 층(2.6 mg)과 methanol 층(56.1 mg)을 얻었다(Scheme 12).

5% NaOH 1.28 mL + Sample 12.8 mg (10 mg/mL in methanol)

↓

Stirrer, 60min, rt

↓

5% HCl 1.28 mL 加 (pH 7)

↓ after 12hr and stirrer for 1hr

Concentration, add 30 mL methanol

↓ NaCl salt ↓

Filter, add 30 mL hexane

↓ separation (24hr)

Hexane fraction and Methanol fraction

Scheme 12. Hydrolysis of compound 8.

2-1-7-2. Compound 9의 가수분해

Fr. 3-8-3 11.7 mg을 1.17 mL의 methanol(10 mg/mL)에 녹이고, 5% NaOH 11.7 mL 가하여 실온에서 60분 동안 교반한다. 5%의 HCl을 5% NaOH의 양과 동일하게 가하되 pH 7이 되도록 조절하여 중화시킨다. 12시간 방치 후, 1 시간동안 교반하고 감압 농축기를 이용하여 농축한다. 이를 다시 30 mL의 methanol로 녹이면 흰색의 NaCl의 염이 침전된다. 생성된 염을 여과하여 30 mL의 hexane을 가하여 용매 분획을 실시한다. 각각의 분획을 농축하여 hexane 층(1.6mg)과 methanol 층(34.8 mg)을 얻었다(Scheme 13).

5% NaOH 1.17 mL + Sample 11.7 mg (10 mg/mL in methanol)



Stirrer, 60min, rt



5% HCl 1.17 mL 加 (pH 7)



after 12hr and stirrer for 1hr

Concentration, add 30 mL methanol



NaCl salt ↓

Filter, add 30 mL hexane



separation (24hr)

Hexane fraction and Methanol fraction

Scheme 13. Hydrolysis of compound 9.

2-2. 활성검색

2-2-1. Tyrosinase inhibition test

실험방법은 buffer 1.0 mL(pH 6.8), sample 0.9 mL(20 mg/mL), L-tyrosine(0.3 mg/mL) 1 mL, mushroom tyrosinase(1250 units/mL) 0.1 mL을 넣고, 37°C에서 10분간 반응시킨 후, 480 nm에서 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료는 300 $\mu\text{g/mL}$, 100 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 각각 측정하였다. 효소 저해능력은 다음과 같은 식에 의해 %로 계산되었고, 각 시료의 IC₅₀을 구하였다. 이때 사용된 대조군으로는 arbutin(20 mg/mL), kojic acid(20 mg/mL)을 사용하였다.

$$\text{Tyrosinase inhibition (\%)} = \frac{(A-B)(C-D)}{(A-B)} \times 100$$

- A : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하여 반응한 후의 흡광도
- B : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하지 않은 상태로 반응한 후의 흡광도
- C : 효소를 첨가하여 반응한 후의 sample의 흡광도
- D : 효소를 넣지 않은 상태로 반응한 후의 sample의 흡광도

2-2-2. Elastase inhibition test

실험은 buffer 84(pH 8.9), sample 1(10 mg/mL, stock), N-succinyl-Ala-Ala-Ala-p-nitroanilide 10(4 mM), elastase 1(100 $\mu\text{g/mL}$) 비율로 섞고, 25°C에서 15분간 반응시킨 후 410 nm에서 UV/Vis 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 시료는 100 $\mu\text{g/mL}$, 50 $\mu\text{g/mL}$, 10 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 각각 측정하였다. 효소 저해능력은 다음과 같은 식에 의해 %로 계산되었고, 각 시료의 IC₅₀값을 구하였다. 이때 사용된 대조군으로는 oleanoli acid(10 mg/mL), 빈랑자 추출물(10 mg

/mL)을 사용하였다.

$$\text{Elastase inhibition (\%)} = \frac{(A-B)(C-D)}{(A-B)} \times 100$$

A : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하여 반응한 후의 흡광도

B : sample 대신 solvent를 넣고 효소를 첨가하지 않은 상태로 반응한 후의 흡광도

C : 효소를 첨가하여 반응한 후의 sample의 흡광도

D : 효소를 넣지 않은 상태로 반응한 후의 sample의 흡광도

2-2-3. DPPH radical scavenging test

시료를 1 mg/mL의 농도가 되도록 70% ethanol을 용매로 하여 녹인다. DPPH 시약은 0.2 mM 농도가 되도록 95% ethanol을 용매로 하여 녹인 후, 흡광도가 0.90-0.97이 되도록 조절한다. DPPH 용액 0.5 mL와 시료의 농도가 각각 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이 되도록 조절한 시료 용액 1 mL를 첨가하여 상온에서 10분간 반응시킨 후, UV/Vis spectrometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하여 라디칼 소거작용(%)을 구한다. 소거활성 백분율이 50% 일 때의 시료의 농도(RC₅₀)를 계산하였다. 이때 사용된 대조군으로는 녹차 추출물 (1 mg/mL), vitamin-C(1 mg/mL)을 사용하였다.

$$\text{Scavenging effect (\%)} = 1 - \frac{B-C}{A} \times 100$$

A : DPPH의 흡광도

B : DPPH와 시료 반응액의 흡광도

C : 시료 자체의 흡광도

3. 결과

3-1. 추출물 및 용매 분획물들의 활성 결과

3-1-1. Tyrosinase inhibition test

감태 추출물 및 용매 분획물들에 대하여 tyrosinase 저해 활성을 측정한 결과를 Figure 35에 나타내었다. 70% ethanol 추출물의 IC₅₀ 값은 67.7 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이고, hexane 층의 IC₅₀ 값은 66.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, ethyl acetate 층의 IC₅₀ 값은 15.6 $\mu\text{g}/\text{mL}$, buthanol 층의 IC₅₀ 값은 158.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 물 층의 IC₅₀ 값은 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이상이다. 대조군인 arbutin(IC₅₀ 53.6 $\mu\text{g}/\text{mL}$)과 비교했을 때, 70% ethanol 추출물, hexane 층, ethyl acetate 층에서 높은 활성을 보였다.

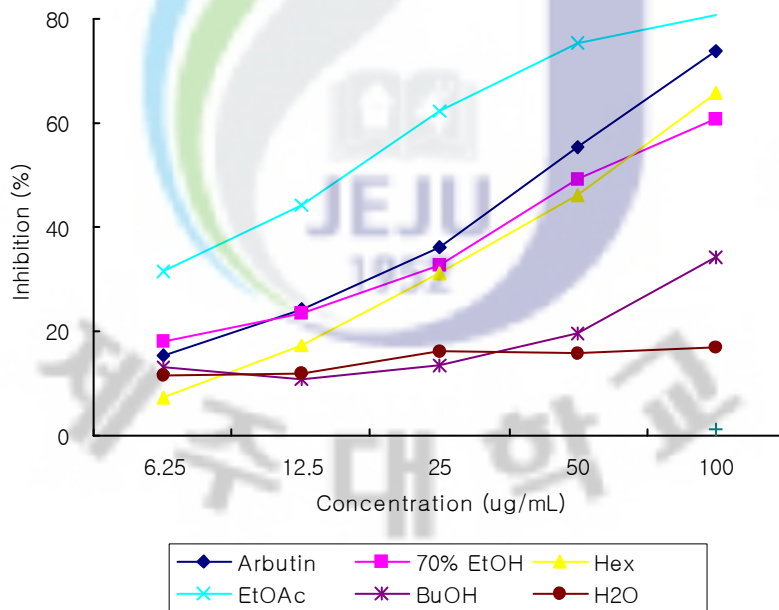


Figure 35. Results of tyrosinase inhibition activity for extraction and fraction from *E. cava*.

3-1-2. DPPH radical scavenging test

감태 추출물 및 용매 분획물들에 대하여 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과를 Figure 36에 나타내었다. 70% ethanol 추출물의 IC₅₀ 값은 31.2 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이고, hexane 층의 IC₅₀ 값은 55.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, ethyl acetate 층의 IC₅₀ 값은 21.1 $\mu\text{g}/\text{mL}$, buthanol 층의 IC₅₀ 값은 84.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 물 층의 IC₅₀ 값은 100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이상이다. 대조군인 vitamin C(IC₅₀ 2.7 $\mu\text{g}/\text{mL}$)와 비교했을 때, vitamin. C와 유사한 활성을 보이지는 않았으나, 70% ethanol 추출물과 ethyl acetate 층에서 높은 활성을 보였다.

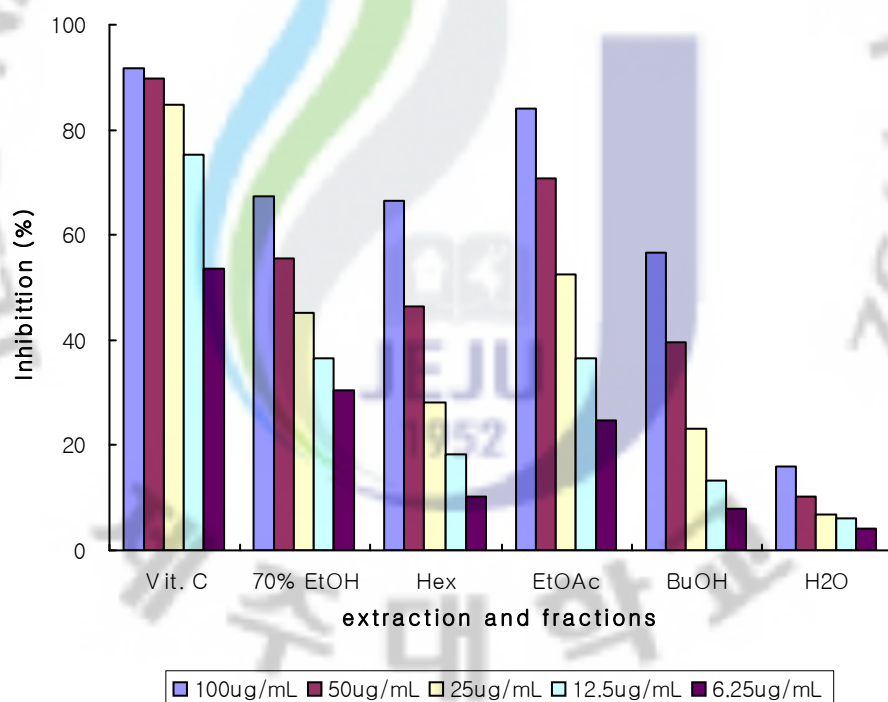


Figure 36. Results of DPPH scavenging activity for extraction and fraction from *E. cava*.

3-2. 감태로부터 분리된 화합물들의 구조 확인

3-2-1. Compounds 1-7의 구조 확인

Celite column chromatography의 diethyl ether (fr.3)층을 가지고 Sephadex LH-20 column chromatography를 실시한 결과 얻어진 compound 1-7의 화합물들은 감태에서 이미 분리되어 보고된 물질들로, phlorotannin의 기본 구조인 phloroglucinol(1), 이들의 trimer인 phlorotannin A(2), eckol(3), triphloroethol A(4)로 동정되었고, fucodiphloethol E(5), phlorofucofuroeckol A(6) 등으로 각각 확인되었다. 화합물들에 대한 구조 동정은 문헌치³⁴⁾와 비교한 것이며 화합물들의 구조 및 수율을 Figure 37와 Table 24에 나타내었다. 30% ethanol 추출물을 다시 methanol로 추출한 후 재결정을 하여 얻어진 compound 7(Figure 37)은 문헌³⁴⁾과 비교한 결과 eckol의 dimer인 dieckol로 구조 동정 되었으며, dieckol은 column을 이용하여 분리하던 기존의 방법과는 달리 수율을 높일 수 있는 재결정에 의한 새로운 분리 공정을 정립한 것이다.

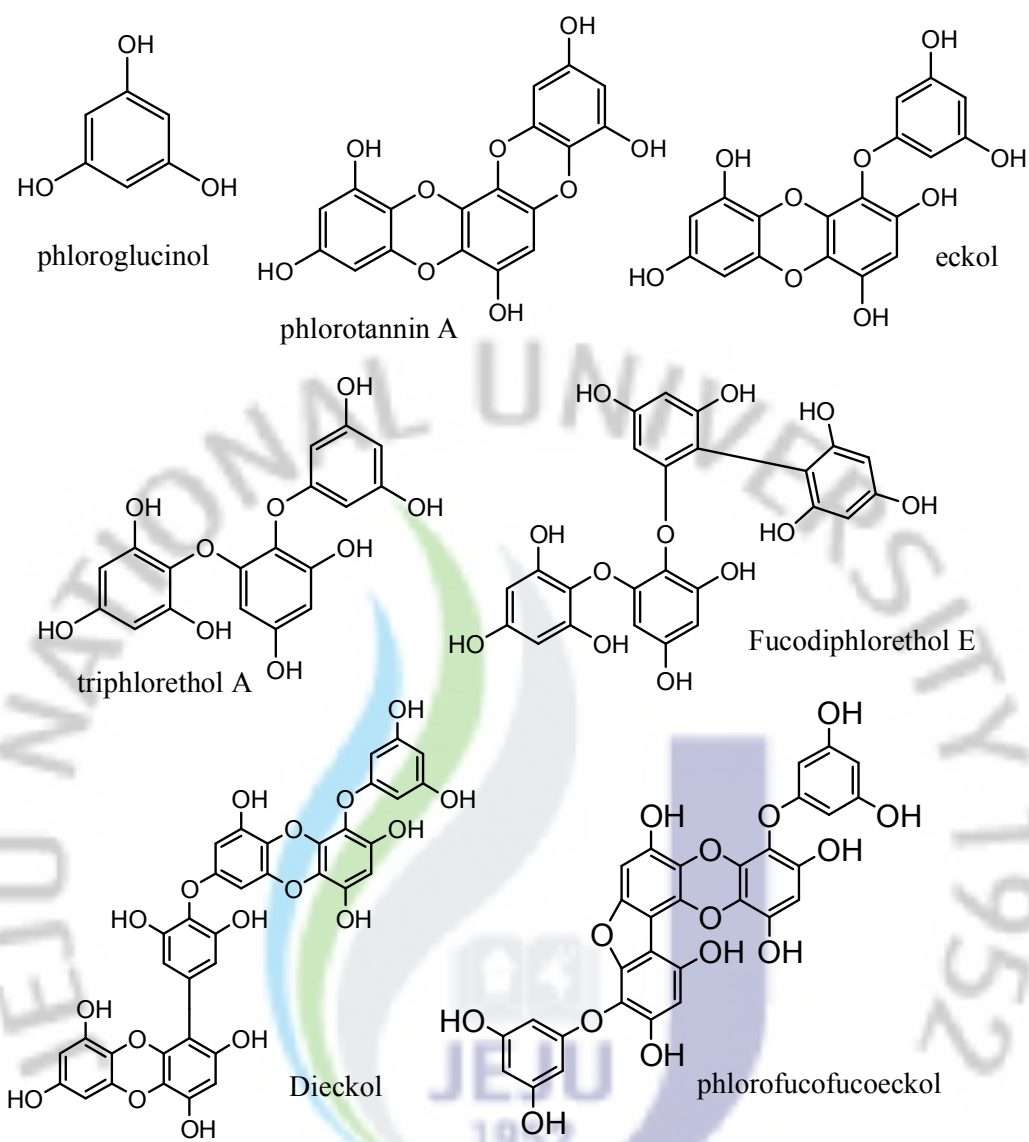


Figure 37. Structures of isolated compounds 1-7 from *E. cava*.

