creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[UCI]I804:24011-200000265825

2016년 8월 박사학위논문

Biochemical treatments for prevention of damaged perm hair

민 명 자

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2016년 8월
박사학위논문

폄 모발의 손상방지를 위한 생화학적 처리법

조 선 대 학 교 대 학 원

화 학 공 학 과

민 명 자

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

펌 모발의 손상방지를 위한 생화학적 처리법

Biochemical treatments for prevention of damaged perm hair

2016년 8월 25일

조 선 대 학 교 대 학 원

화 학 공 학 과

민 명 자

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

폄 모발의 손상방지를 위한 생화학적 처리법

지 도 교 수 신 현 재

이 논문을 공학 박사학위신청 논문으로 제출함

2016년 4월 10일

조 선 대 학 교 대 학 원

화 학 공 학 과

민 명 자

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

민명자의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 이중헌 (인)

위 원 조선대학교 교 수 이재욱 (인)

위 원 ㈜컬러핑크알앤디 이 사 이태호 (인)

위 원 영산대학교 교 수 김진숙 (인)

위 원 조선대학교 교 수 신현재 (인)

2 0 1 6 년 6 월

조 선 대 학 교 대 학 원

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

목 차

List of Tables ····· vii

List of Figures ····· x

ABSTRACT ····· xiv

제 1장 서론 ····· 1

Ⅰ. 연구 배경 ····· 1

1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구의 범위 및 내용 ····· 4
3. 연구의 독창성 ····· 7

Ⅱ. 이론적 배경 ····· 9

1. 모발의 특성 ····· 9
1. 1. 모발의 성장과 탈모 ····· 9
1.1.1. 모발의 성장 ····· 9
1.1.2. 모발의 탈모 ····· 12
1. 2. 모발 형태의 구조 ····· 13
1. 3. 모발 단백질의 구성 ····· 18
1.3.1. 화학적 조성 ····· 18
1.3.2. 모발에 존재하는 결합 및 특성 ····· 18
2. 모발의 손상 ····· 24
3. 펌 원리 및 공정 ····· 25
3. 1. 일반 콜드 펌 공정 ····· 26
3. 2. 열 펌 공정 ····· 27
4. 환원제의 특성 ····· 28
5. 산화제의 특성 ····· 30
6. 효소의 특성 ····· 34

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 펌의 연구 동향 ····· 36
1. 국내외 연구 현황 및 문제점 ····· 36
2. 천연물을 이용한 모발 펌 선행연구 현황 ····· 37
3. 효소를 이용한 모발 펌 선행연구 현황 ····· 38

제 2 장 효소를 처리한 펌

제 2 장 1절 단백질분해효소(Alcalase)를 처리한 펌 ····· 41

Ⅰ. 서론 ····· 41
Ⅱ. 실험재료 및 방법 ····· 44
1. 실험 재료 ····· 44
1. 1. 시료 모발 ····· 44
1. 2. 효소액 제조 ····· 44
1. 3. 펌 제품 ····· 44
1. 4. 펌 시술 ····· 45
1.4.1. 콜드 펌 처리 및 시술 모발의 분류 ····· 45
1.4.2. 열 펌 처리 및 시술 모발의 분류 ····· 48
2. 실험 방법 ····· 53
2. 1. 펌 모발의 효율 측정(길이 수축률, 유지율 및 직선회복율) ····· 53
2. 2. 모발 굵기 측정 ····· 55
2. 3. 인장율 및 신장률 측정 ····· 55
2. 4. 다공성 측정 ····· 56
2. 5. 전자현미경 관찰 ····· 56

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험 결과 ····· 57
1. 펌 모발의 효율 측정(길이 수축률, 유지율 및 직선 회복율) ····· 57
1. 1. 콜드 펌의 수축률, 유지율 ····· 57
1. 2. 콜드 펌의 직선 회복율 ····· 58
1. 3. 열 펌의 길이 수축률 및 유지율 ····· 59
1. 4. 열 펌의 직선 회복율 ····· 61
2. 모발 굵기 측정 ····· 67
3. 인장 특성 ····· 70
4. 전자현미경 관찰 ····· 75
5. 다공성 측정 ····· 78
6. 통계 처리 ····· 82
Ⅳ. 고찰 ····· 83

제 2 장 2절 꽃송이버섯 효소를 처리한 펌 ····· 85
Ⅰ. 서론 ····· 85
Ⅱ. 실험재료 및 방법 ····· 88
1. 실험 재료 ····· 88
1. 1. 시료 모발 ····· 88
1. 2. 꽃송이버섯의 효소활성 측정 ····· 88
1.2.1. 단백질분해효소 활성 분석 (SAP) ····· 88
1.2.2. 단백질분해효소 활성분석 (HUT) ····· 89
1.2.3. 단백질분해효소 활성분석 (Plant) ····· 89
1. 3. 꽃송이버섯 효소 추출 ····· 89
1.3.1. 글리신 완충제(glycin buffer)를 이용한 꽃송이버섯 효소 추출 ····· 89
1.3.2. 보레이트 완충제(borate buffer)를 이용한 꽃송이버섯 효소 추출 90

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 방법 ····· 91
2. 1. 꽃송이버섯 효소 펌 시술 ····· 91
2. 2. 꽃송이버섯 효소 처리 방법 ····· 91
2. 3. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선 회복율) ····· 92
Ⅲ. 실험 결과 ····· 93
1. 꽃송이버섯의 효소활성 측정 결과 ····· 93
1.1. 단백질분해효소 분석 (SAP) ····· 94
1.2. 단백질분해효소 분석 (HUT) ····· 94
1.3. 단백질분해효소 분석 (Plant) ····· 95
2. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선 회복율) ····· 102
3. 통계 처리 ····· 108
Ⅳ. 고찰 ····· 109

제 3 장 꽃송이버섯 발효액 처리 ····· 110

Ⅰ. 서론 ····· 110
Ⅱ. 실험재료 및 방법 ····· 113
1. 실험 재료 ····· 113
1. 1. 시료 모발 ····· 113
1. 2. 꽃송이버섯 발효 ····· 113
1. 3. 꽃송이버섯 유산균 발효액 농축 ····· 114
1. 4. 꽃송이버섯 발효액의 항산화능 측정(DPPH, ABTS) ····· 114
1.4.1. DPPH radical scavenging activity ····· 114
1.4.2. ABTS radical scavenging activity ····· 115
1.4.3. Superoxide dismutase(SOD) activity ····· 117
1.4.4. Hydroxyl Radical 소거효과 측정 ····· 119
1.4.5. 2차 발효물의 항산화 활성 ····· 120
1.4.6. 2차 발효물의 폴리페놀 함유량 측정 ····· 120

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 5. 펌 시술 ····· 121
2. 실험 방법 ····· 122
2. 1. 꽃송이버섯 유산균 발효액 처리 방법 ····· 122
2. 2. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선회복율) ····· 123
2. 3. 모발 굵기 측정 ····· 123
2. 4. 인장 특성 ····· 123
2. 5. 전자현미경 관찰 ····· 123
Ⅲ. 실험 결과 ····· 124
1. 꽃송이버섯 발효물의 항산화능 측정 결과 ····· 124
1. 2. ABTS radical scavenging activity 결과 ····· 138
1. 3. SOD activity 결과 ····· 147
1. 4. Hydroxyl Radical 소거효과 측정 결과 ····· 152
1. 5. 2차 발효물의 항산화 활성 결과 ····· 153
1. 6. 2차 발효물의 폴라페놀 함유량 ····· 159
1. 7. 꽃송이버섯 발효액의 단백질분해효소 활성 측정 ····· 162
2. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선회복율) ····· 162
3. 모발 굵기 측정 ····· 166
4. 인장 특성 ····· 168
5. 전자현미경 관찰 ····· 171
6. 통계 처리 ····· 173
Ⅳ. 고찰 ····· 174

제 4 장 생화학 완충제의 적용 ····· 176

Ⅰ. 서론 ····· 176
Ⅱ. 실험재료 및 방법 ····· 179
1. 실험 재료 ····· 179
1. 1. 시료 모발 ····· 179

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 2. 완충제 제조 ····· 179
1.2.1. 글리신 완충제 제조 ····· 179
1.2.2. 보레이트 완충제 제조 ····· 179
1. 3. 펌 시술 방법 ····· 179
1. 4. 펌 시술 모발의 분류 ····· 180
2. 실험 방법 ····· 182
2. 1. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선회복율) ····· 182
2. 2. 모발 굵기 측정 ····· 182
2. 3. 인장 특성 ····· 182
2. 4. 다공성 측정 ····· 182
Ⅲ. 실험 결과 ····· 183
1. 펌 효율 측정 ····· 183
2. 모발 굵기 측정 ····· 187
3. 인장 특성 ····· 190
4. 다공성 측정 ····· 192
5. 통계 처리 ····· 198
Ⅳ. 고찰 ····· 199

제 5 장 정리 및 제언 ····· 201

참고문헌 ····· 204

감사의 글

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Tables

Table 1. Overall composition of human hair ····· 21

Table 2. Amino acid composition of different human hair ····· 23

Table 3. Reducing agent composition for perm waving ····· 29

Table 4. Oxidizing agent composition for perm wave product ····· 32

Table 5. Classification list of samples ····· 48

Table 6. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair wave by cold perm (40℃) ····· 63

Table 7. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by heat perm (80℃) ····· 64

Table 8. Wave forming, maintenance ability and of straightness degree of hair waving by heat perm (160℃) ····· 65

Table 9. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by heat perm (200℃) ····· 66

Table 10. The thickness change of perm treated hair by Alcalase ····· 68

Table 11. Mechanical properties of perm treated hair by Alcalase ····· 72

Table 12. Absorbance changes of the perm treated hair ····· 81

Table 13. Classification list of samples by *Sparassis latifolia* enzyme ····· 91

Table 14. Classification list of samples by *Sparassis latifolia* enzyme activity ····· 99

Table 15. O.D. and L-tyrosine content (HUT, SAP, Plant) ····· 100

Table 16. O.D. and L-tyrosine content (HUT, SAP, Plant) ····· 101

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 17. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by *Sparassis latifolia* enzyme ····· 106

Table 18. SOD activity conditions ····· 117

Table 19. Classification list of samples by fermented *Sparassis latifolia* ····· 122

Table 20. Result of DPPH activity for *Sparassis latifolia* fermentation ····· 131

Table 21. Result of DPPH activity for *Sparassis latifolia* fermentation ····· 137

Table 22. IC_{50} of ABTS radical scavenging activity ····· 146

Table 23. IC_{50} of SOD activity ····· 150

Table 24. IC_{50} of Hydroxyl radical scavenging activity ····· 152

Table 25. IC_{50} of radical scavenging activity ····· 155

Table 26. Total polyphenol contents of 2nd-fermented *Sparasis latifolia* ····· 161

Table 27. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by fermented *Sparassis latifolia* ····· 164

Table 28. The thickness change of perm treated hair by fermented *Sparassis latifolia* ····· 167

Table 29. Mechanical properties of perm treated hair by fermented *Sparassis latifolia* ····· 170

Table 30. Classification list of applied to buffer oxidation ····· 180

Table 31. Applied solution ····· 181

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 32. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by 6 type solution ····· 185

Table 33. Thickness change of perm-treated hair by 6 type solution ····· 189

Table 34. Mechanical properties of perm treated hair by 6 type solution ····· 191

Table 35. Absorbance changes of perm-treated hair by 6 type solution ····· 194

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

List of Figures

Fig. 1. Schematic illustrating the stages of hair growth: anagen, catagen, telogen. ····· 11

Fig. 2. Stereogram of the hair fiber structure, illustrating substuctures of the cuticle and cortex. ····· 15

Fig. 3. Directional swelling of human hair. ····· 16

Fig. 4. Structure of an alpha-helix. ····· 17

Fig. 5. Stuctures of amino acids in human hair. ····· 22

Fig. 6. Oxidation in hair. ····· 33

Fig. 7. Procedure of cold perm wave. ····· 46

Fig. 8. Classification of cold perm wave. ····· 47

Fig. 9. Procedure of haet perm wave. ····· 49

Fig. 10. Classification of heat perm wave. ····· 50

Fig. 11. Reduction and oxidation of hair with sulfite bond. ····· 51

Fig. 12. Reducing agent and oxidizing agent for wave chang by rod-winding. ····· 52

Fig. 13. Hair shrinkage calculation of dimensional change. ····· 54

Fig. 14. Perm wave styles by ⓐ, ⓑ, ⓒ and ⓓ. ····· 62

Fig. 15. The thickness change of perm treated hair. ····· 69

Fig. 16. The tensile strength chang of perm treated hair. ····· 73

Fig. 17. The elongation change of perm treated hair. ····· 74

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 18. SEM images of the hair cuticle with treated Alcalase(cold perm). ····· 76

Fig. 19. SEM images of the hair cuticle with treated Alcalase(heat perm). ····· 77

Fig. 20. Absorbance changes of the perm treated hair. ····· 80

Fig. 21. L-tyrosine standard curve. ····· 96

Fig. 22. The result of protease activity (respectively experiment method and 50 mg/ml concentration). ····· 97

Fig. 23. The result of protease activity (respectively experiment method and 25 mg/ml concentration). ····· 98

Fig. 24. Perm wave images by *Sparassis latifolia* enzyme. ····· 107

Fig. 25. Principle reaction of ABTS. ····· 116

Fig. 26. Principle reaction of SOD. ····· 118

Fig. 27. Principle reaction of hydroxyl radical. ····· 119

Fig. 28. Principle reaction of DPPH. ····· 126

Fig. 29. Galic acid standard curve(DPPH). ····· 127

Fig. 30. Changing color samples of reaction for DPPH. ····· 128

Fig. 31. *Sparassis latifolia* fruit body and *Sparassis latifolia* dry powder of DPPH activity. ····· 129

Fig. 32. *Sparassis latifolia* fruit body and *Sparassis latifolia* dry powder of DPPH activity result. ····· 130

Fig. 33. DPPH radical scavenging activity concentration (50 mg/ml). ····· 132

Fig. 34. DPPH radical scavenging result of samples concentration (S. C. O.).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

····· 133

Fig. 35. DPPH radical scavenging result of samples concentration (*Lactobacillus spp.*). ····· 134

Fig. 36. DPPH radical scavenging result of samples concentration (Broth). ····· 135

Fig. 37. DPPH radical scavenging result of samples concentration(SCP). ····· 136

Fig. 38. Galic acid standard curve (ABTS). ····· 139

Fig. 39. Changing color samples of reaction for ABTS. ····· 140

Fig. 40. ABTS radical scavenging activity of concentration 25 mg/ml. ····· 141

Fig. 41. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (*Lactobacillus spp.*). ····· 142

Fig. 42. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (S. C. O.). ····· 144

Fig. 43. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (S. C. P.) ····· 145

Fig. 44. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (Broth) ····· 145

Fig. 45. SOD activity. ····· 148

Fig. 46. SOD radical scavenging result of samples concentration. ····· 149

Fig. 47. Hydroxyl radical scavenging result of samples. ····· 151

Fig. 48. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (DPPH radical scavenging). ····· 156

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 49. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (ABTS radical scavenging). ····· 157

Fig. 50. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (Hydroxyl radical scavenging). ····· 158

Fig. 51. Perm images of fermented *Sparassis latifolia*. ····· 165

Fig. 52. Comparison of images of the heating perm wave styles by 6 type solution. ····· 172

Fig. 53. Comparison of images of the heating perm wave styles by 6 type solution. ····· 186

Fig. 54. perm processing of buffer solution. ····· 195

Fig. 55. Changes of hair absorbance in permanent hair by 6 types of solution. ····· 196

Fig. 56. Change of hair thickness in permanent hair by 6 types of solution. ····· 197

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

Biochemical treatments for prevention of damaged perm hair

Min, Myung-Ja
Advisor: Prof. Shin, Hyun-Jae, Ph.D.
Major in Cosmetic Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School of Chosun University

Wishes for personal beauty has developed a perm style of hair. General perm agent is divided into a reductant (reducing agent) and an oxidant (oxidizing agent). By the action of a reducing agent, the structure of the hair is inflated, causing the breaking of sulfur bonds. Oxidizing agent, while, induces the recombination of the broken sulfur bond (disulfide bond). For this reason, the use of frequent perm products will ultimately make hair damaged. Most previous studies so far were of the reducing agent. Sometimes there is a study of adding natural products oxidizing agent, but the study of natural product materials that can replace the existing oxidizing agent is almost sparse. Purpose of this study is to prevent damaged hair and increase high efficiency of perm by using a natural substances of perm agent that is based on the enzyme and related materials. Commercial protease (Alcalase), *Sparassis latifolia* enzyme, fermentation broth of *S. latifolia*, and biochemical buffers were used as a perm agent. Hair perm has been completed for efficiency evaluation during 4 weeks, repeated daily shampoo, after drying in the direction of gravity, to measure the length of the hair. Length-measuring hair, the initial shrinkage (S), retention ratio (Sc & Sp), calculated at the recovery rate of the linear and (Sd)%. Because of damage prevention effect, the comparison of morphology using an electron microscope (× 2000), tensile strength and tensile congregation measurement, the thickness of the hair, of

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

porosity measurements were carried out. In addition, the enzymatic activity and antioxidant capacity of *S. latifolia* were measured.

Results of applying the test samples have been able to obtain a high effectiveness of perm as those compared to classical oxidizing agent. On the perm efficiency rating, initial shrinkage (S) was higher by (-)13.6 ~ (-)20% when the protease was applied heat perm process on 160℃ and 200℃. Also after four weeks, the Higher retention rate of wave because stretched degree (Sd) was (-)8.7 ~ (-)16.8% lower than using conventional oxidizing agent ($p<.05$). On the application of oxidizing agent *S. latifolia* enzyme, S was significantly higher in (-)36.4% in the time of use with glycine buffer. Moreover, Sd appears (-)28,5% so it was confirmed high wave-perm retention rate. However, *S. latifolia* fermentation broth, it did not confirm significant differences that S was (-)12.2% and Sd was (-)6%, but it verified the possibility of the oxidizing agent functions. Moreover it confirmed a high activities of antioxidant and protease. In the application of two types of buffers (glycine and borax buffer), glycine buffer showed a high efficiency of perm than the conventional oxidizer. It confirmed the possibility of the buffer can be used for function of the oxidizing agent alone. In application of protease, in the evaluation of hair damage prevention section, high temperature treatment (200℃) is confirmed loss of cuticle. Therefore 40~160℃ treatment was identified as stable. In the measurement of tensile strength, protease 0.01% dilution by applying an oxidizing agent was confirmed that prevent damage to the hair that express increase 17.7% at 80℃ and 9.7% at 160℃. These results confirmed the reduction of the damage in the process of the glycine buffer. These results *S. latifolia* extract containing the enzyme and the enzyme was avoid damage to the hair caused by the perm as well as increasing efficiency of the perm. Meanwhile, most of the previous studies have been focus on the reducing agent. Sometimes there was a study of adding an the natural oxidizing agent, but research of the natural material that can replace the existing oxidant is little. Therefore, environmentally friendly perm agent, *S. latifolia* extract and enzyme is considered to be developed to use an oxidizing agent for style of consumers and health of their hair.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제1장 서론

Ⅰ. 연구 배경

1. 연구의 필요성

아름다움을 추구 하는 인간의 욕구는 헤어스타일에 있어서도 펌 웨이브(perm wave, permanent-waving)의 유행을 발전시켰다. 펌은 커트로 정리된 두상의 형태를 보완하고 개성을 살릴 수 있는 장점이 있다. 최근 여성들의 사회진출의 영향으로 자신의 외모를 보다 간편하고 아름답게 지속시키고자 펌의 유행은 더욱 가속화되는 경향이 강하다고 할 수 있다. 더불어 펌의 소비자 증가는 헤어살롱의 매출에 있어서도 절반이상을 차지하며 그 비중이 높아지고 있다. 그러나 펌 웨이브는 모발의 손상을 초래하여 형태학적으로 모표피의 박리, 용해, 광택 및 촉감의 저하 등이 있을 뿐만 아니라 내부적으로 화학적 결합 구조에도 영향을 미치므로 간충물질의 저하, 수분의 손실, 보습인자의 유출, 황결합의 파괴 등을 일으킨다. 이러한 모발은 결과적으로 탄력성이 저하되고 인장력이 감소되는 질적 손상을 일으킨다. 따라서 다양한 펌 제품의 개발과 함께 품질의 고급화와 차별화가 요구되고 있는 실정이며, 기존의 펌 제품(perm agent)들의 단점을 보완하고자 최근 천연물에 대한 펌제 연구가 증가하고 있는 추세이다(김 & 남, 2001).

최근 소비자들은 화학적인 제품의 시술보다 천연의 자연주의 제품에 만족도가 높아지고 있다(최, 2010). 이것은 보다 친환경적인 제품 개발의 필요성이 요구되고 있다고 할 수 있다. 이러한 친환경적인 기술은 미생물을 기반으로 부산물이 거의 없는 효소를 이용하는 방법이 대안이라 할 수 있다.

그동안 효소를 이용한 섬유산업과 모발의 연구로는 최(2010)에 의한 키위(*Apteryx australis*) 추출물 처리에 의한 두피·모발의 품질개선 효과와 만

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

족도에 관한 연구에서 프로테아제(protease) 처리가 손상모발에 미치는 영향을 긍정적으로 평가하여 적용의 가능성을 확인하였으며, 정 & 이(2001)는 프로테아제를 이용하여 면섬유의 단백질과 혼합된 오구를 제거하여 효소의 계면활성작용에 대하여 연구하였다. 강 et al.(2006)은 청국장으로부터 분리한 *Bacillus subtilis* K-54의 강력한 혈전용해효소를 양모섬유와 견섬유에 처리하여 양모와 견의 오구 제거로 품질개선 효과를 증명하였다. 그러나 이러한 연구들은 효소 및 그 부산물을 포함한 천연물이 두피 모발 화장품으로 활용할 가치가 있다고 판단하였으나 효소를 이용한 세정의 효과 또는 모발의 품질개선 효과에 극히 한정적 이였다. 한편 김(2008)은 프로테아제를 모발 염색의 전처리제로 사용하여 염색성을 향상시켰으며, 신 & 강(2012)은 대두콩과 난백의 단백질을 *Bacillus subtilis* K-54 효소를 이용하여 저분자 펩티드로 분해한 후 펌 웨이브 시술 시 트리트먼트제로 적용한 결과 침투력이 높고 모발손상 방지에 효과적 이였다고 보고하였다. 이 et al.(2012)은 단백질이 높게 함유된 갯지렁이를 프로테아제와 완충제를 이용하여 분해하여 펌 전처리제로 사용하여 펌의 형성력과 지속률을 평가하였다. 이러한 연구 결과를 미루어 볼 때 효소는 화학적 시술 시에 모발의 손상을 방지할 수 있는 트리트먼트 효과가 있다고 확인된다. 그러나 그동안 펌제의 선행연구들은 펌 1제 환원제(reducing agent, reductant)와 펌 2제 산화제(oxidizing agent, oxidizer)에 효소 또는 천연추출물을 첨가하여 펌의 효율 및 모발 손상방지효과 연구가 대부분으로 기존의 산화제를 대체할 수 있는 물질의 연구는 미흡하였다. 따라서 본 연구는 기존의 산화제를 대체할 수 있는 물질로 펌 과정에서 모발의 손상을 방지하여 탄력을 강화시키고 펌 웨이브 지속률을 향상 시킬 수 있도록 할 수 있는 펌제 조성물로 새로운 산화제를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

프로테아제(protease)는 단백질을 분해하는 효소로서 그동안 가축의 털, 양모 등의 섬유가공 및 정련에 사용되어왔으며, 산업적으로도 유용하다. 특히 알칼레이즈(Alcalase)는 호 알칼리성 프로테아제 효소로 pH 9～10에서 활성이 높게 나타나고 열에도 안정하여 50～60℃ 온도에서 최대 활성을 갖는다. 펌제의 환원제 알칼리의 범위는 일반적으로 pH 9～10 정도이며 펌제의 열처리 조건은 보통 40～55℃으로 Alcalase 활성범위와 유사한

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

조건이다. 따라서 높은 알칼리와 고온에서 활성이 높은 Alcalase를 모발의 펌 제로 적용하여 펌으로 인한 손상을 방지하고 웨이브의 형성력과 지속률을 향상시키고자 하였다. 또한 천연물 중에서도 프로테아제 효소가 높게 함유된 것으로 알려진 꽃송이버섯(*Sparassis latifolia*)으로부터 효소를 추출하여 펌제로 적용하였으며, 아울러 꽃송이버섯을 유산균으로 접종한 발효액과 생화학적 완충제(buffer)의 효과 또한 확인하고자 하였다. 따라서 Alcalase, 꽃송이버섯 추출 효소, 꽃송이버섯 유산균 발효액, 생화학적 완충제를 산화제로 적용하여 그 활용의 가능성에 대하여 연구하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 연구의 범위 및 내용

펌은 자연 상태의 모발에 화학적, 물리적인 힘을 가하여 모발의 형태와 구조를 변화시키는 과정으로 수분을 가하여도 풀리지 않은 웨이브를 오랫동안 지속시키는 것을 말한다. 그동안 펌제는 1900년대 네슬러(Nessler)에 의한 고온처리 붕사파마와 2차 세계대전 후 스피그먼(Speakman)의 상온처리 콜드 펌이 개발된 이후 펌제의 조성과 원리 등이 다양하게 보고되었다. 이러한 펌제는 사용방식에 따라 1스텝 방식과 3스텝 방식도 있으나, 2스텝 방식이 일반적으로 환원제와 산화제(중화제)로 나누어진다(Evans & Wickett, 2012).