Table 24. Yield of isolated compounds 1-7 from *E. cava*

| 화합물 | 무게 (mg) | 수율 (%) |
|--------------------------|---------|--------|
| Phloroglucinol(1) | 473.3 | 4.73 |
| Phlorotannin A(2) | 55.9 | 0.60 |
| Eckol(3) | 309.8 | 3.10 |
| Triphloroethol A(4) | 311.4 | 3.11 |
| Fucodiphloethol E(5) | 281.0 | 2.81 |
| Phlorofucofuroeckol A(6) | 31.0 | 0.31 |
| Dieckol(7) | 2,400 | 40.00 |

3-2-2. Compound 8의 구조 동정

3-2-2-1. Compound 8에 대한 구조 동정

Compound 8의 구조를 확인하기 위하여 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}$ (CD_3OD , 400 MHz)과 $^{13}\text{C-NMR}$ (CD_3OD , 100MHz), DEPT를 측정하였다.

Compound 8에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 38)을 살펴보면, δ 0.89, 1.30, 1.57, 2.03, 2.32에서 signal이 확인 되는 것으로 보아 aliphatic hydrocarbon이 있음을 예측할 수 있었다. δ 3.46 ~ 4.42에서 당에서 기인하는 signal을 예측할 수 있었고, δ 4.23에서 coupling constant가 7.32를 나타내는 signal이 확인 되는 것으로 보아 anomer proton이 있음을 예측할 수 있었다. δ 5.25 ~ 5.35에서 multiplet으로 보이는 signal이 확인 되었다.

Compound 8에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 39)에서 27개의 carbon signal이 관찰되었다. δ 174.7에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었고, δ 130.9와 130.8에서 2개의 methin기로 예측되는 carbon이 있음을 알 수 있었다. δ 105.3에서 signal이 나타나는 것으로 보아 당의 anomer carbon이 있음을 예측

할 수 있었고, δ 76.8, 74.9, 72.4, 71.8, 70.2, 68.7, 64.0, 62.5에서 signal들이 나타나는 것으로 보아 당으로 예측되며, 당 이외에 2개의 carbon signal을 확인할 수 있었다. δ 35.0 ~ 14.5에서 나타나는 signal들은 methylene과 methyl기가 있을 것으로 예측된다. 135° DEPT 측정 결과 δ 62.5, 64.0, 68.7에서 3개의 methylene 기와 δ 35.0 ~ 23.7에서 14개의 methylene기가 있음을 확인하였다. δ 14.5에서 1개의 methyl기가 있음을 확인하였다(Figure 40).

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 8은 그 중 탄소수가 18개 이상이며 1개의 이중결합이 존재하는 지방산과 당이 glycerol을 중심으로 하여 연결되어 있는 구조로 예측된다.



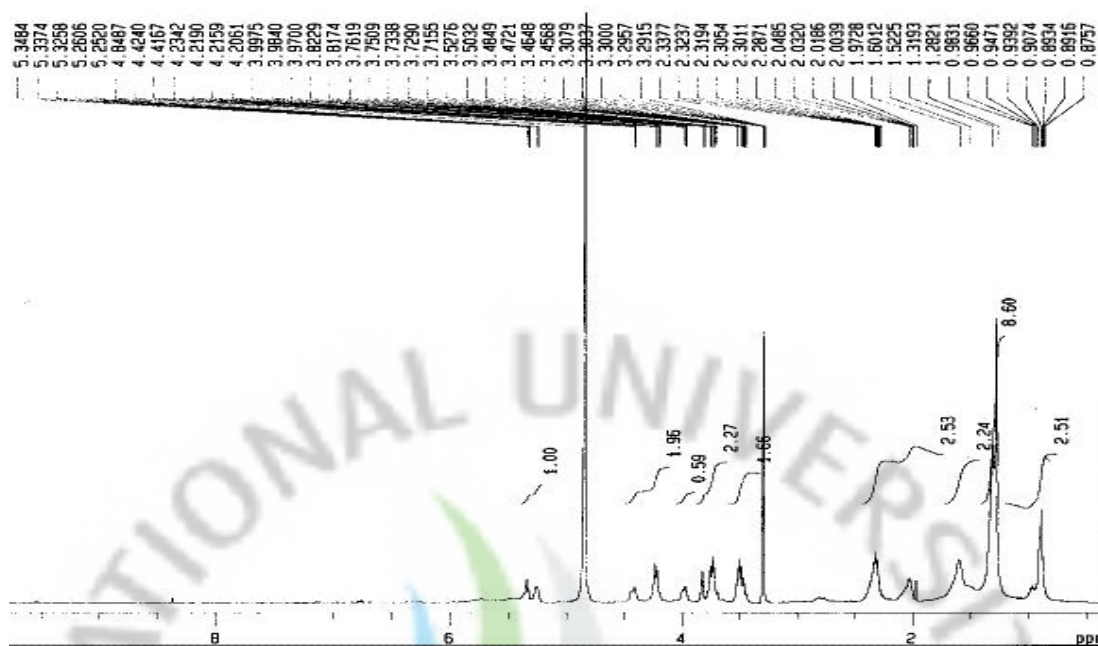


Figure 38. ^1H -NMR spectrum of compound **8** in CD_3OD .

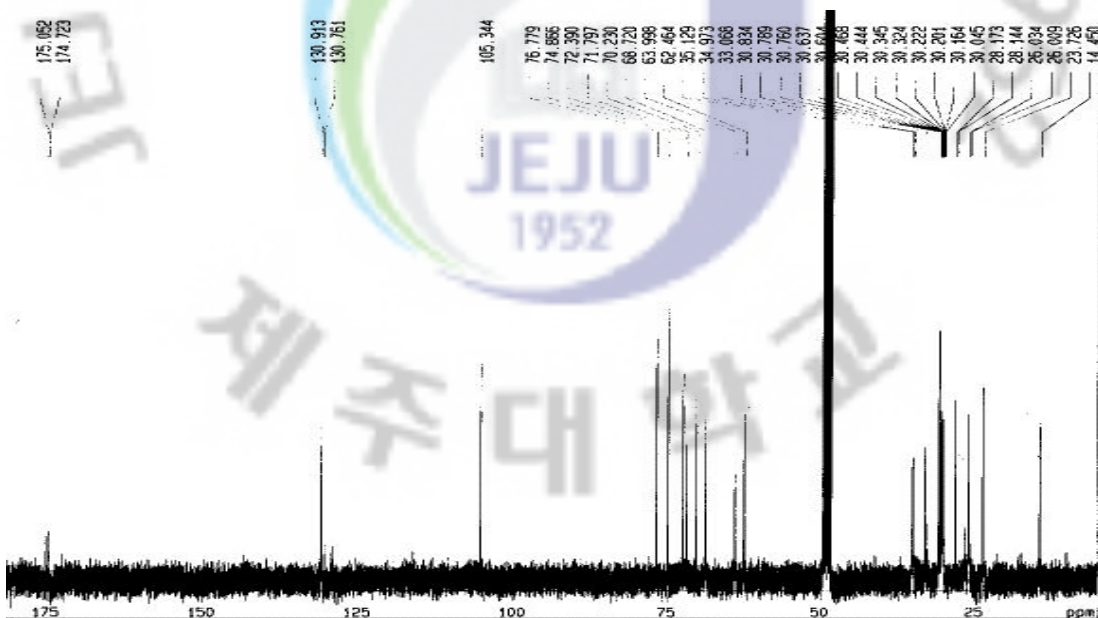


Figure 39. ^{13}C -NMR spectrum of compound **8** in CD_3OD .

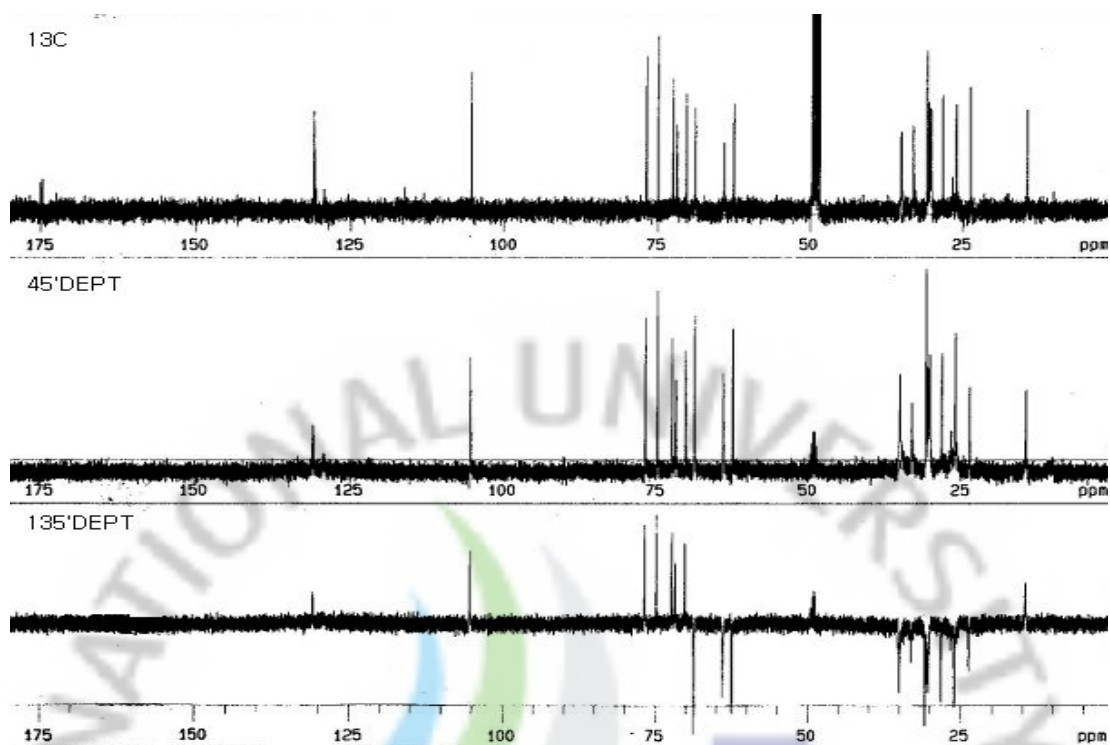


Figure 40. ^{13}C DEPT spectrum of compound **8** in CD_3OD .

3-2-2-2. Compound **8**의 hexane fraction에 대한 구조 동정

Compound **8**의 구조를 좀 더 정확히 확인하기 위하여 염기를 이용한 가수분해를 실시하였고, 그 결과 hexane fraction과 methanol fraction을 얻었다. 구조 동정을 위하여 hexane fraction을 가지고 1D NMR인 ^1H -NMR(CDCl_3 , 400MHz)과 ^{13}C -NMR(CDCl_3 , 100MHz), DEPT를 측정하였다.

Compound **8**에 대한 ^1H -NMR spectrum(Figure 41)을 살펴보면, δ 0.81에서 3개의 proton이 triplet으로 나타나는 것으로 보아 methyl 기가 있음을 예측할 수 있었다. δ 1.28에서 multiplet으로 나타나는 것으로 보아 aliphatic hydrocarbon에 있는 methylene 기가 있음을 예측할 수 있었으며, δ 1.60~1.68에서 2개의 proton이 multiplet으로 확인되는 것으로 보아 methylene기가 있다는 것을 예측할 수 있었다. δ 2.02 ~ 2.11에서 4개의 proton이 multiplet으로 나타나는 것으로 보아

탄소-탄소 이중결합 옆에 methylene기가 있음을 예측하였다. δ 2.31에서 2개의 proton이 triplet으로 나타나는 것으로 보아 R-CH₂*-CH₂- 의 형태로 결합되어 있다는 것을 예측할 수 있었다. δ 5.34~5.40에서 2개의 proton이 multiplet으로 나타나는 signal이 있는 것으로 보아 methin기가 있음을 예측할 수 있었다.

Compound 8의 hexane fraction에 대한 ¹³C-NMR spectrum(Figure 42)에서 18개의 carbon signal이 관찰되었다. δ 174.3에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었고, δ 130.0과 129.8에서 methin기에 기인하는 signal이 관찰되었다. δ 34.1 ~ 14.1에서 15개의 signal들이 확인되었다.

이 spectrum을 탄소수가 18개이고 1개의 이중결합이 존재하는 oleic acid의 authentic sample과 비교한 결과 유사한 signal들을 확인 하였고, compound 8의 hexane fraction은 oleic acid(Figure 43)라고 구조 동정 되었다. 각각의 signal들을 Table 25 에 나타내었다.

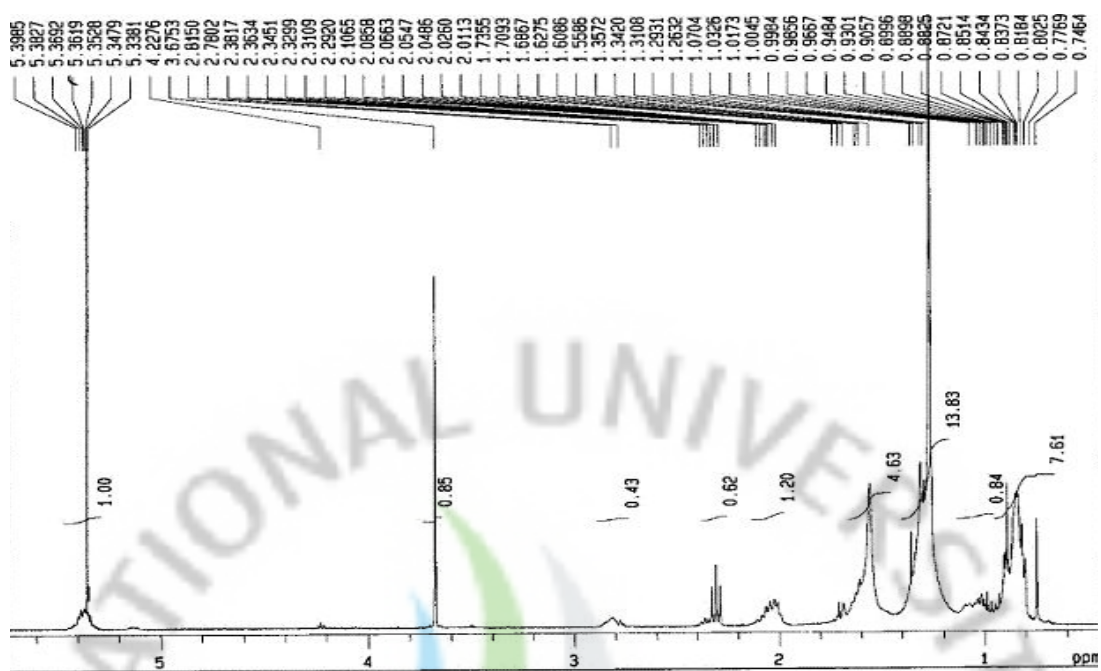


Figure 41. ^1H -NMR spectrum of compound **8**-hexane fraction in CDCl_3 .