펌의 원리는 환원제에 함유된 알칼리제가 모발의 내부에 약액의 침투가 용이하도록 팽윤시키고 메르캅탄(mercapthane) 화합물이 환원반응에 의하여 케라틴 단백질 분자 사이의 시스틴 결합을 절단한다. 환원제의 메르캅탄 화합물은 치오글리콜산, 시스테인 등에 암모니아, 모노에탄올아민 등의 알칼리제를 첨가하여 pH 7~10 범위로 조정하여 사용 할 수 있다. 산화제는 중화제(neutralizer)라고도 불리며, 브롬산염류 또는 산성의 과산화수소가 함유된 용제로 산화반응에 의하여 모발내부 시스틴을 재결합시키는 화학반응이다. 지금까지 산화제 원료는 브롬산염류, 요오드, 붕산염, 산성의 과산화수소(H_2O_2), 공기의 산화 등이 사용되어 왔으며, 금속촉매 공기산화도 있었다. 이러한 산화제의 메커니즘(mechanism)은 방출되는 산소에 의하여 절단된 모발 내부의 시스틴결합의 수소를 제거하는 산화반응의 화학적 작용으로 pH 7~4 범위로 조정되어 사용된다(Robbins & Bahl, 1984). 결국 산화제의 중요한 기능은 펌 웨이브의 고정이다. 이러한 산화제는 현재 시판 중인 브롬산나트륨($NaBrO_3$), 브롬산칼륨($KBrO_3$) 과산화수소(H_2O_2)가 함유된 제품이 있다. 그러나 브롬산나트륨은 반응시간이 느리고 사용 후 모발 중에 금속물질의 잔류성이 높아서 감촉의 저하로 인한 모발손상을 가중시킬 수 있으며, 브롬산칼륨이 함유된 산화제는 찬물에 용해되기 어렵고 침전으로 인한 불편함으로 인하여 최근에는 거의 사용하지 않고 있다. 과산화수소는 반응의 속도가 빠르므로 단시간에 펌

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

웨이브를 고정할 수 있는 장점이 있기 때문에 최근에는 반응이 빠르며 잔존율이 낮은 과산화수소가 함유된 산화제를 주로 사용하고 있다. 그러나 단점으로 모발을 약하게 하고 멜라닌 색소를 용출시켜 모발손상 및 퇴색의 원인으로 보고되기도 한다. 게다가 과산화수소가 포함된 산화제는 보존 온도가 높거나 금속 물질을 더하면 물과 산소로 분해되어 시스틴을 재결합시키는 산화제의 역할에 차질이 생겨서 결과적으로 웨이브가 늘어지는 원인으로 나타나기도 한다. 이러한 현상은 금속염이 함유된 염모제를 사용한 직후에 펌을 처리할 경우 더욱 나타난다. 그럼에도 불구하고 이러한 산화제는 19세기 이후부터 지금까지 사용 되어왔고 실질적으로 큰 변화가 없었다(Robbins & Bahl, 1984).

프로테아제는 전 세계 효소생산의 60%를 차지하며, 단백질을 분해하는 효소로 미생물이 발효되는 과정에서 생산된다. 프로테아제의 상업적 가치는 다양한 산업분야에서의 응용으로 찾을 수 있으며, 그동안 식품가공의 보조제, 폐수처리, 세제, 음식산업, 제약, 가죽의 제모, 종이산업, 단백질 등의 쓰레기 분해 및 양모의 섬유산업에서 유용하게 사용되어왔다. 이러한 효소의 사용 효과는 반응 후 부산물이 거의 없으며 생물학적 기반의 환경 친화적인 산물임을 특징으로 가진다. 알칼리안 프로테이즈 효소인 Alcalase는 높은 온도에 안정성을 가진 단백질분해 효소이며, pH 9~10 범위의 고알칼리성에서 높은 활성을 나타낸다. 이러한 특징은 pH, 온도, 금속이온, 계면활성제 및 유기용제에 적합한 특이성과 안정성을 나타내어 산업의 수요가 증가하고 있기 때문이다. 그동안 모발 및 섬유산업에서 효소의 이용은 주로 양모의 가공처리에 사용되어 왔으며, 가금류의 깃털 가공 및 분해를 위하여 사용되었다. 직물산업에서 효소의 이용 효과는 모표피 제거를 위한 염소 또는 산화제 처리로 인한 양모의 황변현상을 감소시켰으며, 모직물의 방축성(shrink proof)과 촉감을 향상시킨 결과를 얻었다(Das & Ramaswam, 2006). 양모는 주성분이 케라틴 단백질로 구성되어 있으며, 아미노산 중 시스틴이 다량 함유되어 강력한 이황와결합을 형성하여 인간의 모발과 거의 유사하다. 그러므로 효소는 인간의 모발에서도 적용할 수 있다. 지금까지 일부 연구에서는 프로테아제를 처리한 인간 모발의 염색성의 특성이 보고되었으며, 천연물에서 추출된 효소의 모발 펌의 적용 효과가 긍정적으로 보고되었다. 그러나 Alcalase를 이용한 모발

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

펌의 연구는 극히 한정적 이였으며 특히 산화제로 적용한 연구는 거의 전무하다고 할 수 있다. 그러므로 본 연구는 전통적인 산화제 이외에 다른 방법의 소재를 적용하여 부산물이 없는 환경 친화적인 산화제의 개발 가능성을 확인하고자한다. 아울러 본 연구의 목적은 모표피의 형태적 이미지 개선, 강도와 탄력향상, 펌 웨이브 형성율과 지속률을 증가시켜 모발손상을 최소한으로 방지함은 물론 모발 시스틴의 재결합을 증가시켜 웨이브의 효율을 높일 수 있는 모발화장품을 제공 하는데 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 연구의 독창성

최근 화장품 소비자의 선호도는 천연물 소재의 건강 및 뷰티 제품을 선호한다. 본 연구는 전통적인 모발 펌제인 환원제와 산화제에 상업용 알칼리성 프로테아제인 Alcalase, 천연물인 꽃송이버섯 효소, 꽃송이버섯 유산균 발효액, 생물학적 완충제를 적용시켜 친환경적 펌제 응용을 목적으로 하였다. 따라서 천연물 소재를 기반으로 효과적인 펌의 효율증대와 펌으로 인한 모발손상을 예방할 수 있는 제품으로 효소와 꽃송이버섯 추출물을 적용하였다.

펌은 헤어스타일을 영구적으로 변형시키기 위해 많이 사용되는 방법으로 자연 상태의 모발에 물리, 화학적 방법을 가하여 단백질의 구조를 변화시켜 웨이브를 얻거나 스트레이트 형태로 연출 할 수 있다. 그러나 잦은 펌의 시술은 큐티클의 손상으로 모피질의 단백질을 유출시켜 강도와 탄력이 저하될 뿐만 아니라 색상의 퇴색 및 과다한 팽윤으로 인하여 결국은 파손된 모발에 이르게 한다. 이러한 손상 모발을 방지하고자 펌 제품의 개발은 중요시 되고 있으며, 펌의 시술 방법, 시술 용제의 종류와 시술 온도 등에 따른 연구 등이 활발하게 진행되고 있다(하 & 고, 2012).

지금까지의 산화제는 과산화수소, 브롬산나트륨, 브롬산칼륨을 주성분으로 하는 제품이 주류를 이루었다. 과산화수소를 주원료로 하는 산화제는 작용시간이 짧고 모발에 잔류하지 않으며, 강한 웨이브를 얻을 수 있는 장점이 있어서 널리 사용되어 왔다. 과산화수소는 유기물에 접촉할 시에 물과 산소로 급속하게 분해되어 고분자물질을 저분자물질로 분해하는 특성이 있다. 또한 모발의 멜라닌 색소를 파괴하는 특성이 있어서 탈색의 목적으로도 사용되어 왔다. 그러나 과산화수소의 분해력은 모발의 약화와 변색을 일으키는 단점이 있다(윤 et al., 1995). 따라서 현재의 산화제 단점을 보완하여 모발의 구조를 분해 또는 재결합하여 펌의 효율을 높이고 손상을 예방할 수 있는 제품의 개발은 일반 소비자는 물론 미용업소에 유익한 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

알칼리성의 단백질가수분해효소는 생물 산업의 관점에서 많은 관심을

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

받고 사용이 증가하고 있으며, 상업적으로 이용이 가능하다. 특히 효소를 이용한 처리과정은 환경친화적인 공정중의 하나로 물리적 · 구조적 특성 평가에서 우수함이 확인되었다(Das & Ramaswam, 2006).

효소의 펌제 적용 선행연구는 단백질 조효소를 전처리제로 사용함으로써 웨이브의 형성률과 지속율의 증가를 보고 하였으며(이 & 강, 2011), 단백질분해효소를 이용한 지렁이 자가분해물을 펌 제에 처리하여 펌 효율과 손상을 분석하였다(Kwon et al., 2013). 그러나 효소 또는 분해물을 펌 과정에서 전처리제로 적용하거나 환원제에 첨가한 연구가 대부분으로 산화제에 효소를 적용한 연구는 희박하였다.

본 연구는 효소 및 꽃송이버섯 추출물을 펌 과정에 적용할 시 활성이 적합하고 환경 친화적이며, 펩티드의 함유로 인하여 모발의 손상을 예방할 수 있는 장점이 있다고 판단되므로 알칼리성 단백질분해효소를 펌 과정에 응용하고자 하였다. 이러한 연구는 지금까지 사용되어온 과산화수소 산화제와 효소를 적용한 산화제의 웨이브효율을 산출하여 비교하였으며, 손상의 예방 정도를 분석하여 환경친화적인 산화제 자료로 제시하고자 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 이론적 배경

1. 모발의 특성

1. 1. 모발의 성장과 탈모

1. 1. 1 모발의 성장

모발은 시스테인이 풍부한 경단백질로 구성되어 있으며, 다양한 종류의 세포를 포함한다. 사람의 두피에 존재하는 모발의 수는 약 10만개 정도이며 출생 시에 그 수가 이미 결정된다. 모낭(hair follicle)은 태생기 9주째에 눈썹과 윗입술, 턱에서 처음으로 생기기 시작하고, 다른 부위의 모낭은 4개월째에서 나타나기 시작하여 22주째에는 완전한 모낭을 이루게 된다. 모낭의 발생에서 가장 처음 보이는 변화는 기원판(placode)의 형성이며 이는 일차 모원배(일차 털싹, primary hair germ), 모전(털못, hair peg), 구상모전(망울털못, bulbous hair peg)으로 진행되어 완전한 모낭을 이루게 된다. 이러한 과정을 통하여 모아가 발생되며, 모발은 표피의 기저층에 해당하는 배아세포가 분열을 일으켜 각화과정을 통하여 표피층 밖으로 올라가는 것으로 모모세포로부터 만들어진다. 모발의 성장은 모낭의 성장과 퇴행기의 작용에 영향을 받는다. 이것은 생물학적 합성 영역의 최하위 영역으로 모유두(hair papilla)는 배아 모낭을 유도시에 모발 생식세포의 줄기세포 활성화 및 증식을 유도하는 신호를 발산한다(Alonso & Fuchs, 2006). 이러한 과정은 단백질 합성 및 모발 성장의 기본 영역이다.