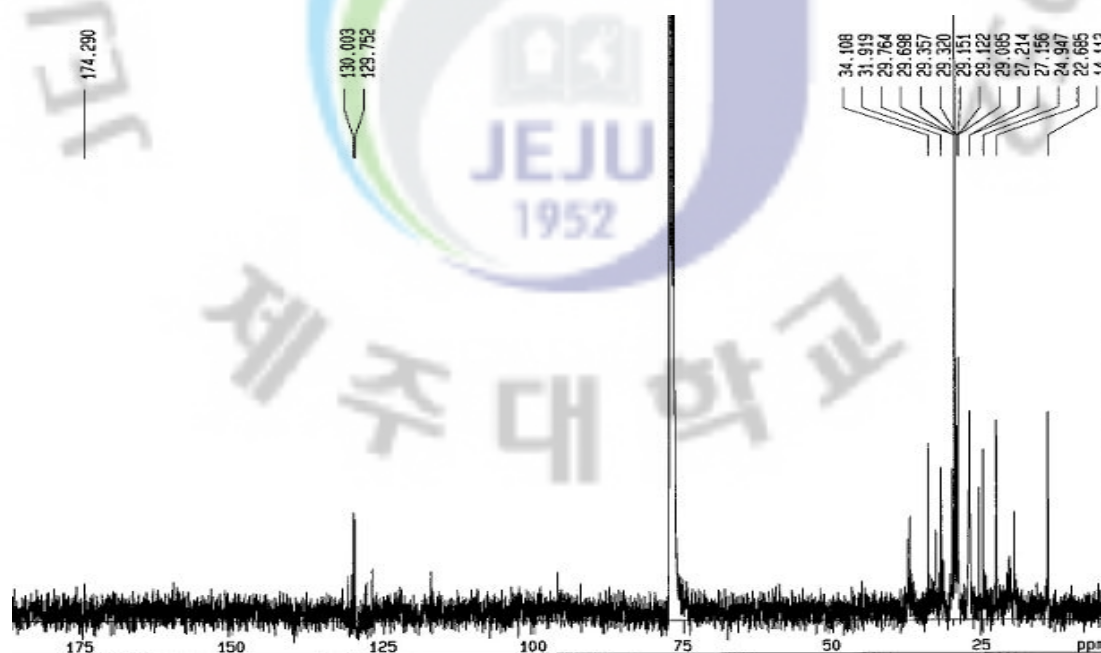


Figure 42. ^{13}C -NMR spectrum of compound **8**-hexane fraction in CDCl_3 .

Table 25. NMR spectroscopic data^a for compound **8**-hexane fraction and oleic acid

| No. | Compound 8 | | Oleic acid | |
|-----|--|---------------------------|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 1 | | 180.5 | | 180.9 |
| 2 | 2.32 (2H, t) | 34.1 | 2.33 (2H, t) | 34.3 |
| 3 | 1.57 (2H, m) | 24.9 | 1.60~1.68 (2H, m) | 24.8 |
| 4 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.0 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.2 |
| 5 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.1 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.3 |
| 6 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.3 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.4 |
| 7 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.7 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.9 |
| 8 | 2.03 (2H, m) | 27.2 | 2.02 (2H, m) | 27.4 |
| 9 | 5.25~5.35 (1H, m) | 129.8 | 5.34~5.37 (1H, m) | 129.9 |
| 10 | 5.25~5.35 (1H, m) | 130.0 | 5.34~5.37 (1H, m) | 130.2 |
| 11 | 2.02 (2H, m) | 27.1 | 2.02 (2H, m) | 27.3 |
| 12 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.7 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 30.0 |
| 13 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.5 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.6 |
| 14 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.6 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.8 |
| 15 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 29.5 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.5 |
| 16 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 31.9 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 32.1 |
| 17 | 1.30 (2H, d, 14.6) | 22.6 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 22.9 |
| 18 | 0.89 (3H, t) | 14.1 | 0.89 (3H, t) | 14.3 |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CDCl₃ solution at 400 and 100 MHz, respectively.

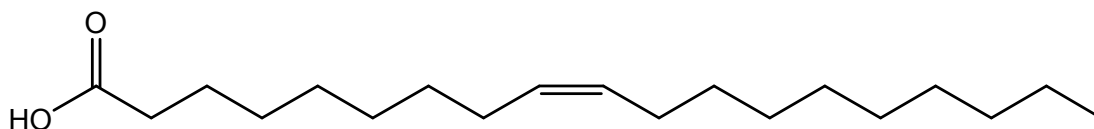


Figure 43. Structure of oleic acid.

3-2-2-3. Compound 8의 methanol fraction에 대한 구조 동정

Compound 8의 methanol fraction에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 44)을 살펴보면, δ 3.47 ~ 3.92에서 multiplet으로 나타나고, δ 4.24에서 1개의 proton이 doublet으로 나타나는 것으로 보아 당이 있음을 예측할 수 있었다. δ 4.24에서 나타나는 signal의 coupling constant 값이 7.32인 것으로 보아 당이 β -형태로 존재하고 있다는 것을 예측할 수 있었다.

Compound 8의 methanol fraction에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum (Figure 45)에서 9개의 carbon signal들이 관찰되었다. δ 105.1에서 signal이 관찰되는 것으로 보아 당에 있는 anomer carbon의 특성 peak인 것으로 예측되었다. δ 76.7 ~ 62.5에서 signal들이 확인 되었고, 문헌⁴⁵⁾과 비교한 결과 δ 76.7, 74.8, 72.5, 70.4, 62.5에서 당에 해당하는 signal들이 확인되었다(Table 26). $^1\text{H-NMR}$ spectrum에서 확인 했듯이 당은 β -형태로 존재하고, $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum data에 의해서 당은 β -galactoside인 것으로 동정되었다. δ 72.1에서 나타나는 signal과 δ 72.0과 64.0에서 나타나는 signal들은 각각 methine기와 methylene기임을 문헌⁴⁶⁾을 통하여 확인하였다 (Table 27).

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 8의 methanol fraction은 β -D-galactoside에 glycerol이 결합되어 있는 3-O- β -D-galactopyranosyl-sn-glycerol이라고 구조 동정 되었다(Figure 46).

Compound 8의 hexane fraction과 methanol fraction의 NMR spectrum data를 문헌과 비교 한 결과 compound 8은 oleic acid와 glycerol, 그리고 β -D-galactose와 결합되어 있는 형태인 것으로 확인 되었다(Figure 47). Compound 8은 감태로부터는 처음으로 분리된 물질이다.

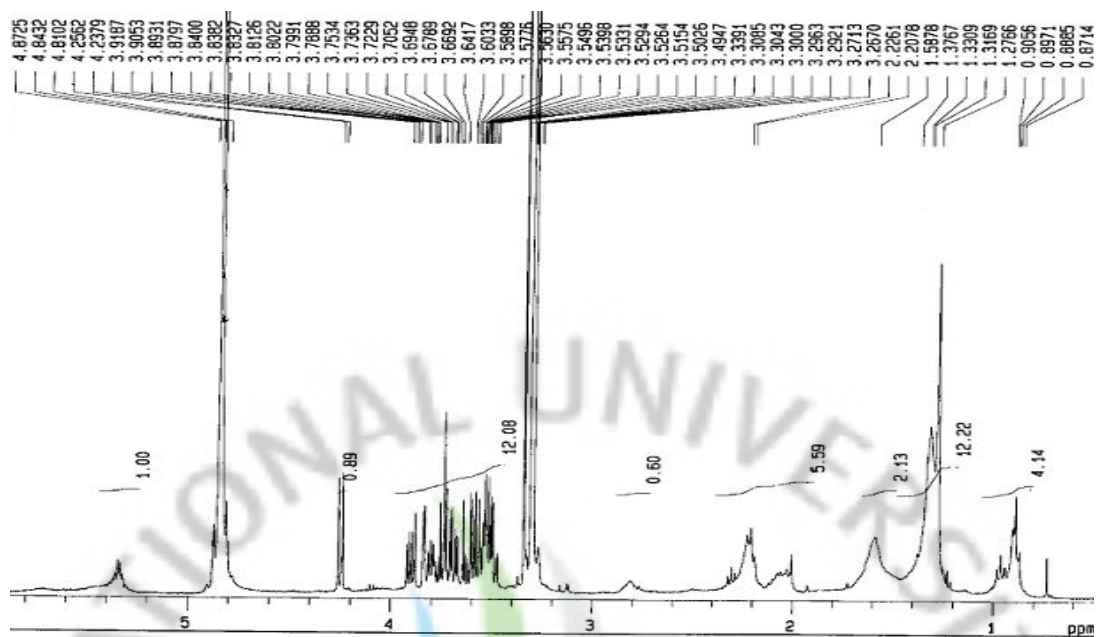


Figure 44. ^1H -NMR spectrum of compound **8**-methanol fraction in CD_3OD .

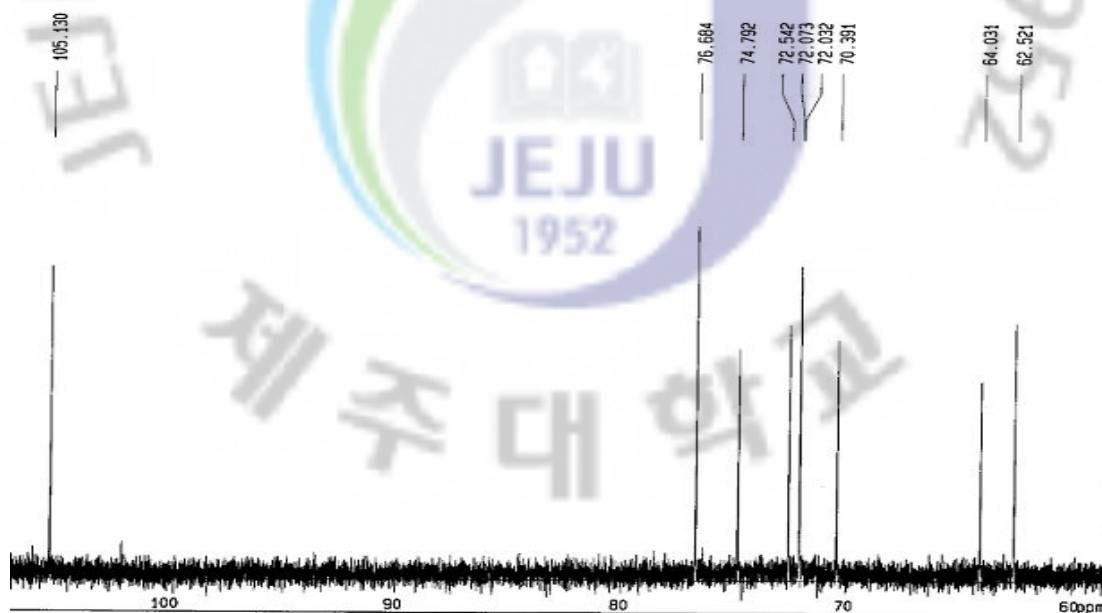


Figure 45. ^{13}C -NMR spectrum of compound **8**-methanol fraction in CD_3OD .

Table 26. ^{13}C -NMR spectroscopic data^a for compounds **8**-methanol fraction and β -galactoside^b

| No. | Compound 8 | β -galactoside |
|-----|---------------------------|---------------------------|
| | -methanol fraction | |
| | δ_{C} (ppm) | δ_{C} (ppm) |
| 1 | 105.1 | 104.9 |
| 2 | 72.5 | 71.8 |
| 3 | 74.8 | 73.9 |
| 4 | 70.4 | 69.8 |
| 5 | 76.7 | 76.2 |
| 6 | 62.5 | 62.1 |

^a ^{13}C NMR spectra were recorded in CD_3OD solution at 100 MHz.

^b ^{13}C NMR spectra were recorded in pyridine- d_5 solution 100 MHz.

Table 27. ^{13}C -NMR spectroscopic data^a for compounds **8**-methanol fraction and 3-*O*- β -D-galactopyranosyl-*sn*-glycerol

| No. | Compound 8 | 3- <i>O</i> - β -D-galactopyranosyl- |
|------|---------------------------|--|
| | -methanol fraction | <i>sn</i> -glycerol |
| | δ_{C} (ppm) | δ_{C} (ppm) |
| 1 | 105.1 | 105.3 |
| 2 | 72.5 | 72.6 |
| 3 | 74.8 | 74.9 |
| 4 | 70.4 | 70.4 |
| 5 | 76.7 | 76.8 |
| 6 | 62.5 | 62.6 |
| sn-1 | 64.0 | 64.1 |
| sn-2 | 72.1 | 72.2 |
| sn-3 | 72.0 | 72.1 |

^{a,b} ^{13}C NMR spectra were recorded in CD_3OD solution at 100 MHz.

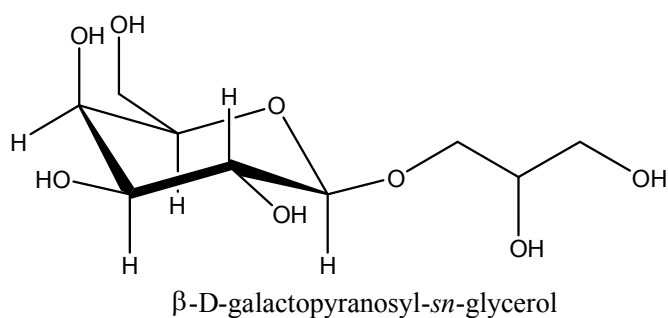


Figure 46. Structure of compound 8-methanol fraction.

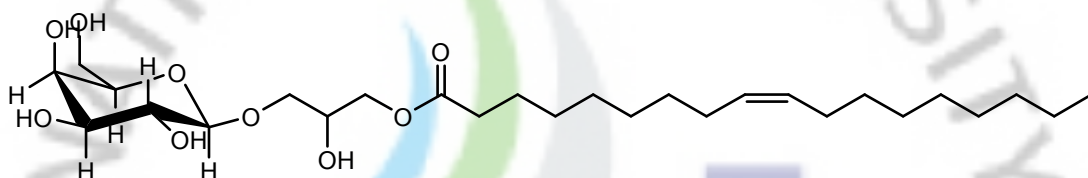


Figure 47. Structure of compound 8.

3-2-3. Compound 9의 구조 동정

3-2-3-1. Compound 9에 대한 구조 동정

Compound 9의 구조를 확인하기 위하여 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}(\text{CD}_3\text{OD}, 400 \text{ MHz})$ 과 $^{13}\text{C-NMR}(\text{CD}_3\text{OD}, 100\text{MHz})$, DEPT를 측정하였다.

Compound 9에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 48)을 살펴보면, δ 0.89, 1.28, 1.59, 2.08, 2.34에서 signal이 확인 되는 것으로 보아 aliphatic hydrocarbon이 있음을 예측할 수 있었다. δ 2.90 ~ 4.76에서 당에서 기인하는 signal을 예측할 수 있었고, δ 4.76에서 나타나는 signal의 coupling constant가 3.68인 것으로 보아 anomer proton이 있음을 예측할 수 있었고 α -형태로 존재하고 있다는 것을 예측할 수 있다. δ 5.29 ~ 5.36에서 multiplet으로 보이는 signal이 확인 되었다.

Compound 9에 대한 ^{13}C -NMR spectrum(Figure 49)에서 27개의 carbon signal이 관찰되었다. δ 175.1에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었고, δ 131.0와 130.9에서 2개의 methin기로 예측되는 carbon이 있음을 알 수 있었다. δ 100.2에서 signal이 나타나는 것으로 보아 당의 anomer carbon이 있음을 예측할 수 있었고, δ 75.1, 75.0, 71.9, 70.0, 67.3, 64.5, 54.4에서 signal들이 나타나는 것으로 보아 당으로 예측되며, 당 이외에 2개의 carbon signal을 확인할 수 있었다. δ 35.4 ~ 14.6에서 나타나는 signal들은 methylene과 methyl기가 있을 것으로 예측된다. 135° DEPT 측정 결과 δ 67.3, 64.5, 54.4에서 3개의 methylene기와 δ 35.4 ~ 23.9에서 14개의 methylene기가 있음을 확인하였다. δ 14.5에서 1개의 methyl기가 있음을 확인하였다(Figure 50).

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 9는 compound 8과 매우 유사한 spectrum을 보였다. 즉. oleic acid였던 지방산 부분은 거의 흡사하였고 당으로 예측되는 부분의 chemical shift값에서 차이를 보였다. 따라서 compound 9는 compound 8과 유사한 구조를 가지면서 다른 형태의 당이 glycerol을 중심으로 하여 연결되어 있는 구조로 예측된다.

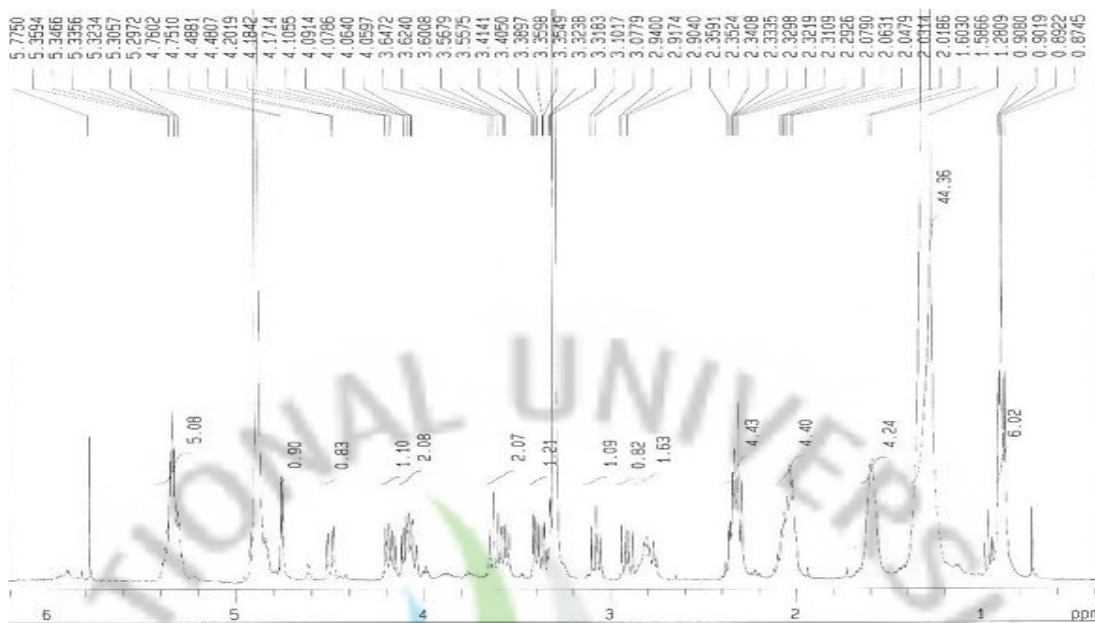


Figure 48. ^1H -NMR spectrum of compound **9** in CD_3OD .

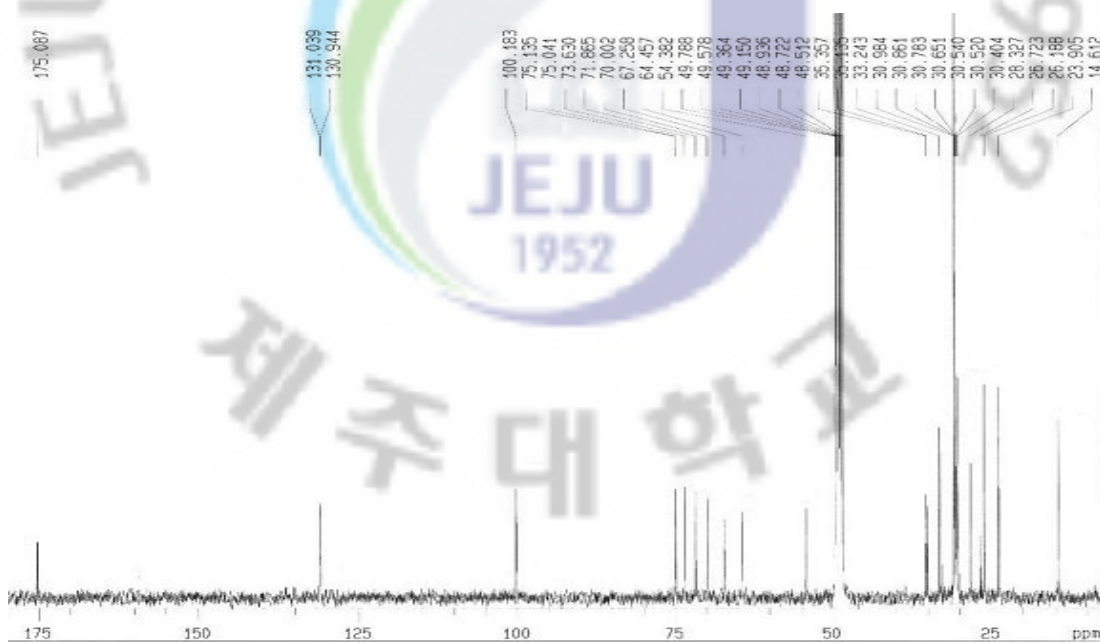


Figure 49. ^{13}C -NMR spectrum of compound **9** in CD_3OD .

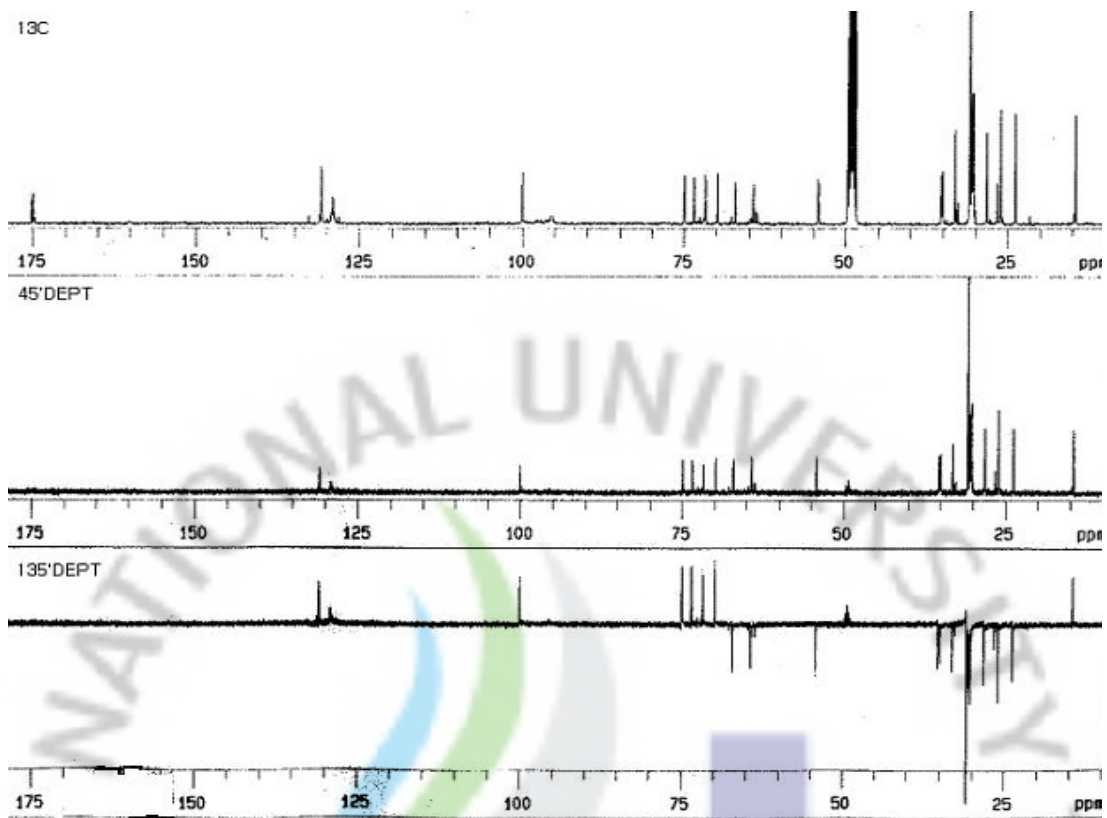


Figure 50. DEPT spectrum of compound 9 in CD_3OD .

3-2-3-2. Compound 9의 hexane fraction에 대한 구조 동정

Compound 9의 구조를 좀 더 정확히 확인하기 위하여 염기를 이용한 가수분해를 실시하였고, 그 결과 hexane fraction과 methanol fraction을 얻었다. 구조 동정을 위하여 hexane fraction을 가지고 1D NMR인 $^1\text{H-NMR}(\text{CDCl}_3, 400\text{MHz})$ 과 $^{13}\text{C-NMR}(\text{CDCl}_3, 100\text{MHz})$, DEPT를 측정하였다.

Compound 9에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 51)을 살펴보면, δ 0.86에서 methyl 기가 있음을 예측할 수 있었다. δ 1.31(20H, m), δ 1.64(2H, m), δ 2.05(4H, m), δ 2.31(2H, t)에서 나타나는 signal들은 aliphatic hydrocarbon에 있는 methylene기들이 있음을 예측할 수 있었다. δ 5.35~5.38에서 2개의 proton이 multiplet으로 나타나는 signal이 있는 것으로 보아 methin기가 있음을 예측할 수 있었다.

Compound 9의 hexane fraction에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 52)에서 18개의 carbon signal이 관찰되었다. δ 174.7에서 1개의 carbonyl기에 기인하는 signal이 관찰되었고, δ 130.2과 129.9에서 methin기에 기인하는 signal이 관찰되었다. δ 34.3 ~ 14.3에서 15개의 signal들이 확인되었다.

이 spectrum을 compound 8과 마찬가지로 oleic acid의 authentic sample과 비교한 결과 compound 9의 hexane fraction은 oleic acid라고 구조 동정되었다. 각각의 signal들을 Table 28에 나타내었다.

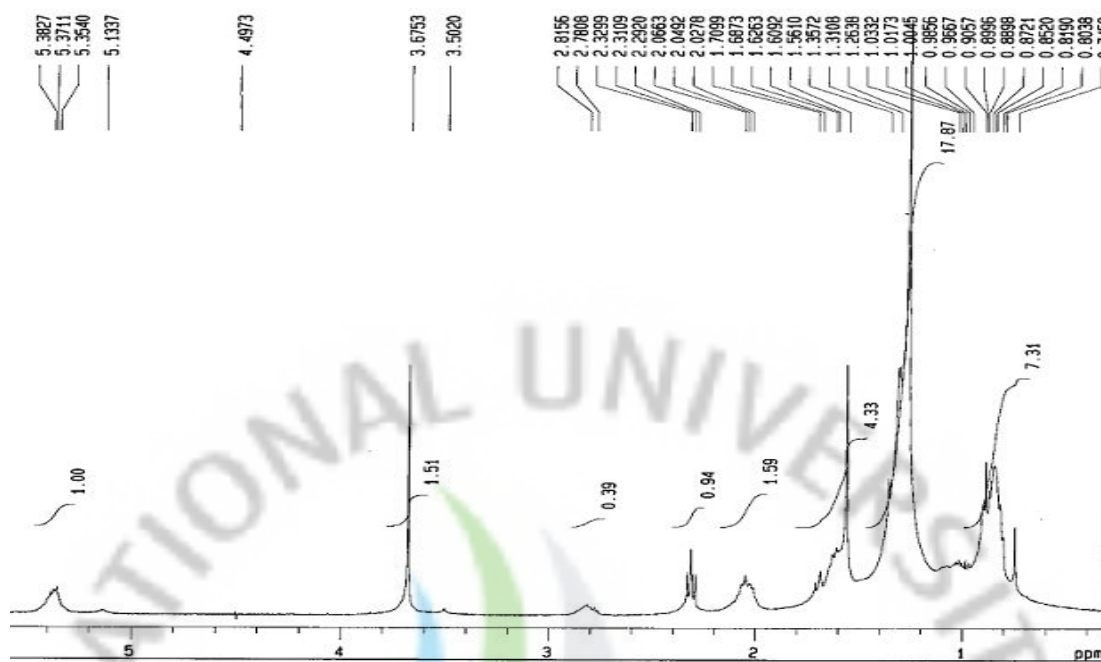


Figure 51. ^1H -NMR spectrum of compound **9**-hexane fraction in CDCl_3 .