모든 모낭(hair follicles)은 모간(hair shaft) 및 안내통로를 형성하여 간엽성의 세포계통(mesenchymal cells)에 상승을 주는 기지에서 상피전구세포(intermediary cell)와 동일한 기본구성이 있다. 상피전구세포는 자체 중간엽 세포의 핵심다발을 둘러싸고 모유두(hair papilla)는 모발성장을 조절하는 신호를 제공하는 것으로 생각된다(Oliver & Jahoda, 1988).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

모발의 성장주기는 표피와 중간엽 조직의 상호작용으로 성장기 퇴행기 휴지기 탈락기를 반복한다. 성장기단계(anagen stage)에는 모발의 상피가 모유두를 둘러싸고 모유두로부터 신호 전달 경로에 관여하는 물질의 공급이 원활하여 대사활동이 강렬한 특징이 있다(Fig. 1). 퇴행기단계(catagen stage)는 몇 주 동안 지속되며, 이 단계에서는 대사활동이 둔화되고 각질형성세포의 세포 사멸과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고된다. 휴지기단계(telogen stage) 또한 몇 주간이 지속되며 성장은 완전히 중지되고 모유두와 표피 간의 접촉이 제한되어 활성이 억제된다. 휴지기와 다음 성장기 단계를 탈락기단계(exogen stage)라고도 하는데 모발이 휴지기에서 바로 빠지지 않고 그 다음 성장기까지 붙어 있는 경우의 주기이다. 이렇게 모발은 독특한 주기를 지니게 됨으로 생물학적으로 매우 흥미 있는 기관이다. 모낭의 성장 유도는 여러 가지 원인이 있으나 그 중에 멜라닌 색소의 증가 및 원활한 혈액의 흐름이 모발성장에 중요한 작용을 한다. 표피 멜라닌아세포(melanoblasts)는 신경관세포에서 비롯되고, 멜라닌아세포 및 멜라노사이트(melanocytes) 확산의 규제와 역할은 케라티노사이트(keratinocyte) 파생요인과 증식에 관여한다. 또는 멜라닌아세포 상승작용 및 섬유아세포 성장인자(basic fibroblast growth factor, BFGF)와도 관련된다(Hirobe & Abe, 1999).

모발의 수명은 인종, 성별, 연령의 차이가 있으나, 평균적으로 3～5년이며, 성장속도는 하루 0.35 mm 1개월에 1.2～1.5 ㎝ 정도 자란다. 그러므로 일반적으로 모발의 최대 길이는 90 ㎝ 정도로 성장하지만 가끔 150 ㎝ 이상의 모발길이가 관찰되기도 한다. 이것은 1년에 15 ㎝ 이상의 성장속도를 나타내어 정상적인 성장속도 범위를 초과하였다. 이러한 이유는 성장기에서 휴지지 단계까지 성장주기를 제어하는 남성 호르몬의 기능장애를 수반하는 알려지지 않는 기전으로 보고된다. 반대로 특발성 다모증의 경우에는 온몸의 털, 안면 털, 수염 등이 과도한 형태로 내분비 이상에 의한 것이 아니라 오히려 남성호르몬 테스토스테론의 활성에 의한 것으로 모발의 성장 기전은 다양하다(Robbins, 2012).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

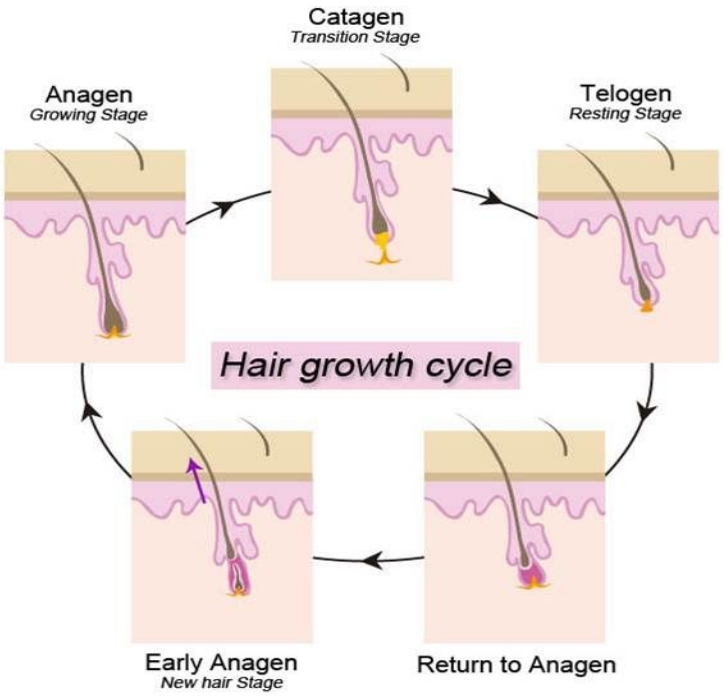


Fig. 1. Schematic illustrating the stages of hair growth: anagen, catagen, and telogen.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 1. 2 모발의 탈모

정상적인 모발의 탈모는 성장기(anagen), 퇴행기(catagen), 휴지기(talogen), 의 단계를 거치며 발생과 탈락을 반복 진행하는데 성장기는 모발의 형태가 완료되면 모낭(follicle)은 모유두에서 지속적인 성장자극의 부재로 인하여 퇴행기 모낭형성이 전환 된다(Mlüler-Röver et al., 2001). 퇴행기는 모유두는 그대로 온전하게 남아있고 상피조직과 멜라노사이트를 포함하는 모구(bulb)에서 모낭의 영구적인 부분의 위쪽으로 이동한다(Blanpain & Fuchs, 2009 ; Nishimura, 2011). 퇴행기 동안에는 모낭의 세포자멸사(apoptosis)의 절차가 진행되고 휴지기에 들어가면 모낭의 크기가 점차 줄어들게 되어 결국은 탈모로 이어져 하루 50～100개의 모발이 정상적으로 탈모된다. 탈모(hair loss, alopecia)는 노화현상으로 발생하는 자연탈모 외에 유전적 요소, 남성호르몬의 과다분비, 지루성 피부염, 스트레스, 식생활 습관, 잦은 미용시술이나 잘못된 화장품 시술방법, 환경오염, 영양의 불균형, 질병, 사회 문화적 변화 등 여러 가지 요인에 의해 발생되는 이상탈모로 구분된다. 자연탈모는 퇴화기와 휴지기에 해당되는 모발이 저항 없이 쉽게 빠지는 것이다. 자연탈모는 모근의 형태가 곤봉의 모양이며, 이상탈모는 모근부의 곤봉모양이 찌그러지거나 변형되어 있다(Miyata et al., 2014). 탈모의 확산 과정은 정상 굵기의 모발이 점차적으로 가늘고 짧은 형태의 엷은 솜털로 변환된다. 이러한 현상은 연령의 증가와 함께 점차적으로 심하여진다. 특히 탈모는 두정부 또는 앞머리 주변으로 이동되는 패턴의 특징이 있으며 임신, 출산, 폐경 등의 영향을 받는다. 또한 계절적인 영향으로 날씨가 온화한 봄에는 90%의 모낭이 성장기를 나타내고, 늦은 가을에는 80%가 성장기의 감소를 나타낸다. 정상적인 두피의 경우 모발의 80～90%는 성장기에 있으며, 1～2%는 퇴행기, 10～20%는 휴지기 단계에 있다. 그러나 비정상적인 탈모의 원인은 모세혈관으로부터 모발 생성에 필요한 영양분 및 신진대사가 내적, 외적 요인에 의하여 원활하게 공급되지 못하여 쉽게 모발이 탈락되거나 재생이 이루어지지 않는 일종의 병리 현상으로 정신적인 스트레스, 영양의 불균형, 환경오염 등에 의해서 발생 된다. 더욱이 펌 웨이브 공정과정에서 발생될 수 있는 약물의 과다 처리, 오버타임, 잘못된 시술 등도 탈모의 원인으로 작

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

용한다(박 et al., 2005 ; Price, 1975). 이러한 펌은 두피에 반복적인 화학약품 또는 과산화수소의 처리로 인하여 두피에 염증을 일으키기도 하며(Seo et al., 2012), 모발의 성장기를 짧아지게 하여 모발의 성장과 탈모에 관련될 뿐만 아니라 조기 흰머리 발생 등을 유도한다고 보고된다(Wood et al., 2009). 따라서 두피와 모발의 건강을 위하여 독성이 낮은 환경친화적인제품의 사용을 제안한다.

1. 2. 모발 형태의 구조

모발은 포유류만이 가지고 있는 각화된 상피세포로 이루어진 케라틴 단백질로 구성된다. 모발섬유는 아미노산의 펩타이드 결합에 의하여 α-나선 구조(α-helix)로 탄력을 제공하며(Gillespie, 1980), 물리적으로 당기거나 물 또는 화학약품에 의하여 β-평판 구조(β-sheet)로 전환되기도 한다(Wagner et al., 2007). 모발은 형태적으로 모표피(큐티클, cuticle), 모피질(코텍스, cortex), 모수질(메듈라, medulla)의 3층으로 이루어진 원통형의 원추섬유(cylindrica fiber)로 모발의 끝 쪽을 향하여 배열되어 있다(Dawber, 1996).

모표피는 모발의 10-15%를 차지하며, 친유성으로 가장 바깥층에 위치하여 비늘모양의 스케일이 겹쳐져 있어서 외부의 자극으로부터 내부를 보호해주고 습윤성과 광택을 결정한다. 또한 화학적인 저항력이 강하나 강염기 또는 강산에 의하여 부서지거나 용해되며, 마찰에 약하다. 모표피는 최외각의 에피 큐티클(epicuticle), 중간층의 액소 큐티클(exocuticle), 내부의 앤도 큐티클(endocuticle)로 이루어져 있다. 에피 큐티클의 두께는 10 ㎚ 범위이고 지질과 시스틴을 함유하는 단백질로 구성되어 약품에 대한 저항은 강하나 물리적인 작용에 약하다. 엑소 큐티클의 두께는 100～300 ㎚ 범위이고 외측과 내측으로 나뉘어 외측부의 시스틴 함량이 내측보다 더 높고 시스틴 결합을 절단하는 약품에는 약하다. 엔도 큐티클의 두께는 50～300 ㎚ 범위로 외측은 엑소 큐티클과 접해져 있고 내측은 세포막 복합체와 접해 있다. 엔도 큐티클은 시스틴 함량이 적고 산성 아미노산과 염기성 아미노산을 많이 함유하여 물에 대한 팽윤성이 높다.

모피질은 모발의 80-90%를 차지하며, 친수성으로 모발의 인장과 팽창

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 관련이 있다. 주성분은 피질세포(cortical cell), 간충물질(세포간 결합물질) 및 멜라닌 색소이다. 멜라닌 색소는 모발의 색상을 결정짓는 작은 구형 또는 타원형의 과립으로 직경은 약 0.2～0.8 ㎛의 사이즈로 모피질에 분산되어 있다. 피질세포는 긴 폴리펩타이드로 이루어져 있고 간충물질은 세포막 복합체(cell membrane complex, CMC)를 포함한다(Fig. 2). 이러한 피질의 성분들은 모발의 강도, 탄력, 질감, 색상 등과 관련이 있다. 모피질의 세포 유형은 orthocortex, paracortex, mesocortex로 황의 함량이 3～5%가 포함되어 시스틴의 함량이 높다. 피질세포의 주요 부분에는 macrofibrils이 나선형 모양(spindle-shaped, helical structures)으로 폭 또는 지름이 0.1~0.4 ㎛의 필라멘트(filaments)섬유 및 중간 필라멘트섬유(중간섬유, 미세섬유(intermediate filament, microfibrils, IF)로 구성되어 있다(Fig. 3) (Marshall RC, 1983). Pauling & Corey(1954)는 IF 내부의 폴리펩타이드 체인을 x-ray diffraction 분석에 의해 α-나선구조의 지름 범위는 약 9.8Å이며 나선의 아미노산 잔기의 반복거리는 약 5.1Å 단위로 보고했다(Fig. 4). 중간필라멘트의 결정성 단백질인 매트릭스(matrix)는 시스틴(cystine) 함유량이 높고 강력한 황결합으로 이루어져 있다. 매트릭스의 단백질은 가끔 연합케라틴 단백질(keratin-associated proteins) 또는 원섬유의 연합단백질(interfibrillar-associated proteins, IFAP)로 언급되고 습기나 물에 팽창하기 때문에 Interchain bonds 보다는 Intrachain bonds 라 추정 보고된다(이 et al., 2015). 모수질은 모발의 가장 중심부에 위치하며, 모발의 굵기에 따라서 존재의 유무가 달라지므로 동물의 말꼬리 또는 갈기 등 두꺼운 털의 내부에 존재하고 사람의 모발에서도 연모 또는 가는 모발에는 존재하지 않으며 정상범위의 굵은 모발에만 존재한다. 모수질의 내부는 섬유의 축을 따라서 연속 또는 불연속적으로 벌집모양의 다각형 세포가 존재하며, 빈 공간의 형태로 공기가 포함되어 있다. 모수질의 시스틴의 함량은 모피질에 비하여 적은 것으로 보고된다(Robbins, 1994).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