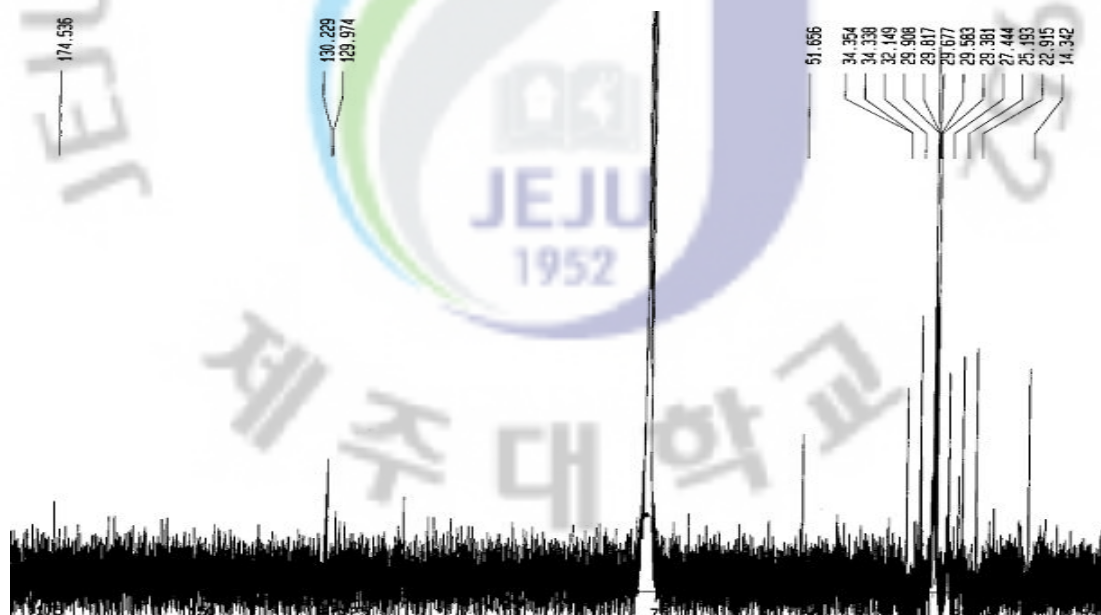


Figure 52. ^{13}C -NMR spectrum of compound **9**-hexane fraction in CDCl_3 .

Table 28. NMR spectroscopic data^a for compounds **9**-hexane fraction and oleic acid

| No. | Compound 9 | | Oleic acid | |
|-----|--|---------------------------|--|---------------------------|
| | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | δ_{C} (ppm) |
| 1 | | 174.7 | | 180.9 |
| 2 | 2.31 (2H, t) | 34.3 | 2.33 (2H, t) | 34.3 |
| 3 | 1.64 (2H, m) | 25.2 | 1.60~1.68 (2H, m) | 24.8 |
| 4 | 1.31 (2H, m) | 29.4 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.2 |
| 5 | 1.31 (2H, m) | 29.4 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.3 |
| 6 | 1.31 (2H, m) | 29.4 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.4 |
| 7 | 1.31 (2H, m) | 29.8 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.9 |
| 8 | 2.05 (2H, m) | 27.4 | 2.02 (2H, m) | 27.4 |
| 9 | 5.35~5.38 (1H, m) | 129.9 | 5.34~5.37 (1H, m) | 129.9 |
| 10 | 5.35~5.38 (1H, m) | 130.2 | 5.34~5.37 (1H, m) | 130.2 |
| 11 | 2.05 (2H, m) | 27.4 | 2.02 (2H, m) | 27.3 |
| 12 | 1.31 (2H, m) | 29.9 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 30.0 |
| 13 | 1.31 (2H, m) | 29.6 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.6 |
| 14 | 1.31 (2H, m) | 29.7 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.8 |
| 15 | 1.31 (2H, m) | 29.5 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 29.5 |
| 16 | 1.31 (2H, m) | 32.1 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 32.1 |
| 17 | 1.31 (2H, m) | 22.9 | 1.30 (2H, d, 16.8) | 22.9 |
| 18 | 0.89 (3H, t) | 14.3 | 0.89 (3H, t) | 14.3 |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CDCl₃ solution at 400 and 100 MHz, respectively.

3-2-3-3. Compound 9의 methanol fraction에 대한 구조 동정

Compound 9의 methanol fraction에 대한 $^1\text{H-NMR}$ spectrum(Figure 53)을 살펴보면 δ 2.93 ~ 4.09에서 multiplet으로 나타나고, δ 4.83에서 1개의 proton이 doublet으로 나타나는 것으로 보아 당이 있음을 예측할 수 있었다. δ 4.83에서 나타나는 signal의 coupling constant 값이 3.68인 것으로 보아 당이 α -형태로 존재하고 있다는 것을 예측할 수 있었다.

Compound 9의 methanol fraction에 대한 $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum(Figure 54)은 compound 8의 methanol fraction과 거의 유사한 peak를 보였으며, 당으로 예측되는 peak에서 차이를 보였다. 총 9개의 carbon signal들이 관찰되었고, δ 100.1에서 signal이 관찰되는 것으로 보아 당에 있는 anomer carbon의 특성 peak인 것으로 예측되었다. δ 75.1 ~ 54.2에서 signal들이 확인 되었고, 문헌⁴⁵⁾과 비교한 결과 δ 75.1, 73.6, 72.4, 69.8, 54.2에서 당에 해당하는 signal들이 확인되었다(Table 29). $^1\text{H-NMR}$ spectrum에서 확인 했듯이 당은 α -형태로 존재하고, $^{13}\text{C-NMR}$ spectrum data에 의해서 당은 α -mannoside인 것으로 동정되었다. α -mannoside의 정확한 확인을 위하여 $^{13}\text{C-NMR}$ (noe mode) spectrum(Figure 55)을 얻었고, $^1J_{\text{C-H}}$ 를 측정하였다. 그 결과, $^1J_{\text{C-H}}$ 값이 168.3으로 α -D-mannoside라는 것을 확인하였다.⁴⁵⁾ 135° DEPT 측정 결과(Figure 24), δ 74.9에서 나타나는 signal과 δ 70.7과 64.1에서 나타나는 signal들은 각각 methine기와 methylene기임을 확인하였다.

이상의 자료를 종합해 볼 때, compound 9의 methanol fraction은 α -D-mannoside에 glycerol이 결합되어 있는 3-O- α -D-mannopyranosyl-*sn*-glycerol 구조(Figure 57) 라고 예측 되었다(Table 30).

Compound 9의 hexane fraction과 methanol fraction의 NMR spectrum data를 정리해 본 결과, compound 9는 oleic acid와 glycerol, 그리고 α -D-mannoside가 결합되어 있는 형태인 것으로 확인되었다. 이들의 결합형태를 확인하기 위하여 HMQC 및 HMBC를 측정하였다. 그 결과, H-1'(δ 4.76)은 *sn* C-3(δ 70.7)과 상호작용 하는 것을 확인하였고, *sn* H-3(δ 3.56, δ 4.10) 은 C-1'(δ 100.1), *sn* C-1(δ 64.1)과의 상호작용을 확인하였다. 또한 *sn* H-2(δ 3.62)는 C-1'(δ 100.1)와 상호작

용 하는 것을 보였고, *sn* H-1(δ 4.18, δ 4.50)은 C-1(δ 174.1) 과 H-2(δ 2.31)는 C-1(δ 174.1)과 상호작용하는 것을 보였고, 예측되는 구조와 일치한다는 것을 확인하였다(Figure 58 and 59). Compound 9는 감태 뿐 아니라 자연계에서 처음으로 분리된 물질이다.



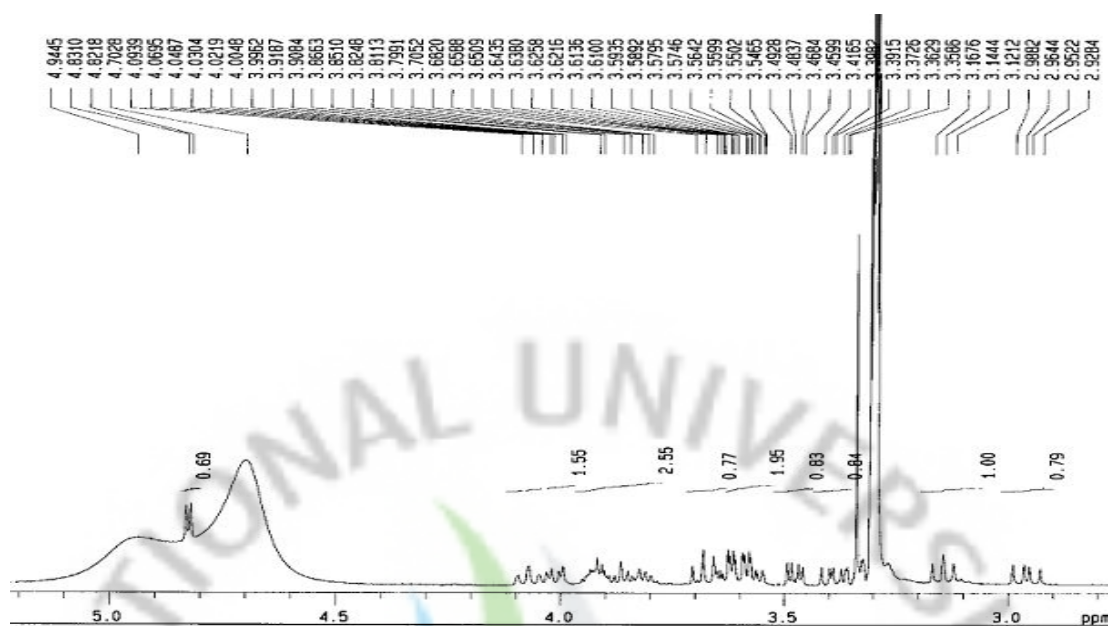


Figure 53. ^1H -NMR spectrum of compound **9**-methanol fraction in CD_3OD and D_2O .

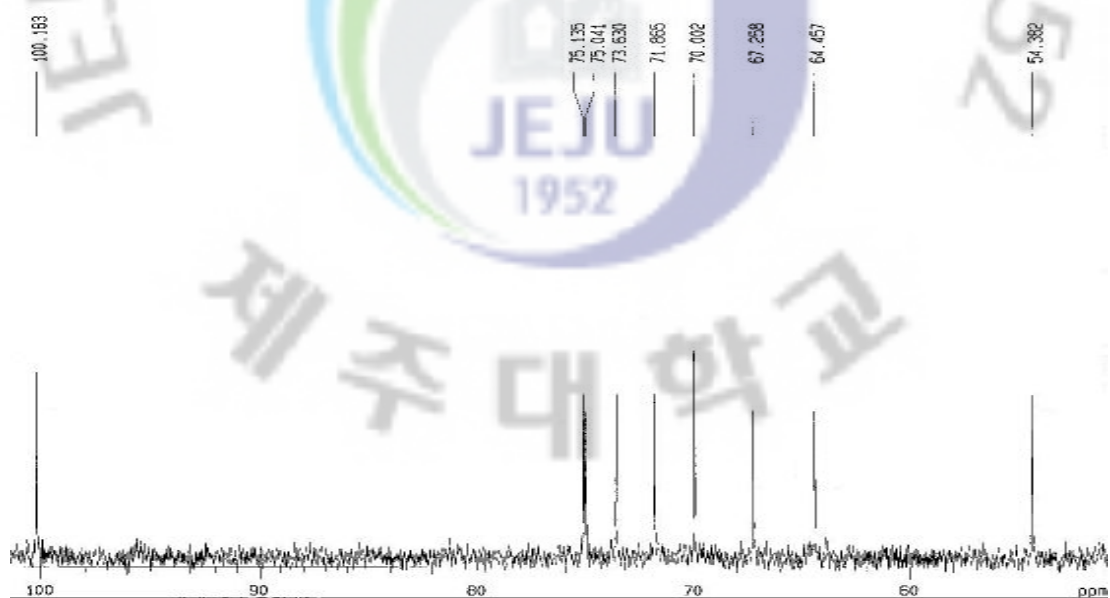


Figure 54. ^{13}C -NMR spectrum of compound **9**-methanol fraction in CD_3OD .

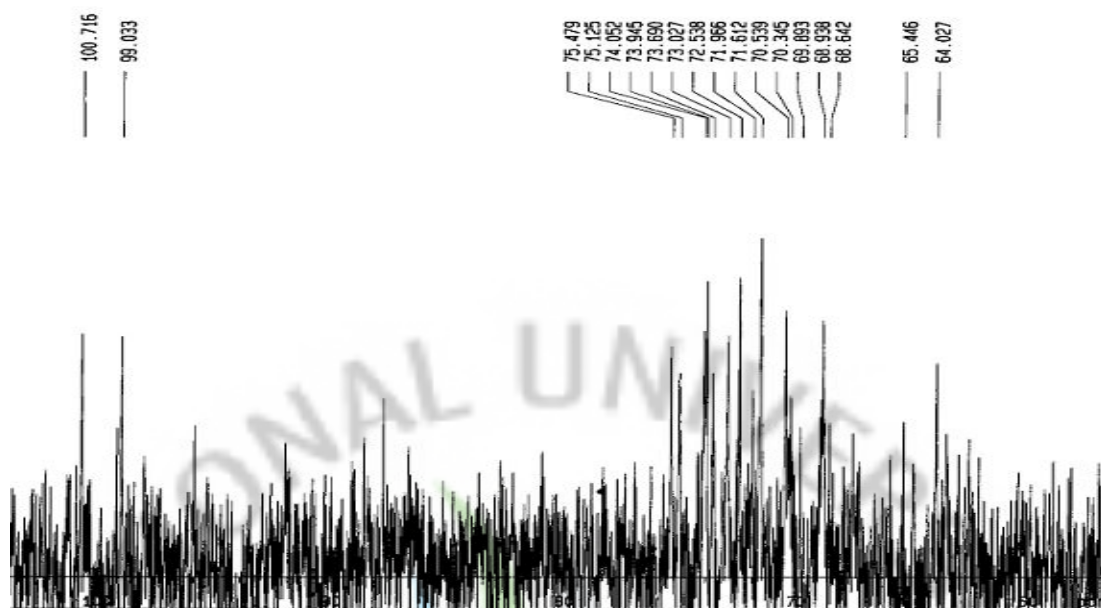


Figure 55. ^{13}C -NMR(noe mode) spectrum of compound **9**-methanol fraction in CD_3OD .

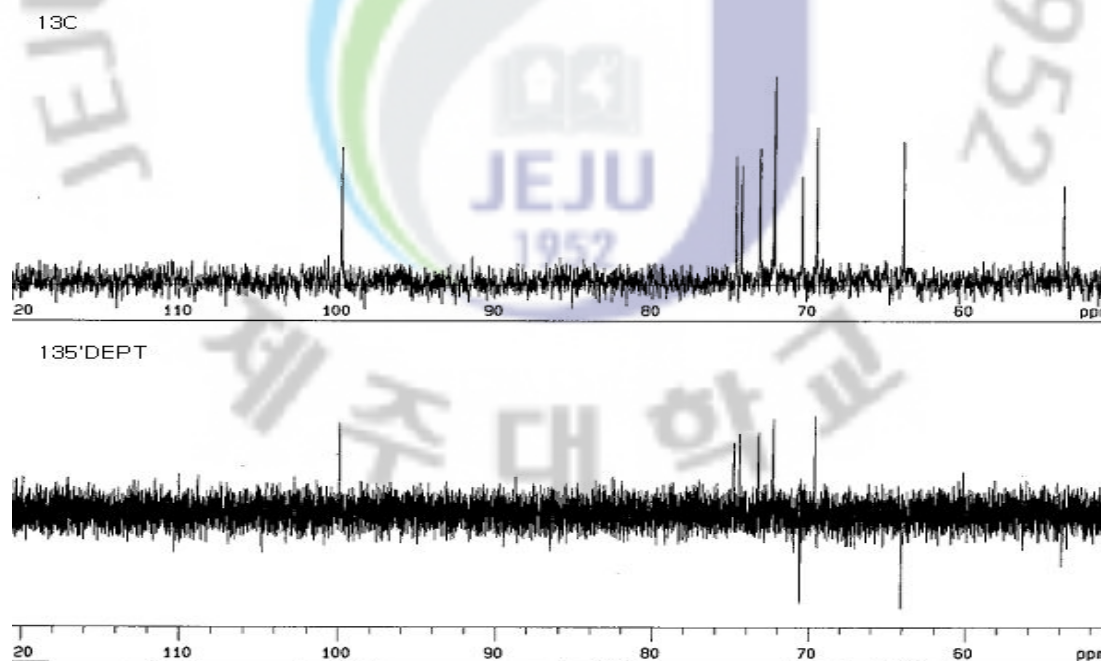


Figure 56. DEPT spectrum of Compound **9**-methanol fraction in CD_3OD .

Table 29. ^{13}C -NMR spectroscopic data^a for compound **9**-methanol fraction and α -galactoside^b

| No. | Compound 9 | |
|-----|---------------------------|---------------------------|
| | -methanol fraction | α -galactoside |
| | δ_{C} (ppm) | δ_{C} (ppm) |
| 1 | 100.1 | 102.6 |
| 2 | 72.4 | 72.0 |
| 3 | 73.6 | 73.0 |
| 4 | 69.8 | 69.0 |
| 5 | 75.1 | 75.1 |
| 6 | 54.2 | 63.1 |

^a ^{13}C NMR spectra were recorded in CD_3OD solution at 100 MHz.

^b ^{13}C NMR spectra were recorded in pyridine- d_5 solution 100 MHz.

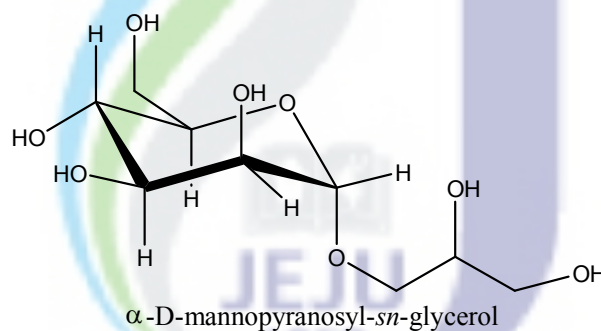


Figure 57. Structure of compound **9**-methanol fraction.

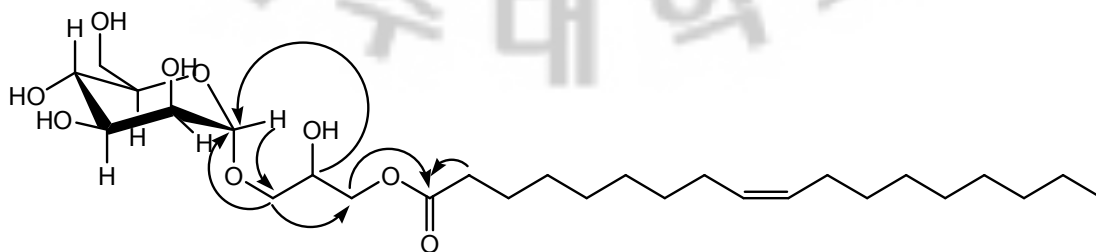


Figure 58. Key HMBC correlations of compound **9**.

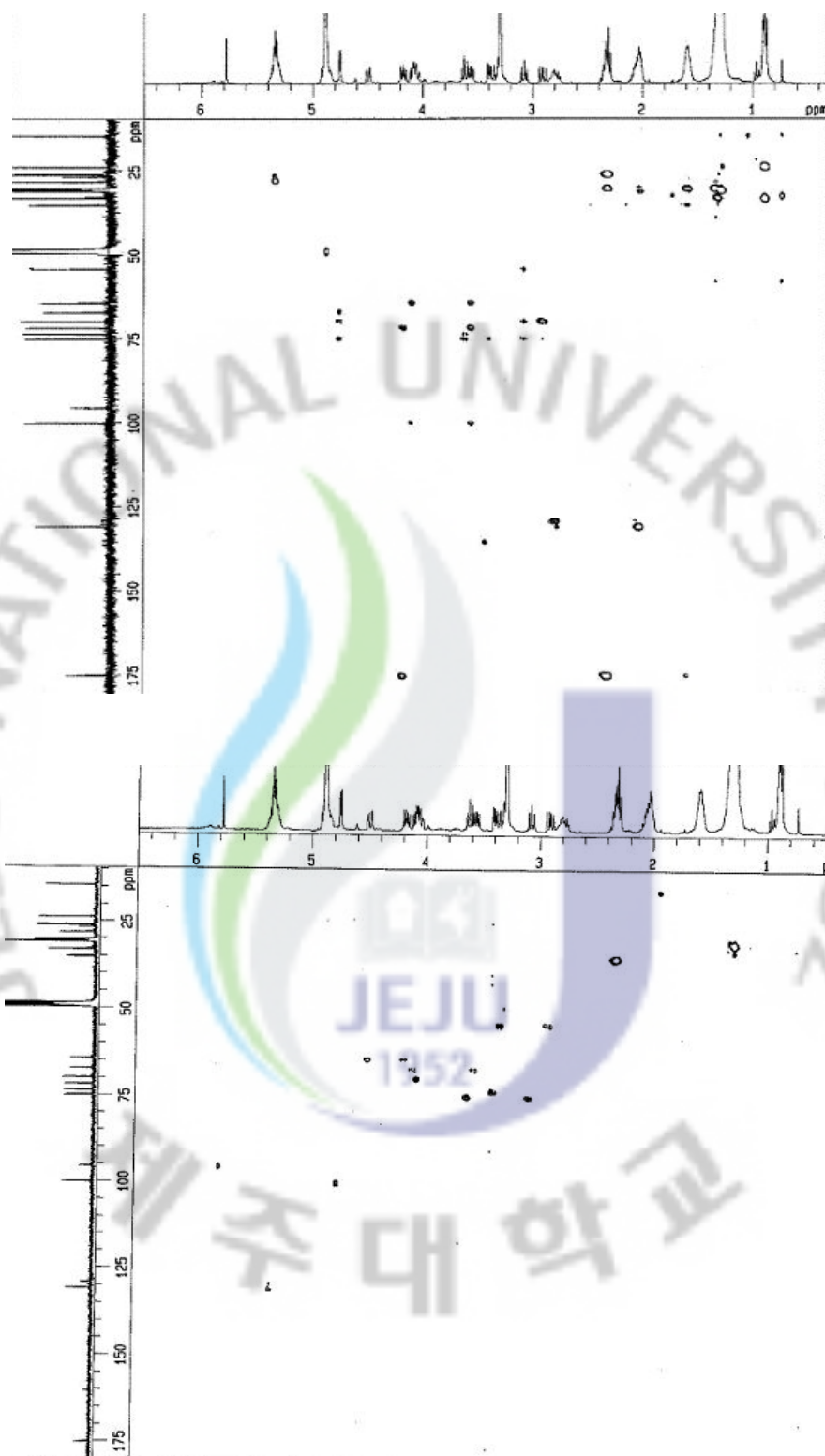


Figure 59. HMBC(up) and HMQC(under) spectrum of compound 9 in CD₃OD.

Table 30. NMR spectroscopic data^a for compounds **9**

| Compound 9 | | Compound 9 | |
|-------------------|--|-------------------|--|
| No. | δ_{H} (multi, <i>J</i> Hz) | No. | δ_{C} (ppm) |
| 1 | | <i>sn</i> -1 | 4.18 (1H _a , dd, 7.0, 12.2) |
| 2 | 2.31 (2H, t) | | 4.50 (1H _b , dd, 7.0, 12.2) |
| 3 | 1.64 (2H, m) | <i>sn</i> -2 | 3.62 (1H, t, 9.28, 9.28) |
| 4 | 1.31 (2H, m) | <i>sn</i> -3 | 3.56 (1H _a , dd, 5.2, 11.2) |
| 5 | 1.31 (2H, m) | | 4.10 (1H _b , dd, 6.7, 11.2) |
| 6 | 1.31 (2H, m) | 1' | 4.76 (1H, d, 3.7) |
| 7 | 1.31 (2H, m) | 2' | 2.77 (1H, dd, 3.5, 5.8) |
| 8 | 2.05 (2H, m) | 3' | 3.40 (1H, dd, 3.5, 9.5) |
| 9 | 5.35~5.38 (1H, m) | 4' | 4.05 (1H, dd, 8.6, 9.5) |
| 10 | 5.35~5.38 (1H, m) | 5' | 3.08 (1H, t, 8.6, 9.1) |
| 11 | 2.05 (2H, m) | 6' | 2.91 (1H _a , dd, 9.1, 14.4) |
| 12 | 1.31 (2H, m) | | 3.36 (1H _b , d, 14.4) |
| 13 | 1.31 (2H, m) | | |
| 14 | 1.31 (2H, m) | | |
| 15 | 1.31 (2H, m) | | |
| 16 | 1.31 (2H, m) | | |
| 17 | 1.31 (2H, m) | | |
| 18 | 0.89 (3H, t) | | |

^a ¹H, ¹³C NMR spectra were recorded in CDCl₃ solution at 400 and 100 MHz, respectively.

3-3. 분리물질 활성결과

3-3-1. Tyrosinase inhibition test

3-3-1-1. Compound 1-7의 활성 결과

감태로부터 분리·동정한 7개의 화합물, 즉, phloroglucinol(1), phlorotannin A(2), eckol(3), triphloroethol A(4), fucodiphloethol E(5), phlorofucofuroeckol A(6), dieckol(7)들에 대하여 tyrosinase 저해 활성을 측정한 결과의 IC₅₀ 값을 Figure 60과 Table 31에 나타내었다. 7개의 화합물 모두가 대조군으로 사용한 arbutin의 활성보다 높게 나타났고, eckol, phlorofucofuroeckol, dieckol에서 매우 우수한 활성을 보였다.

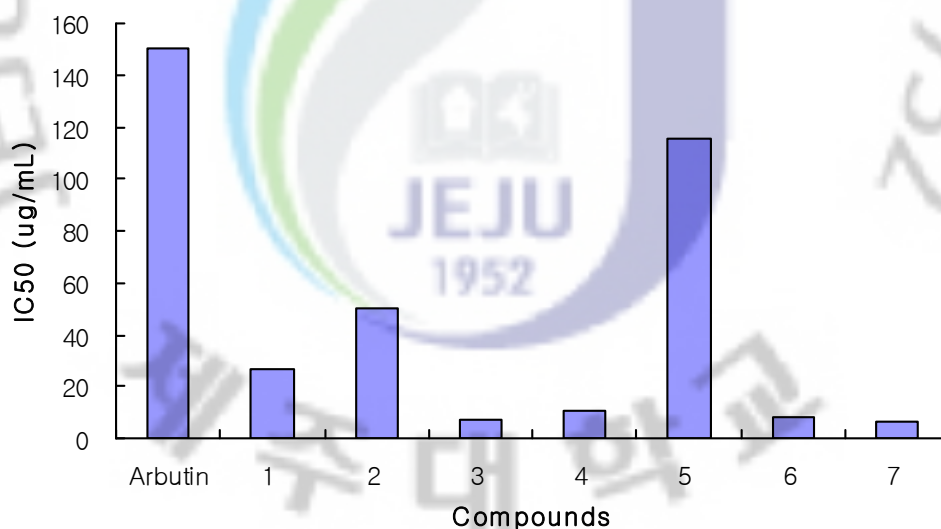


Figure 60. IC₅₀ value of tyrosinase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from *E. cava*.

Table 31. IC₅₀ value of tyrosinase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from *E. cava*

| Compounds | IC ₅₀ | |
|--------------------------|------------------|------|
| | μg/mL | μM |
| Phloroglucinol(1) | 26.8 | 197 |
| Phlorotannin A(2) | 50.5 | 126 |
| Eckol(3) | 7.3 | 18.2 |
| Triphloroethol A(4) | 10.9 | 27.0 |
| Fucodiphloethol E(5) | 115.8 | 216 |
| Phlorofucofuroeckol A(6) | 7.7 | 11.7 |
| Dieckol(7) | 6.5 | 8.1 |
| Arbutin | 150.1 | 552 |

3-3-1-2. Compound 8-9의 활성 결과

감태로부터 처음으로 분리·동정한 2개의 화합물, compound 8과 compound 9에 대하여 tyrosinase 저해 활성을 측정한 결과를 Figure 61에 나타내었다. compound 8과 compound 9는 대조군으로 사용한 arbutin의 활성보다 낮게 나타났다.