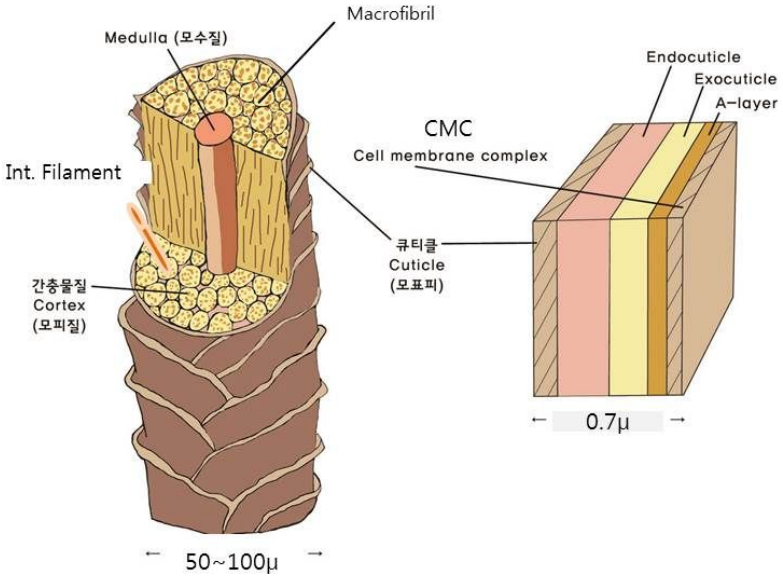


Fig. 2. Stereogram of the hair fiber structure, illustrating sub-structures of the cuticle and cortex. Proposed by Robbins (1994).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

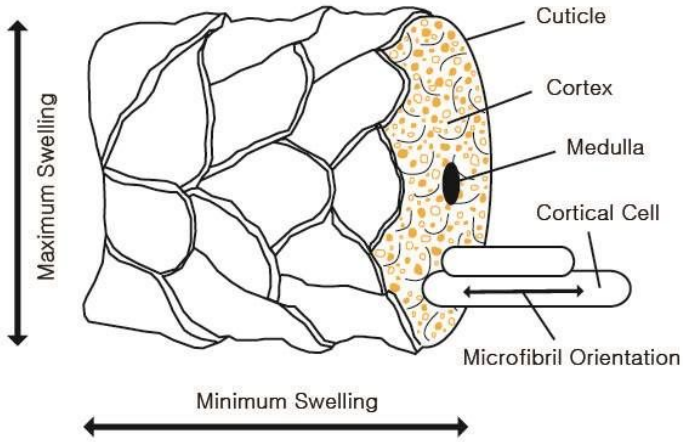


Fig. 3. Directional swelling of human hair. Proposed by Robbins (1994).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

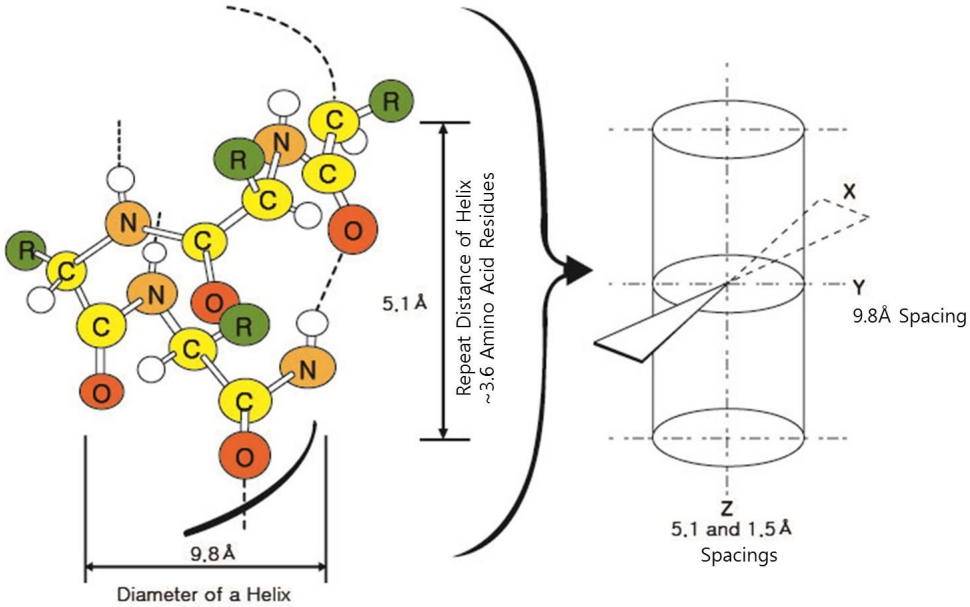


Fig. 4. Structure of an alpha-helix. Proposed by Pauling & Corey (1953).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 3. 모발 단백질의 구성

1. 3. 1. 화학적 조성(chemical composition)

모발의 구성요소는 단백질(80～90%), 멜라닌 색소(3%), 지질(1～9%), 미량원소, 수분(12～13%) 등으로 구성된다. 모발을 이루고 있는 원소에는 C(45.2%), H(6.6%), O(27.9%), N(15.1%), S(5.2%)을 포함하고 있다. 모발은 20여종의 아미노산으로 구성되어 있으며 황(S)을 함유한 시스틴(cystine)이 14～16% 정도로 가장 높다(Table 1). 모발의 시스틴 아미노산은 황(S) 결합을 하여 모발의 강도와 탄력성을 제공한다. 아미노산의 공통구조는 알칼리성인 아미노기(NH_2) 와 산성인 카르복실기(COOH) 그리고 수소(H), 잔기(residue) 등이며 -R의 위치에 수소(H)가 결합하면 글리신(glycine), CH_2-OH가 결합하면 세린(serin), CH_3가 결합하면 알라닌(alanine), CH_2-SH가 결합하면 시스테인(cysteine)이 된다(Fig. 5) (Alpert et al., 2008). 이러한 모발의 단백질은 펌 웨이브 과정에서 치오글리콜산(thioglycolic acid) 처리와 과산화수소에 의해서 시스틴이 2~14% 현저하게 감소하고 cysteic acid과 cysteine은 증가한다(Table 2).

단백질은 여러 가지로 다른 형태를 가지고 있으며, 다양한 생물학적 기능을 가지고 있다. 손톱과 모발은 케라틴, 명주와 거미줄은 피브로인(fibroin), 그리고 인간의 몸 안에서 생화학적 촉매 역할을 하는 효소(enzyme) 또한 단백질이다. 이러한 단백질은 아미노산이 연결된 선형 고분자이다. 아미노산은 염기성의 아미노기(-NH_2)와 산성의 카르복시기(-COOH)가 서로 대칭으로 정렬되어 그 사이에 새로이 형성되는 공유결합을 펩티드 결합(peptide bond linkage)이라고 일컫는다. 50개 이하의 아미노산의 연결체를 펩티드(peptide)라 하고, 아미노산끼리 펩티드 결합을 형성하며 하나의 긴 사슬을 이루는 것을 폴리펩티드라 한다. 이러한 여러 개의 폴리펩티드는 디설파이드 결합, 수소 결합, 이온 결합 등에 의해 더욱 안정해지며 분자 사이즈가 큰 단백질로 고유기능의 작용을 한다(Mormann et al., 2008).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 3. 2. 모발에 존재하는 결합 및 특성

가. 염결합(-NH_3^+ · $^-$OOC-)

라이신 또는 아르기닌 잔기의 (+)로 하전된 암모늄 이온과 아스파라긴산 잔기(-)로 하전된 카르복실 이온 간의 정전기적인 결합이다. pH 4.5~5.5 범위는 모발의 등전점으로 결합력이 최대가 된다. 염결합은 케라틴 섬유의 강도에 35% 정도를 기여하며, 산·알칼리에서 쉽게 파괴된다. 모발은 이온결합, 염결합의 영향으로 산이나 알칼리에 의해 쉽게 파괴되며 물에 의해서 약해진다. 이것은 (+)로 하전된 암모늄 이온과 (-)로 하전된 카르복실 이온 간의 정전기적 결합이다. 이러한 모발은 알칼리 액에 의하여 팽윤, 연화되고 구조가 느슨해지며 펩티드 구조는 불안정한 상태가 된다. 즉 약알칼리 상태에서 모발은 연화되지만 높은 알칼리 상태에서는 모발의 구조는 물론 단백질도 분해시킨다. 일반적으로 pH 10 이상의 알카리성에서 모발은 팽윤, 연화되며, 이러한 모발의 성질을 이용하여 알칼리성의 환원제는 펌 시술 시에 약액을 모피질에 쉽게 침투되게 할 수 있다. 그러나 모발은 산성에 대한 저항력이 알칼리에 비해 강한 편이며, 모발내의 단백질 및 모표피는 산성에 대해 수축작용을 일으킴으로서 산성은 모발내부의 침투를 방지한다. 그러나 약산성에 의한 모발의 손상도는 극히 적다고 볼 수 있으나 강산성(pH 1.5~2)에서는 모표피와 모피질이 손상되거나 분해된다(Robbins & Crawford, 1991).

나. 펩타이드 결합(-CO-NH-)

펩타이드 또는 펩티드는 보통 소수의 아미노산이 연결된 형태를 펩타이드라 부르고 많은 아미노산이 연결되면 단백질로 부른다. 이러한 펩타이드 및 단백질 구조에서 아미노산 간의 연결을 산아미드 결합 또는 펩타이드 결합이라 한다. 펩타이드 결합의 경우 글루타민산 잔기의 카르복실기(-COOH)와 아미노기(NH2-) 사이에 H_2O가 제거된 탈수반응으로 –CO-NH- 구조를 이루는 결합 즉 아미노산으로부터 유도된 아미드 결합양식이다. 이러한 결합은 공유 결합의 일종으로 매우 강한 결합이며, 펩타

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이드 결합이 연속적으로 반복되면 펩타이드 중합체(peptide polymer)라고도 불린다(London et al., 2010).

다. 시스틴 결합(-CH_2S-SCH_2-), 황 결합(disulfide bond)

유황을 함유한 모발 케라틴의 특유한 측쇄결합이다. 퍼머넌트 과정은 이러한 시스틴 결합을 환원제로 절단하고, 모발을 원하는 형태로 변형시킨 후, 그 형태를 유지하기 위하여 산화제로 절단된 황 결합을 본래대로 되돌리는 것이다. 아미노산 중 시스테인의 잔기가 가지고 있는 특별한 화학적 활성에 기인한다. 산화조건에서 단백질에 존재하는 시스테인의 잔기 2개가 구조적으로 접근하게 되면 공유결합이 되어 하나로 연결된 S-S 다리를 형성하는데 이를 이황화결합(disulfide bridge)이라 한다. 이황화결합은 단백질의 3차, 4차 구조 형성 및 안정화에 매우 중요한 역할을 수행한다(Mormann et al., 2008). 단백질 분자사이의 이황화결합은 생물의 구조체에 많아 점탄성 원인의 한가지이다. 이러한 이황화결합은 결합력이 매우 강하여 타이어의 강도를 높이기 위하여 고무에 황을 첨가하여 고분자 사이에 가교결합된 S-S 결합을 형성하여 높은 강도를 부여하기도 한다. 이황화결합은 구조를 절단하여 각 폴리펩티드사슬로 분리 시에는 환원제로 주로 요소(urea)등의 변성제와 메르캅탄 그룹이 사용된다(주 & 한, 2004).

라. 수소 결합(C=O · · · HN)

수소결합은 아미드기와 카르복실기 사이의 결합이며, 전기음성도가 큰 O, N, F 원자에 H 원자 간의 결합으로 작용하는 분자간의 힘이다. H 원자는 부분적인 (+) 전하를 띠고 전기음성도가 큰 O, N, F 원자는 부분적인 (-) 전하를 띤다. 이러한 수소결합은 정전기적 인력이 작용하는 결합으로 원자사이에 형성되는 공유결합의 약 5~10% 정도로 강한 결합이다. 모발을 물에 적셔서 웨이브를 형성한 후 그대로 건조시키면 원래대로 돌아가지 않고 웨이브가 유지된다. 그러나 모발이 다시 물에 젖은 경우 쉽게 늘어나서 웨이브가 풀린다. 이러한 현상은 수소결합이 작용한다고 볼 수

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

있다(Robbins & Crawford, 1991).