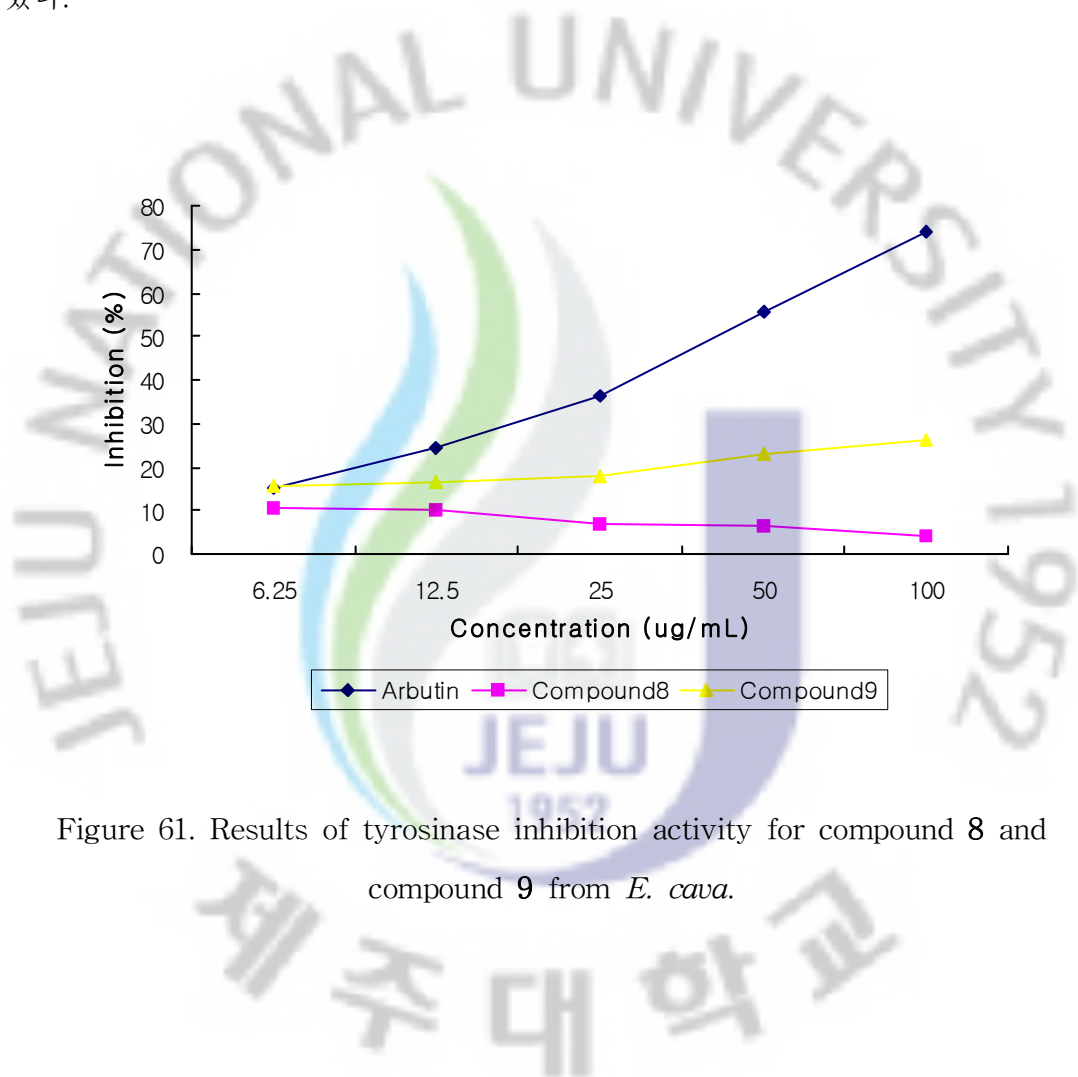


Figure 61. Results of tyrosinase inhibition activity for compound 8 and compound 9 from *E. cava*.

3-3-2. Elastase inhibition test

3-3-2-1. Compound 1-7의 활성 결과

감태로부터 분리·동정한 7개의 화합물, 즉, phloroglucinol(1), phlorotannin A (2), eckol(3), triphloroethol A(4), fucodiphloethol E(5), phlorofucofuroeckol A (6), dieckol(7)들에 대하여 elastase 저해 활성을 측정한 결과의 IC₅₀ 값을 Figure 62과 Table 32에 나타내었다. phlorofucofuroeckol과 dieckol에서 대조군으로 사용한 ursolic acid의 활성보다 같거나 높게 나타났다.

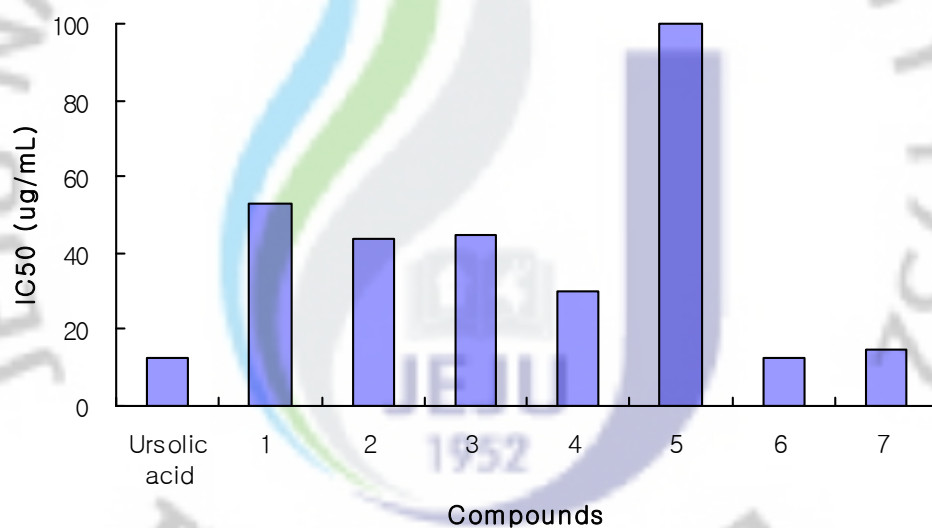


Figure 62. IC₅₀ value of elastase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from *E. cava*.

Table 32. IC₅₀ value of elastase inhibition activity for isolated compounds 1-7 from *E. cava*

| Compounds | IC ₅₀ | |
|--------------------------|------------------|-------|
| | μg/mL | μM |
| Phloroglucinol(1) | 53.0 | 389.7 |
| Phlorotannin A(2) | 43.7 | 109.3 |
| Eckol(3) | 44.7 | 111.2 |
| Triphloroethol A(4) | 29.8 | 73.8 |
| Fucodiphloethol E(5) | >100 | >200 |
| Phlorofucofuroeckol A(6) | 12.5 | 19.0 |
| Dieckol(7) | 14.7 | 18.3 |
| Ursolic acid | 12.5 | 27.4 |

3-3-2-2. Compound 8-9의 활성 결과

감태로부터 처음으로 분리·동정한 2개의 화합물, compound 8과 compound 9에 대하여 elastase 저해 활성을 측정한 결과를 Figure 63에 나타내었다. 2개의 화합물은 대조군으로 사용한 ursolic acid의 활성보다 낮게 나타났다.

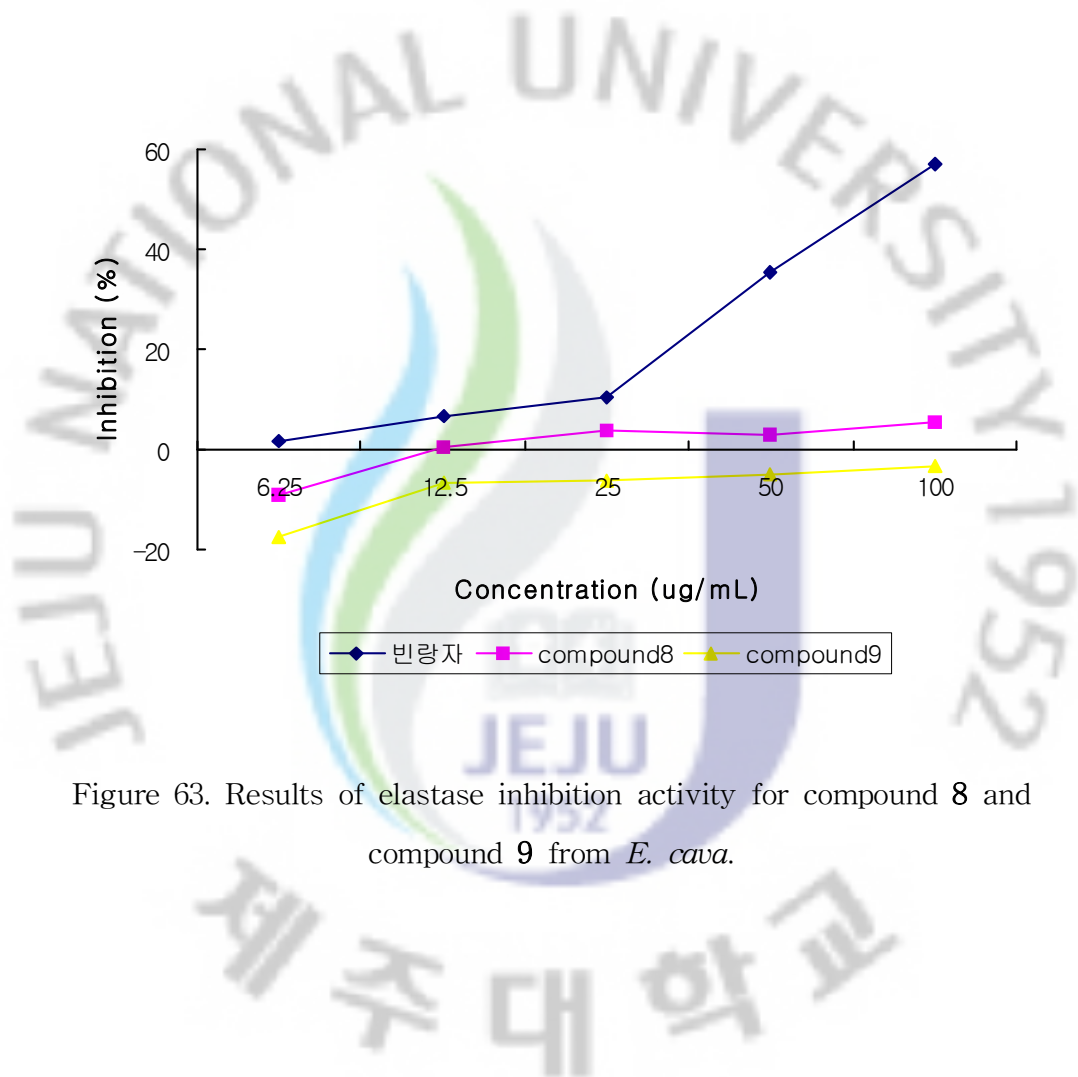


Figure 63. Results of elastase inhibition activity for compound 8 and compound 9 from *E. cava*.

3-3-3. DPPH inhibition test

3-3-3-1. Compound 8-9의 활성 결과

감태로부터 처음으로 분리·동정한 2개의 화합물, compound 8과 compound 9에 대하여 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과를 Figure 64에 나타내었다. 2개의 화합물은 대조군으로 사용한 vitamin C의 활성보다 낮게 나타났다.

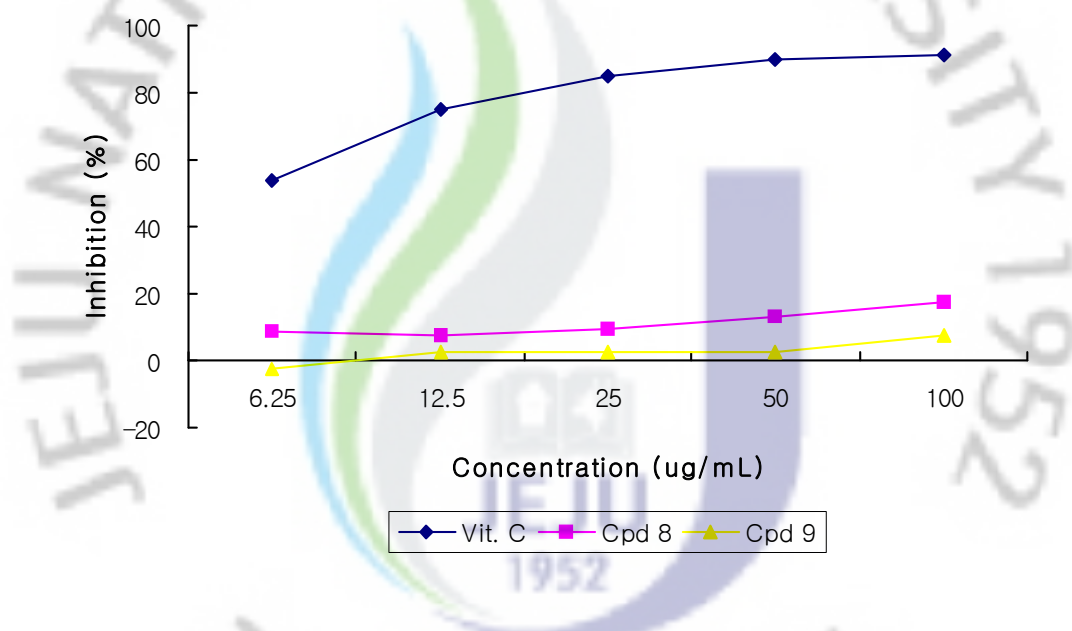


Figure 64. Results of DHHP scavenging activity for compound 8 and compound 9 from *E. cava*.

4. 결론

감태로부터 9개의 화합물, 즉 phloroglucinol(1), phlorotannin A(2), eckol(3), triphloroethol A(4), fucodiphloethol E(5), phlorofucofuroeckol A(6), dieckol(7), Compound 8과 Compound 9를 분리하였다. 이 중 compound 8과 compound 9는 감태에서는 처음으로 분리된 물질이며, 특히 compound 9는 자연계에서 처음으로 분리된 물질이다.

감태로부터 분리된 화합물들에 대하여 tyrosinase 저해 활성, elastase 저해 활성, DPPH 라디칼 소거 활성 검색을 실시한 결과, phlorofucofuroeckol과 dieckol에서 우수한 활성을 보였다. 이 화합물들은 dibenzodioxine 형태의 phlorotannin들로 이들 구조가 활성에 영향을 준 것으로 예상된다(Figure 65).

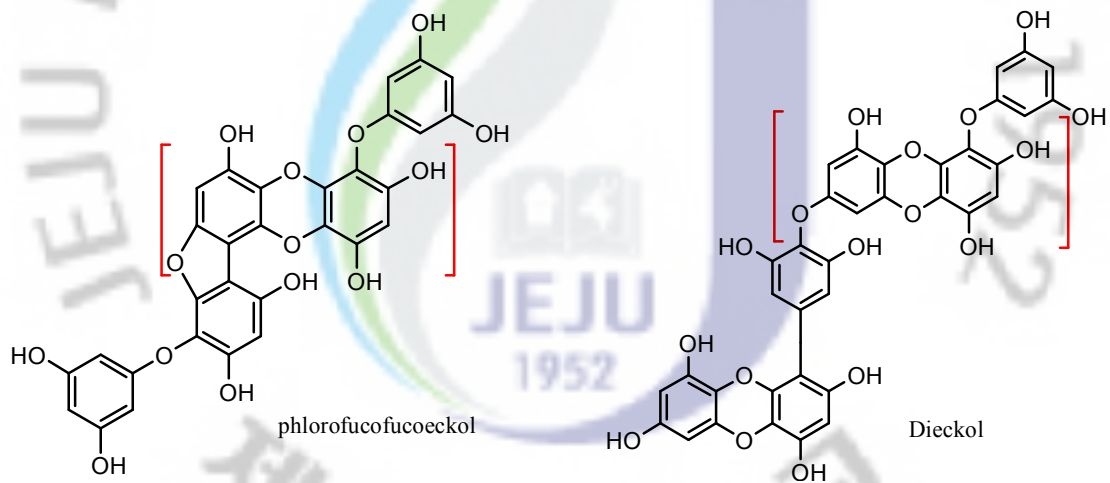


Figure 65. Structure of compound 6, 7 for comparison structure with activity.

감태에서 분리된 물질들은 그 효능·효과가 이미 많이 알려진 상태이며, 식품 첨가제로 사용이 되고 있다. 최근에는 화장품 회사에서 첨가제로 사용하여 기능성 화장품으로 상용되고 있는 실정이다. 또한 효능을 가진 화합물들이 지속적으로 분리 동정 되어지고 있으므로 계속적으로 연구할 가치가 있다고 사료된다.

VI. 결 론

기후적 특성으로 인해 다양한 생물종이 분포하고 있는 제주도내에 자생 식물들을 대상으로 하여 기능성 화장품 소재 개발을 위한 기초자료 구축과 소재 개발을 위한 연구를 진행하였다. 미백 활성, 주름개선 활성, 항산화 활성에 대하여 검색이 이루어졌고, 그 결과에 대하여 경향성을 정리하여 보았다. 또한 활성이 좋았던 식물들을 대상으로 하여 유효성분 분리를 실시하였다.

제주 자생식물들의 70% ethanol과 hexane, ethyl acetate, buthanol, water을 용매로 하여 추출물 및 분획물들을 제조하였고, 이들을 이용하여 활성 검색을 하였다. 그 결과, 총 62개 과(family), 136종(species), 272 가지(part used)에 대하여 실시되었고, tyrosinase 저해 활성의 IC₅₀값이 150 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 갖는 시료의 개수는 41개, elastase 저해 활성의 IC₅₀값이 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 갖는 시료의 개수는 75개, DPPH 라디칼 소거 활성의 RC₅₀값이 10 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 이하의 값을 갖는 시료의 개수는 56개로 나타났다.

미백 활성이 좋았던 솔비나무(*Maackia fauriei*) 가지를 가지고 유효성분 분리를 하였고, 그 결과 9개의 flavonoid를 분리하였다. 분리된 화합물은 각각 Tectorigenin, Genistein, Afromosin, Formononetin, Daiazein, 7-O-methoxyafromosin, Texasin, Mirkoin, Odoratin 으로 구조 동정되었다. 이 중 Tectorigenin, Daiazein, 7-O-methoxyafromosin, Texasin, Mirkoin, Odoratin은 솔비나무에서는 처음으로 분리된 화합물들이다. 분리된 화합물들에 대하여 미백 활성 검색을 한 결과, Mirkoin, Tectorigenin, Genistein, Daiazein 순으로 활성이 우수하였으며, 이는 구조와 관련이 있다는 것을 확인하였다. 특히 mirkoin의 경우는 기질인 tyrosine과 경쟁적으로 저해한다는 것을 확인하였다.

해조류인 감태(*Ecklonia cava*)로부터 7개의 phlorotannin을 분리하였다. 분리된 화합물은 각각 Phloroglucinol, Phlorotannin A, Eckol, Triphlorethol A, Fucodihlorethol E, Phlorofucofucocockol, Dieckol로 동정되었다. 특히 dieckol에 대하여는 재결정에 의한 새로운 분리 방법을 확립하였다. 이들에 대하여 미백 활

성 및 주름개선 활성에 대하여 검색을 한 결과, 미백 활성에서는 Eckol, Phlorofuofucoeckol, Dieckol이 높은 활성을 보였고, 주름개선 활성에서는 Phlorofuofucoeckol, Dieckol이 높은 활성을 보였다. 7개의 phlorotannin 외에 2개의 화합물을 분리하였다. glycolipid 형태의 두 가지 화합물 compound 8과 compound 9는 감태에서는 처음으로 분리된 화합물이며, 특히 compound 9는 현재 보고된 바 없는 신물질인 것으로 확인하였다. 두 화합물에 대하여 미백 활성, 주름개선 활성, 항산화 활성 검색을 하였으나, 높은 활성을 보이지는 않았다.

본 연구의 결과를 바탕으로 하여 제주도내에 자생하고 있는 육상식물에 대하여 기능성 화장품 소재 개발을 위한 기초 자료를 구축하였고, 소재로 활용 가능한 식물군을 확인하였다. 뿐만 아니라 현재 관심이 집중되고 있는 해조류에 대하여도 기능성 화장품 소재로서의 활용 가능성을 확인하였다.

VII. 참고문헌

1. 표형배. 한방소재 생리활성 물질을 이용한 고기능성 미백화장품 개발. *건강기능제품 개발사업 최종보고서*. 2004, 46-61.
2. 이병근. 천연유래의 멜라닌생성 억제물질 선별 및 이를 이용한 기능성 미백화장품 개발. *본건의료기술연구개발사업 최종보고서*. 2004, 20-30.
3. 고려경. 종가시나무, 조록나무 및 수련을 이용한 기능성 화장품 활성 성분 규명. *제주대학교 대학원 석사학위논문*. 2007.
4. 태평양 기술 연구원 피부과학 연구소. 화장품 과학자를 위한 피부과학. *화장품 과학총서*. 1.
5. Janoff, A.; Scherer, J. *J. Exp. Med.* 1968, 128, 1137.
6. Power, J.C. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1983, 127, 54.
7. 박수남. 피부노화와 항산화제, *대한화장품학회지*. 1997, 23, 75-132.
8. Blois, M. S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 1958, 181, 1199-1200.
9. Suffness, M.; Douros, J. *J. Nat. Prod.* 1982, 45, 1-14.
10. 김문홍. 제주식물도감. *제주도인쇄협동조합*. 1992.
11. (주)바이오랜드. 수련 등의 제주식물들로부터 기능성 화장품 소재개발. *지식경제부 지역산업기술개발사업 최종보고서*. 2008.
12. 정지형. 해양생물로부터 생리활성 물질 탐색. *부산대학교 해양과학공동 연구소*. 1996. 219-220.
13. 이용필, 강서영. 한국산 해조류의 목록. *제주대학교 출판부*. 2001.
14. Lee, N.H., Yoon, J.S., Lee, B.H., Choi, B.W., Park, K.H. (2000) Screening of the radical scavenging effects, tyrosinase inhibition and anti-allergic activities using *Opuntia ficus-indica*, *Kor. J. Pharmacogn.* 31: 412-415.
15. Gurfinger, T. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 1981, 58, 966.
16. 윤진석. 손바닥 선인장(*Opuntia ficus-indica*)의 라디칼 소거활성, Tyrosinase 억제 활성, 항알레르기 활성 검색 및 유효성분 분리. *제주대학교 대학원 석사학위논문*. 2000.

17. James, A.E.K.; Timothy, D.W.; Gordon, L. *Biochemistry*. **1996**, 35, 9090.
18. Shu-fung, L.; Satish Manohar, N.; Banisree, M.; Banisree, M.; Susan, M.; Chung-Li, C.; Chao-Lin, K.; Hsin-Sheng., T. In vitro Propagation by Asymbiotic seed Germination and 1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl(DPPH) Radical Scaviging Activity Studies fo Tissues Culture Raised Plant of Three Medinarry. Important Species of Dendrobium. *Biol. Phar., Bull.* **2004**, 27, 731-735.
19. Blois M. S. et al. Editors Free Radicals in Biological System, **1961**, 405.
20. 이남호; 백종석; 오태헌; 김정미. 제주산 담팔수(*Elaeocarpus sylvestris* var. *ellipticus*)로부터 Cucurbitacin F의 분리 및 분석. *제주대학교 기초과학연구*. **2005**, 18(2), 57.
21. Melchior, H.A Engler's syllabus der Pflanzenfamillien band II. *Berlin-Danlem*. Berlin. **1964**, 232.
22. 황명희; 권용수; 김창민. Isoflavone compounds of the heartwood of *Maackia fauriei*. *Yakhak Hoeji*. **1997**, 41(4), 444-449.
23. 고숙희; 권용수; 도상학. Flavonoids from the heartwood of *Maackia fauriei*. *Yakhak Hoeji*. **1999**, 43(5), 553-558.
24. 황명희; 권용수; 김창민. A New isoflavone glycoside from the heartwood of *Maackia fauriei*. *Natural Medicines*. **1998**, 52(6), 527-528.
25. 권용수; 김창민. Flavonoids of the stem bark of *Maackia fauriei*. *Kor. J. Pharmacogn*. **1998**, 29(1), 56-59.
26. Young, M.H.; Sang, W.C.; Suhee, S.; Hyojin, L.; Hongsook, S.; Hae, Y.C. 4-(6-Hydroxy-2-naphthyl)-1,3-bezendiol: A Potent, New tyrosinase inhibitor. *Biol. Pharm. Bull.* **2007**, 30(9), 1711-1715.
27. Park, H.J.; Park, J.; Moon, J.O.; Lee, K.T.; Jung, W.T.; Oh, S.R.; Lee, S.R. Isoflavone glycoside from the flowers of *Pueraria thunbergiana*. *Phytochemistry*. **1999**, 51, 147-151.
28. Hen, C.J.; Fritz, Z. Carbon-13 chemical shift assignments of chromones and isoflavones. *Canadian J. of Chem.* **1980**, 58(12), 1211-1219.

29. Hosny, M.; Rosazza, J.P.N. *Journal of Natural Products*. **1999**, *62*, 853-858.
30. Bernhardt, M.; Shaker, K.H.; Elgamal, H.A.; Seifert, K. The new bishomoflavone ononin and its glucoside from *Ononis vaginalis*. *Z Naturforsch C*. **2000**, *55*, 516-519.
31. Velozo, L.S.M.; Silva, B.P.; Silva, E.M.B.; Parente, J.P. Constituents from the roots of *Bowdichia virgilioides*. *Fitoterapia* **70**. **1999**, 532-535.
32. 류태형. Principles of Biochemistry. *자유아카데미*. **1980**, 386-396.
33. Edward, J.L.; Christooher, A.R.; Patrick, A.R. Tyrosianse autoactivation and the chemistry of *ortho*-Quinone amines. *Acc. Chem. Res.* **2003**, *36*, 300-308.
34. 함영민. 감태(*Ecklonia cava*)를 이용한 항산화물질의 분리 및 구조분석. 제주대학교 대학원 석사학위논문. **2005**.
35. Ahn, M.J.; Yoon, K.D.; Min, S.Y.; et. al. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and protease by Phlorotannins from the Brown alga *Ecklonia cava*. *Biol. Pharm. Bull.* **2004**, *27*, 544-547.
36. 김외경, 이태기, 박영범, 박덕철, 이용우, 여생규, 박영호, 김선봉. 해조류 추출물의 Xanthin oxidase 저해작용 및 저해 인자의 분리. *한국식품영양과학회지*. **1996**, *25*, 1069.
37. 최병욱, 이봉호, 강기정, 이은석, 이남호. 해조류 및 생약의 Tyrosianse 억제 활성 검색. *생약학회지*. **1998**, *29*, 237-242.
38. Kim, J.A.; Lee, J.M.; Shin, D.B.; Lee, N.H. The antioxidant activity and tyrosinase inhibitory activity of Phlorotannins in *Ecklonia cava*. *Food. Sci. Biotechnol.* **2004**, *13*, 476-480.
39. 부희정, 함영민, 김정미, 이선주, 현진원, 이남호. 감태(*Ecklonia cava*)에서 분리한 Phlorotannin 성분의 Elastase 저해활성 및 Hyaluronidase 저해활성. *생약학회지*. **2006**, *37(2)*, 92-96.
40. Fukuyama, Y.; Kodama, M.; Miura, I.; Kinzyo, Z.; Kido, M.; Mori, H.; Nakayama, Y.; Takahashi, M. Structure of an anti-plasmin inhibitor, eckol,

isolated from the brown alga *Ecklonia kurome* OKAMURA and inhibitory activities of its derivatives on plasma plasmin inhibitors. *Chem. Pharm. Bull.* **1989**, 37, 349-353.

41. Nakamura, T.; Nagayama, K.; Uchida, K.; Tanaka, R. Antioxidant activity of phlorotannins isolated from the brown alga *Eisenia bicylis*. *Fisheries Science.* **1996**, 62, 923-926.
42. Kang, H.S.; Chung, H.Y.; Kim, J.Y.; Son, B.W.; Jung, H.A.; Choi, J.S. Inhibitory Phlorotannins from the edible brown alga *Ecklonia stolonifera* on total reactive oxygen species (ROS) generation. *Arch. Pharm. Res.* **2003**, 26, 286-293.
43. Kang, K.J.; Park, Y.J.; Hwang, H.J.; Kim, S.H.; Lee, J.G.; Shin, H.C. Antioxidative properties of brown algae polyphenolics and their perspectives as chemopreventive agents against vascular risk factors. *Biol. Pharm. Bull.* **2003**, 26, 286-293.
44. Rho, M.C.; Kimihiro, M.; Koubun, Y.; Yasushi, O. A novel inhibitor of platelet aggregation from the Cyanophyceae *Oscillatoria rosea* (NIEX-208). *Planta Med.* 1996, 62, 473-474.
45. 천연물화학 교재편찬위원회 편. Natural product chemistry. 영림사. **2006**. 130-131.
46. Takashi, M.; Akito, N.; Nobutoshi, M.; Jinsaku, S. Chemoenzymatic synthesis of 1-O-acyl-3-O-(6'-O-acyl- β -D-galactopyranosyl)-sn-glycerol. *Tetrahedron*, **1995**, 51(23), 6443-6450.