Table 1. Overall composition of human hair

Component	Approx. concent in weight % dry hair	
	Whit hair	Asian hair
	Evans & Wickett (2012)	光井武夫(2004)
Protein	91	80~90
Lipid	4	1~9
Sugars	1.0	-
Protein-bound sulphur	4.7	-
Ash	0.5	-
Melanin pigment	-	3~4
Mineral	-	0.55~0.94
Zinc	200ppm	-
Water	-	10~15

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

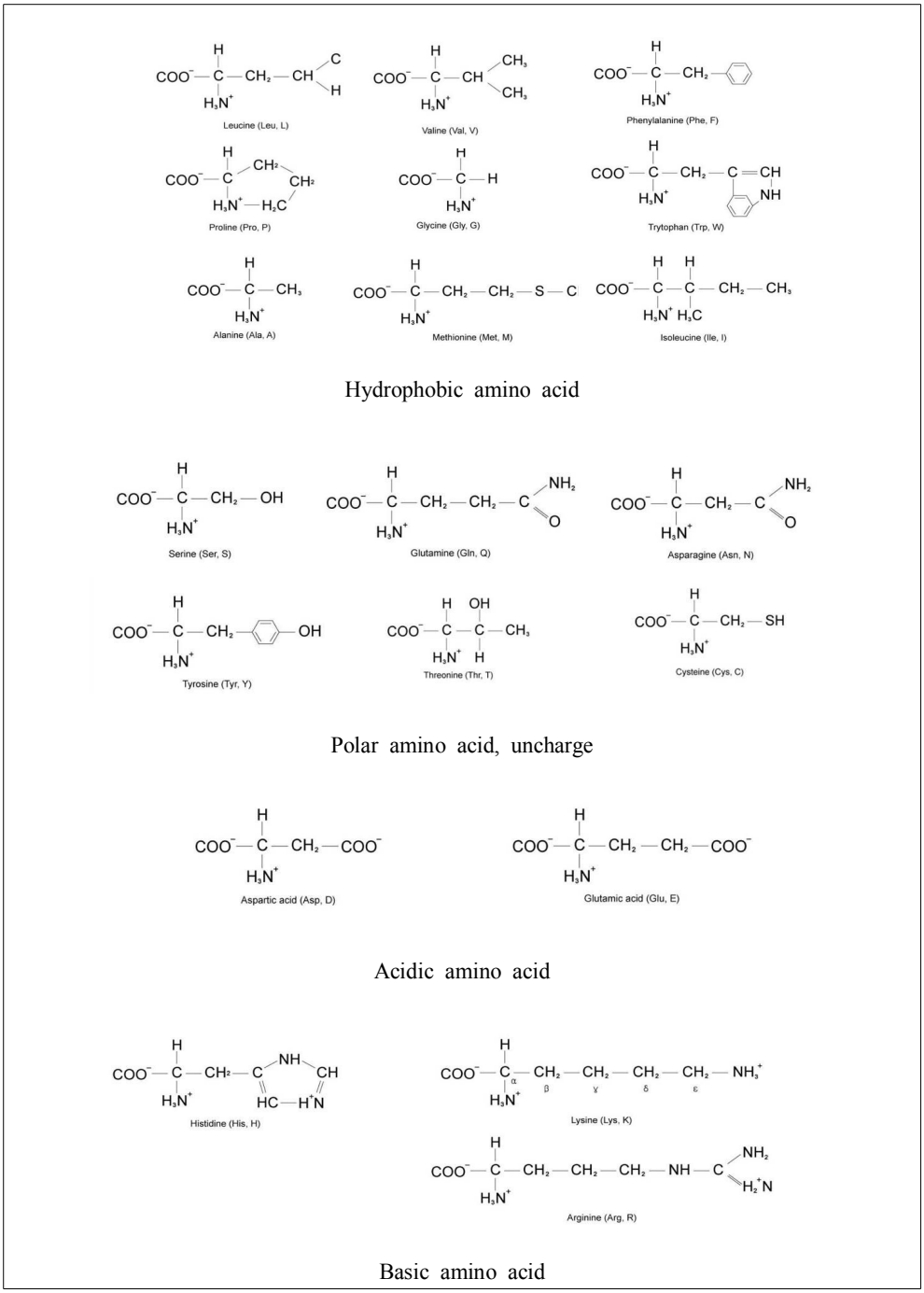


Fig. 5. Structures of the amino acids in human hair.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. Amino acid composition of different human hair (%).

Amino acid	하 & 김 (2008)	Kon et al(1998)	Robins (2012)	Robins (2012)
	permed hair	permed hair,	bleached hair	permed hair,
Aspartic acid	4.12	8.3	4.32	4.37
Threonine	5.87	6.9	5.88	6.16
Serine	8.83	8.0	9.73	10.85
Glutamic acid	12.5	17.2	9.99	10.3
Proline	4.38	5.1	5.82	6.39
Glycine	3.22	5.2	4.15	4.5
Alanine	2.88	6.3	3.57	3.7
1/2-Cystine	13.7	9.0	7.31	15.09
Valine	4.33	6.0	4.64	4.87
Methionine	0.39	1.1	0.38	0.5
Isoleucine	2.14	3.6	2.2	2.27
Leucine	2.87	9.2	4.85	5.09
Tyrosine	1.3	2.5	1.46	1.83
Phenylalanine	1.7	2.0	1.29	1.39
Cysteic acid	-	-	6.55	0.27
Lysine	0.54	3.5	1.8	1.98
Histidine	0.56	0.7	0.55	0.65
Arginine	6.99	5.4	4.86	5.11
Cysteine	-	-	-	-
Tryptophan	-	-	-	-

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 모발의 손상

모발 손상의 원인은 물리적, 화학적, 환경적, 생리적 손상 등이 있다.(Scanavez, 2003). 물리적 손상의 원인으로는 일상생활 중의 마찰, 열, 샴푸, 브러싱, 압박, 견인 등에 의한 손상이 있다. 화학적 손상은 펌, 염색 및 탈색과정에서의 지나친 시술시간의 증가 또는 처리횟수의 반복 등으로 알칼리성 약품에 의한 팽윤 및 분해가 있으며, 강한 산성제품의 사용으로 인한 손상이 있다(황, 1995). 환경적 손상으로는 일광과 대기오염, 바람 등에 의한 손상으로 단백질의 변성과 색상의 변화를 초래한다. 자외선은 모발의 황결합을 절단시키고 유 멜라닌을 산화 분해하여 모발의 적색화를 일으키며(Scanavez, 2003), 자외선 뿐만 아니라 가시광선의 빛 또한 세포막 복합체의 약화 원인으로 광손상을 일으킨다(이, 2009). 또한 모발은 열에 약하여 모발내의 단백질을 파괴하고 모표피의 탈락 및 박리현상이 발생한다(노 & 구, 2003). 생리적 손상의 요인으로는 노화, 호르몬의 변화 또는 질병으로 인한 장기적인 약물치료 등이 있다(Chandrashekaran et al., 2010). 생리적인 손상의 원인은 다이어트와 편식으로 인하여 영양장애, 또는 지나친 음식의 과다섭취로 인한 영양의 불균형이 모발의 손상 원인으로 작용하기도 한다. 이러한 모발의 손상은 형태학적으로는 모표피의 박리, 용해, 지모, 열모, 광택의 저하 등이 있으며, 질적으로는 모발 내부의 아미노산 손실과 화학적 결합의 변성, 탄성의 저하, 유·수분의 손실 등이 있다. 모발은 보통 10～15% 정도의 수분을 보유하고 있으나 잦은 드라이어나 열에 의하여 건조한 모발이 된다. 또한 펌이나 약물에 의한 손상은 모피질에 수분을 유지하는 기능이 손상되어 습도변화에도 영향을 받기 쉬우므로 결국은 손상모발이 된다(송 et al., 2006). 모발이 손상되면 눈에 띄게 푸석푸석하며, 광택이 감소하고 변색 등으로 갈라지고 끊어지게 된다. 결국 헤어스타일의 유지 및 정돈이 되지 않게 되므로 모발의 손상방지는 중요하다(민 et al, 2011).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 펌 원리 및 공정

펌의 원리는 모발섬유의 아미노산 구성 성분 중 황을 함유한 시스틴(cystine)의 이황화(S-S)결합을 메르캅탄 류(mercaptane group) 화합물인 환원제로 절단시켜 시스테인(cysteine)으로 되며, 산화제에 의하여 시스틴으로 다시 재결합 형성된 과정이다. 펌 웨이브는 환원제에 함유된 알칼리에 의하여 모발이 팽윤되고 약액이 침투되며, 환원된 모발은 로드의 종류나 굵기에 의하여 모양이 성형되어 산화과정에 의해 펌 웨이브가 형성된다.

모발의 펌 웨이브 시술은, 모발의 주성분인 케라틴(keratin)을 구성하고 있는 아미노산의 시스틴 사이의 이황화결합(cystine disulfide bond, R-S-S-R)을 티오글리콜산(thioglycolic acid) 등의 환원제를 처리하여 -SH로 환원시킨 후에, 산화제를 처리함으로 웨이브 형을 만든 상태에서 새로운 이황화결합을 생성시켜 웨이브가 형성되도록 하는 것이다. 즉 모발에 웨이브가 형성되는 과정은 알칼리에 의한 모발의 연화 및 환원반응에 의한 –S-S- 결합의 절단과 산화반응에 의한 –S-S- 결합의 재배열 생성이다.

산화제의 종류는 브롬산나트륨, 과산화수소, 브롬산칼륨 등을 주성분으로 한 제품이 주류를 이루며 pH 4.0～6.0 정도로 이용되고 있다. 브롬산나트륨 산화제의 특징은 상온에서 용해도가 높아 처리시간을 단축시킬 수 있는 장점을 가지고 있으나 반응시간이 느린 단점이 있다. 그리고 브롬산칼륨 산화제는 찬물에 용해되기 어렵고, 포화농도가 낮아 사용이 제한적이다. 과산화수소를 주성분으로 한 산화제는 브롬산 염류에 비하여 비중이 가볍고 산화력이 뛰어나 처리시간을 단축할 수 있는 장점이 있어서 최근 사용이 급증하고 있다(이 et al., 2009). 그러나 브롬산 염류의 산화제는 일명 ‘중화제 독’이라 불리며 사용에 따른 가려움증과 피부의 벗겨짐 청력소실, 신부전 등의 부작용 증상이 보고되고 있다(김 et al., 2014). 과산화수소는 산화력이 강하여 피부와 접촉 시 피부가 붉어지고 두피, 안면, 목 에 접촉되어 화끈거림, 염증이나 가려움 등의 피부자극을 일으키기도 한다(김 et al., 1998), 이것은 단시간 동안에 다량의 액체 증기에 노출 시 눈, 코, 목 등에 심한 자극을 일으킬 뿐 아니라 눈과 접촉 시 심할 경우 시각장애나 실명이 나타날 수도 있다고 보고된다(Uchida et al., 2006). 과산화수소는 현재 화장품 보존제, 살균제. 피부표백제로 보통 수용액 상태로 사용되며, 강력한 산화과정을 이용하여 견사나 양모등의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

표백, 플라스틱공업에서 비닐중합의 촉매, 폭약제 및 모발염색약 산화제로도 사용되고 있다. 그러나 모발에 적용할 시 천연색소인 멜라닌을 탈색시키고 농도 및 시간에 따라 모발의 손상이 형태학적 또는 역학적으로 나타나고 있다. 과산화수소는 저장온도가 낮아짐에 따라 과산화수소의 농도는 오히려 증가하는 경향이 있어 적절한 온도 조건에서 저장하여야 한다. 과산화수소가 포함된 산화제는 보존 온도가 높거나 금속 물질을 더하면 물과 산소로 분해되어 펌 처리과정 중 웨이브를 고정시키는 역할에 차질이 생겨서 결국 웨이브가 늘어지는 결과가 나타나기도 한다(김 & 전, 2005).

펌의 공정은 상온 또는 가온의 콜드 펌과 환원제로 모발을 연화처리한 후 고온으로 가열하는 열 펌이 있다. 그중 시간 단축과 편리함으로 인하여 가장 많이 사용되는 콜드 펌 환원제는 치오글리콜산 또는 치오글리콜산 염과 시스테인, 아세틸시스테인(acetyl cysteine)에 알칼리제 (pH 9.0~9.5)를 혼합하여 사용한다(Landers et al., 2003).

3. 1. 일반 콜드 펌 공정

일반적인 콜드 펌의 공정은 다음 순서와 같이 처리된다.

i. 모발은 샴푸하여 먼지, 오일, 불순물 등을 제거한다.
ii. 손상모발일 경우 전처리제 트리트먼트를 도포하여 방치 후 헹굼 처리한다.
iii. 모발의 이황화결합을 절단시키는 단계로 환원제를 도포하여 케라틴 섬유를 팽윤시킨다.
iv. 선택된 로드로 와인딩하여 모발의 형태를 교정한다. 이때 펌 제의 반응은 농도, 시간, 온도에 의존적이며, 가열처리 및 자연방치 하여 20~30분이 소요된다.
v. 컬 테스트 후 세척하고 과도한 수분은 제거한다. 또는 경우에 따라서 이 과정은 생략될 수 있다.
vi. 산화제 도포의 단계로 절단된 시스틴 이황화결합을 재구성한다.
vii. 로드를 제거하고 물로 린스 처리하여 모발에 잔존하는 환원제와 산화제를 씻어낸다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

viii. 스타일링 작업과 건조과정을 거친 후 후속반응에 의하여 더욱 안정적인 웨이브로 고정된다.

3. 2. 열 펌 공정

일반적인 열 펌의 공정은 다음 순서와 같이 처리된다.

i. 모발은 샴푸하여 먼지, 오일, 불순물 등을 제거한다.

ii. 손상모발일 경우 전처리제 트리트먼트를 도포하여 방치 후 헹굼 처리한다.

iii. 모발의 이황화결합을 절단시키는 단계로 환원제를 도포하여 케라틴 섬유를 팽윤, 연화시킨다. 모발의 연화과정은 모발의 손상정도, 농도, 시간, 온도에 의존적이며, 가열처리 및 자연방치 한다.

iv. 모발의 연화과정이 완료되면 물로 세척하고 과도한 수분을 제거한다.

iv. 선택된 열 펌 전용로드 또는 아이롱을 이용하여 와인딩하여 모발은 뜨거운 온도에서 형태를 교정한다.

v. 교정된 모발은 형태를 보존하며, 자연 방치하여 냉각시킨다. 냉각시간은 모발의 상태에 따라 변화된다.

vi. 산화제 도포의 단계로 절단된 시스틴 황결합을 재구성한다.

vii. 로드를 제거하고 물로 린스 처리하여 모발에 잔존하는 환원제와 산화제를 씻어낸다.

viii. 스타일링 작업과 건조과정을 거친 후 후속반응에 의하여 더욱 안정적인 웨이브로 고정된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 환원제의 특성

펌 제는 제1액 환원제와 제2액 산화제로 구분되며 산화제는 중화제라 불리기도 한다. 그러나 제1제 단독으로만 사용되어 공기산화를 시키는 제품도 있다(Robbins, 2012). 일반적인 시판 환원제는 약알칼리성인 pH 9.0 ~9.6 정도가 가장 많이 사용되고 있다(Table 3). 환원제의 작용은 모발을 팽윤(swelling) 또는 연화(softening)하기 위한 것으로 모발의 강력한 황 결합을 끊어주는 환원반응이다. 환원제의 주요성분은 티오글리콜산(thioglycolic acid)과 그 염류를 주성분으로 하는 제품과 시스테인과 그 염류를 주성분으로 하는 제품이 주로 사용되고 있다(Landers et al., 2003). 티오글리콜산을 주성분으로 한 환원제는 환원력이 강하며, 향기취 또한 강한 특징을 나타내고 pH 4.5~9.6 정도로 조정된다. 티오글리콜산은 또한 피부자극과 표피각질에 염증을 일으킬 수 있는 특징이 있으므로 알칼리로 중화하여 중성염의 형태로 사용되기도 한다(정 & 김, 2005). 시스테인을 주성분으로 한 환원제는 자극적인 냄새가 적으나 제품의 안정성이 떨어지고 모발에 잔류할 가능성을 가지고 있다. 현재는 단점을 보안하여 합성 시스테인으로 pH 8.0~9.5로 조정되어 사용된다. 시스테인은 티올기(-SH)를 포함하여 산화, 환원반응에 관련되고 시스테인의 산화는 다른 티올기의 황결합을 생성하여 중금속과 친화도를 갖는다. 환원제의 염류는 암모니아(ammonia, NH_3), 모노에탄올아민(monoethanolamine, MEA), 트리에탄올아민(triethanolamine, TEA) 등의 알칼리가 사용된다. 환원제의 알칼리제로 이용되고 있는 암모니아는 저 농도로 pH를 높일 수 있고 휘발성인 장점도 있지만 냄새가 자극적인 단점도 있다. 또한 모노에탄올아민과 트리에탄올아민 등 아민류는 점성이 있는 액체로 냄새로 인한 자극성이 암모니아보다 약하지만 팽윤성이 큰 장점이 있으나 비휘발성으로 인하여 모발에 잔류할 가능성이 큰 단점이 있다. 환원제의 첨가제는 알칼리제 외에 유화제, 보습제, 킬레이트제 등이 이용된다(김, 2002).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Reducing agent composition for perm waving

Ingredient	Percent(%)
Thioglycolic acid	6.0
Steareth-20	2.5
Frangrance	0.5
Ethylene diamine tetraacetic acid	0.2
Colors	As required
Water	q.s.[a]
Ammonium hydroxide	To pH 9.3

[a]q.s., add water to 100%. Evans & Wickett (2012).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 산화제의 특성

산화제는 중화제라 부르며 웨이브를 고정 시키기 위한 것이다. 산화제의 작용은 모발의 끊어진 황 결합을 재결합 시키는 산화반응이다(Fig. 6). 지금까지 전통적인 산화제는 브론산나트륨, 브론산칼륨, 과산화수소수가 사용된다. 브론산나트륨은 상온에서도 용해도가 높아 짙은 농도를 만드는 것이 가능하기 때문에 2액의 처리시간을 단축시킬 수 있는 장점이 있어서 많이 이용되고 있다. 브론산칼륨은 찬물에 용해되기 어렵고 포화농도가 낮기 때문에 짙은 농도로 사용할 수 없다. 과산화수소는 브롬산 염류에 비하여 비중이 가볍고 산화력이 뛰어나 처리시간을 단축할 수 있는 장점이 있다(김 et al., 2003). Table 4에 과산화수소를 주원료로 하는 산화제 조성의 예를 나타내었다.

그러나 이러한 기존의 산화제들의 부작용은 헤어미용사들 사이에서는 임명 '중화제독'이라고 불리우며 산화제의 피부 부작용의 피해증상 등에 대한 보고가 이어지고 있다. 또한 대처방법의 효과를 부작용의 증상이 없어진 시기에 대해서 분석하였다. 조사 결과는 부작용 대상자 중에서 과산화수소와 브롬산 나트륨의 사용이 74.2%이였으며, 피부 부작용을 일으킨다고 생각하는 산화제로 과산화수소 33.5%, 과산화수소와 브롬산나트륨이 31.4%이었다. 조사대상자의 70.3%는 피부 부작용이 업무에 지장을 초래하고, 68.6%는 산화제 사용 시 일회용 고무장갑을 사용하지 않았다. 이러한 피부 부작용의 증상으로 초기에는 가려움증이 나타나고 시간이 경과될수록 염증으로 인한 출혈과 피부의 균열이 가장 많았고, 대처 방법으로는 크림이나 로션 등을 사용하여 완화 효과를 나타냈으며, 가려움증과 피부가 벗겨지는 증상은 1주~2주 이후에 없어졌다고 보고하였다. 따라서 산화제는 염모제와 치오글리콜산과 마찬가지로 피부 부작용을 일으키는 원인 물질의 하나인 것으로 확인됨으로써 앞으로 각질형성세포나 섬유아세포에 대한독성과 인체에 대한 안전성에 대한 심도 있는 연구가 필요하다고 보고하였다(김 et al., 2014).

게다가 미용실에서 사용하는 산화제는 보관상태가 자연방치로 인하여 미용 종사자나 어린이들이 손쉽게 음용하는 사고가 발생하기도 한다. 지금까지 브롬산염의 음용사고 부작용으로는 청력소실, 신부전, 간 장해 등

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 유발이 보고되었으며(박 et al, 2011), 췌장염(이 et al, 1998)의 증상이 보고되기도 하였다.

또한 과산화수소는 산화력이 강해서 피부와 접촉하면 쓰리고 따가운 고통을 느끼게 하며, 이러한 증세는 피부가 붉어지고, 단시간 동안에 다량의 액체 증기에 노출 시 눈, 코, 목 등에 심한 자극을 일으킬 뿐 아니라 눈과 접촉 시 심할 경우 시각장애나 실명이 나타날 수도 있다. 또한 미용사들의 손이나 팔목 등의 피부접촉으로 직업성 피부질환이 나타나며, 고객의 두피에서 괴사성 피부염이 나타나기도 한다(김 et al., 1998).

과산화수소는 반응이 빠르고 부산물이 없는 장점이 있으나 모발의 변색 등을 일으키는 단점이 있다. 과산화수소의 강력한 산화과정은 모발의 멜라닌 색소를 탈색시켜 펌으로 인한 모발의 손상을 이차적으로 가중시킬 수 있다. 특히 저장온도가 낮아 고온의 열을 가하는 시술에는 고려할 필요가 있다. 또한 금속성의 염료를 사용한 모발에서는 물과 산소로 분해되어 펌 웨이브 고정력이 약화되어 펌의 수축률과 유지율이 감소되어 펌이 풀리는 현상이 나타나기도 한다(김 & 전, 2005).

이러한 산화제의 작용은 모발의 이황화 결합을 유발할 수 있는 제품으로 이황화결합을 복구하여 펌 형성된 모발을 고정하는 것이다. 산화제의 특성은 산소를 포함하며 액상 또는 크림상의 형태로 모발에 도포하거나 공기 중에 노출하고 산소를 공급하여 재 산화과정을 거친다. 모발의 산화에 사용되는 시약 중 일부는 브롬산염이고 요오드, 붕산염, 산성 과산화수소, Monopersulfate, 공기산화 또는 금속 촉매 공기산화가 있다(Robbins & Crawford, 1991).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Oxidizing agent composition for perm wave product

Ingredient	Percent(%)
Hydrogen peroxide (30%)	7.0
Polysorbate-40	2.5
Phenacetin	0.5
Water	q.s.[b]
Phosphoric acid (85%)	To pH 4

For making the oxidizing agent (Table 4), heat the water to 75℃ and melt the Polysorbate-40 and slowly add it to the water with stirring. Cool to room temperature and then add the peroxide, the phosphoric acid and preservative [b]q.s., add water to 100%. Evans & Wickett (2012).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

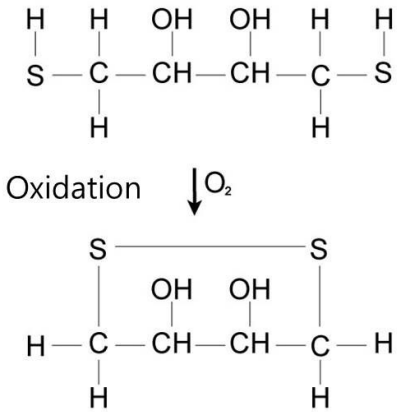


Fig. 6. Oxidation in hair.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

6. 효소의 특성

효소는 단백질로 화학적 반응에 필요한 활성화 에너지(activation energy)를 낮추어 반응을 촉매한다. 효소는 어떤 물질을 분해하거나 합성하는 역할에 관여하는데 활성도에 따라서 극 미량으로도 반응을 빠르게 할 수 있다. 효소는 효소위원회(enzyme commission) 분류체계에 따라 6가지로 나누어지는데 산화환원효소(oxidoreductase), 전이효소(transferase) 가수분해효소(hydrolase), 리아제(lyase), 이성화효소(isomerase), 합성효소(ligase)로 분류된다(Kumar & Takagi, 1999).

효소의 명명은 기질명 뒤 또는 촉매 반응명 뒤에 –ase라는 접미사를 붙인다. 효소는 촉매작용을 하는 특수화된 고분자 단백질로 생명체의 수많은 생화학 반응은 효소에 의해 이루어진다. 대부분의 세포 내 반응들은 이러한 단백질 촉매에 의해 진행된다. 효소는 매우 특이적이고 다양한 기질 특이성(substrate specificity) 과 반응특이성(reaction specificity)이 높으며, 효과적인 생촉매로 화학적 촉매반응과 비교할 때 높은 반응속도를 나타낸다. 또한 반응은 거의 부산물(by-product)을 만들지 않는다.

효소는 시간, pH, 온도의 영향을 받는다. 이것은 반응의 활성도와 속도 변화에도 영향을 미친다. 어떤 효소들은 활성부위에 이온을 갖고 있으며 이들 이온은 효소의 촉매기능을 위하여 산성 또는 염기성의 형태로 적정 pH로 존재하여야 한다. 효소는 특정한 pH 영역에서만 활성을 가진다. 효소 촉매반응의 속도는 일정 한계까지 온도에 따라 증가한다. 특정온도 이상이 되면 효소가 변성되어 온도가 증가하여도 효소의 활성도는 오히려 감소한다.

효소가 최대 활성을 갖기 위해서는 최적조건의 pH, 온도, 이온 세기를 필요로 한다. 최적온도 이상에서 효소는 활성을 잃게 된다(Anwar & Saleemuddin, 1998).

효소는 활성부위에 이온을 갖고 있으며 이들 이온은 효소의 촉매기능을 위하여 적합한 산성 또는 염기성으로 존재하여야 한다. 반응액은 pH가 변하면 활성부위의 이온형태가 변화되고, 효소의 활성도가 바뀌게 되며 결국 반응속도도 변한다. pH의 변화는 또한 효소의 3차원 구조에 영향을 미칠 수도 있다. 효소는 일반촉매와 다르게 반응조건에 대한 특별한

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

특성을 지닌다. 이러한 이유 때문에 효소는 특정한 pH 영역에서만 활성을 가진다.

효소의 산업응용은 빠르게 확산되어가며 넓은 범위의 공정조건에서 이용이 가능해졌다. 프로테아제는 가수분해효소 중 단백질을 분해하는 효소로 동식물과 세균, 곰팡이 등의 미생물에서 생산이 된다(Joo & Choi, 2012). 단 프로테아제는 단백질을 보다 작은 펩타이드 단위로 가수분해하는 데 사용되며, 박테리아, 곰팡이, 동물의 췌장, 식물로부터 얻고 있다. 이러한 프로테아제는 단백질의 내부에 작용한다. 프로테아제는 여러 종류의 미생물이 생산하는 유용한 효소로, 구조와 작용 기전의 유사성 등으로 나눈다. 이들 효소는 다양한 기질에 반응하는 성질을 이용하여 단백질을 분해하는데 사용하며, 최근에는 fibrin을 강력히 분해하는 혈전용해효소의 성질도 밝혀졌다(Bruckner et al., 1990)

프로테아제는 단백질과 펩타이드 결합(peptide bond)을 가수 분해 하는 단백질분해 효소이다. 대부분의 살아 있는 생물체에서 발견되며, 세포의 성장과 분화에 있어 필수적인 요소이다(Gupta et al., 2002). 프로테아제의 대부분은 분자량 수만인 단순 단백질인데 당이나 금속이온을 수반하는 복합단백질인 경우도 있다. 분해 양식에 의하여 엑소펩타이다아제아제(exopeptidase)와 엔도펩타이다아제(endopeptidase)로 크게 둘로 나뉘며, 효소 활성 부위의 잔기에 따라 serine protease, metal pro-tease, aspartic protease, cysteine protease 등으로 구분한다(Kumar & Takagi, 1999). 이러한 프로테아제는 생물에 의하여 단백질의 재료인 아미노산을 다른 단백질 분해에 의하여 섭취할 때에 필요하며, 또 단백질 화학에 있어서 단백질의 아미노산 배열 결정에 매우 중요한 역할을 한다.

프로테아제 같은 단백질분해효소는 식품공정과 세제산업, 섬유, 가죽산업, 의료분야 등 다양하게 응용되고 있으며 전체 효소시장의 60%를 차지하여 응용의 확장 잠재력은 매우 크다. 섬유산업에서 효소의 적용은 손상을 감소시키며, 단백질의 오염을 분리하고 폐수의 오염을 감소시켜 사용이 증가하고 있다(Anwar & Saleemuddin, 1998). 양모산업에서는 모표피의 정련으로 불순물을 제거하고 모질의 개선효과가 보고됨으로 효소의 모발펌 제 적용은 필요하다고 생각한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 펌의 연구 동향

1. 국내외 연구 현황 및 문제점

펌 제에 의한 모발 케라틴은 일반적으로 황결합을 재구성하는 과정으로 펌 1제 환원제에 의하여 직모를 롯드에 감아 성형하거나 곱슬머리를 직모의 형태로 교정하는 과정이다. 펌의 과정은 첫 번째 환원제에 포함된 수소원자에 의하여 시스테인($HS-CH_2-CH(NH_2)COOH$)의 시스틴 황결합(-S-S-)을 수소원자에 의하여 절단시키고, 두 번째로 산화제에 함유된 산소원자에 의하여 절단된 황결합을 복구한다. 이러한 펌 제의 환원제는 알칼리성으로 모발 시스틴의 바깥부분을 녹여서 모발을 연화, 팽창, 다공성 모발, 광택저하 및 변색의 원인을 제공한다(Robbins, 1994). 이러한 펌 과정 이후 모발은 손상을 받게 되는데 일반적으로 지금까지 펌 처리 후에 모발 손상의 원인은 매트릭스(matrix)에 존재하는 이황화결합이 불완전한 산화과정으로 인하여 재결합이 감소된 것이라고 알려졌다. 그러나 Nishikawa et al.,(1998)의 연구에 의하면 NMR 분석에 의하여 펌 처리 후 모발의 손상은 불완전한 산화뿐만 아니라 미세섬유에서 α–나선구조가 약간 감소 된 것으로 나타난다고 보고된다. 펌은 짧은 시간의 처리에서도 α-나선의 랜덤코일구조(random-coil structure)를 변화시켰다. 이러한 결과는 인장강도 등 물리적 특성 변화의 원인으로 볼 수 있으며 α-나선구조의 감소는 이황화결합의 불완전한 산화뿐만 아니라 마이크로피브릴의 손상 일부에 기여한다고 할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 천연물을 이용한 모발 펌 선행연구 현황

펌은 바쁜 현대사회를 살아가는 사람들에게 자연상태의 모발에 스타일을 변화시킬 수 있는 방법으로 이미 대중화된 시술이다. 펌으로 형성된 웨이브는 점차적으로 자연스러운 이미지를 연출할 수 있기 때문에 시술의 응용범위가 늘어나고 있다. 펌은 종류에 따라서 콜드 펌부터 열 펌까지 유행과 함께 다양한 시술방법이 연구되어 실용화 되었다. 그러나 잦은 펌의 시술과 고온의 열 펌으로 인한 손상모가 증가하고 강한 화학약품에 의한 모발손상과 부작용이 나타나게 되었다. 펌제로 사용되는 환원제는 알칼리성 화학성분으로 모발 내부에 약액의 침투작용을 위하여 모표피의 팽윤작용을 한다(Robbins, 1994). 이러한 과정에서 모피질 내부의 간충물질 유실과 유수분의 손실로 인한 손상모발을 초래하게 된다. 따라서 화학약품의 사용으로 인한 피부의 부작용과 스트레스로부터 벗어나고자 천연물에서 얻을 수 있는 추출물에 대한 관심 또한 증가하였다. 이러한 천연물의 관심은 생활수준의 향상으로 아름다움과 건강한 모발을 동시에 얻고자 하는 소비자의 욕구충족과 환경오염을 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

이러한 천연물을 모발에 적용한 선행연구의 예로 황칠나무 잎을 이용하여 펌 웨이브의 효율과 손상방지 효과(장 et al., 2014), 펌 웨이브 시술시 잠용분 추출물을 첨가하여 모발손상에 대한 효과(임 & 고, 2012), 갯지렁이 단백질을 펌 제에 적용하여 펌 웨이브의 효율증가와 손상의 예방효과(신 & 강, 2013), 검은 콩을 이용한 모발염색(김 et al., 2005), 난백과 쑥 추출물을 첨가하여 고온의 열 펌인 매직 펌제의 적용효과(김 et al., 2010), 인삼추출물을 첨가한 환원제 적용연구(이 & 함, 2010), 흑두 단백질을 이용한 펌 웨이브 제품(최 et al., 2010), 그리고 동백나무 추출물을 이용한 모발 화장품 소재(최 et al., 2013) 등의 연구가 진행되었다.

이와 같은 선행연구에 따르면 천연물의 모발화장품 적용 연구는 천연물 또는 발효물을 펌 제의 전처리제로 이용하여 펌의 효율이 증가된 보고가 대부분이다. 그러나 선행연구들은 이러한 천연물 소재를 환원제의 첨가제로 이용하거나 전처리제 연구가 대부분으로 산화제에 이용된 연구는 희박하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

꽃송이버섯은 프로테아제의 활성을 나타내고 면역력을 향상시키는 β-Glucan을 다량 함유하고 있어 최근 항암식품으로도 각광받고 있을 뿐만 아니라 향장소재로의 개발 또한 연구되고 있다(Chandrasekaran et al., 2011). 락토바실러스(*Lactobacillus*) 또한 인간의 면역계에 중요한 역할을 하며 장내의 세균감염을 억제하는 등 인체에 이로운 점이 많이 알려져 있다(Schillinger et al., 2005). 따라서 본 연구는 보다 환경친화적이며 인체에 유효한 성분이 함유된 펌제 조성물로 Alcalase를 이용하였을 뿐만 아니라 천연물 소재인 꽃송이버섯 효소와 꽃송이버섯을 락토바실러스(*Lactobacillus Helveticus*, LH3545)로 발효하여 얻어진 발효액 을 이용하여 펌제 조성물로 제공하고자 하며, 아울러 생화학적 완충제의 효과도 함께 비교하고자 한다.

따라서 본 연구는 Alcalase 효소를 이용한 펌 제의 적용을 전처리제, 환원제, 산화제에 각각 첨가하여 시술하고 펌 웨이브의 효율과 모발손상 예방의 효과를 확인하고자하였다. 더불어 천연물인 꽃송이버섯도 펌제에 적용하여 산화제의 적용 가능성을 알아보고자 하였다. 따라서 꽃송이버섯의 효소를 추출하여 펌의 효율과 손상정도를 확인하였으며, 꽃송이버섯을 락토바실러스로 발효하여 발효액의 산화제 적용 가능성을 확인하였다. 아울러 생물학적 완충제인 글리신 완충제와 보레이트 완충제의 산화제 적용 가능성도 함께 연구하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 효소를 이용한 모발 펌 선행연구 현황

여성들의 사회진출이 활발하고, 생활수준의 향상으로 인하여, 미의식에서도 인간의 건강과 함께 환경오염을 고려한 제품의 소비가 증가하고 있다.

효소는 생분해성 물질로 부산물을 남기지 않으므로 그동안 다양하게 산업에 응용되어 왔다. 그 중에서 프로테아제는 가장 많이 사용되는 효소로 전체시장의 60%를 차지한다. 세제산업에 첨가되는 호알칼리성 프로테이즈는 알칼리에 대한 내성이 있고, 광범위한 작용온도, 계면활성제에 대한 내성 및 표백제에 대한 내성이 있다. 이러한 특징을 가진 단백질 분해효소를 분비하는 미생물들이 토양 등에서 선별되어 생산성 향상을 위한 연구가 지속적으로 진행되어왔다. 효소 시장은 산업의 다양한 응용과 함께 폭발적인 시장의 확대로 약 4000억원 이상이 된다. 이와 같은 현상은 '환경에 대한 적은 손상' 과 'Green 상품에 대한 소비자의 욕구 증가'가 그 원인이 되고 있다.

단백질 분해효소는 모든 살아있는 생물에서 세포의 성장과 분화를 위해 필수적이다. 단백질 분해효소의 상업적 가치는 다양한 산업 분야에서 여러 방면으로의 응용에서 찾을 수가 있다. 이러한 단백질 분해효소는 미생물에 의하여 생산되어지며 상업적으로도 생산되고 있다(Gupta et al., 2002)

최근 발효 화장품의 소비자 만족도가 높아지고 있어 식품에서 화장품 산업의 응용으로 그 범위가 넓혀지고 있다(이 & 리, 2010). 발효 화장품이란 식품에 적용되던 발효기술을 화장품에 적용한 것으로, 발효과정에서 미생물에 의하여 분해 생성된 이차산물들로 분자구조가 작아져서 피부의 흡수를 높게 한다. 또한 발효 화장품의 원료인 천연물질은 주로 그 기능성이 잘 알려진 한약재 또는 식품으로 국내 발효 화장품의 시장의 매년 증가 추세로 특허출원 또한 증가하고 있어 전망이 밝다고 할 수 있다.

발효는 자연발효에서 종균(starter)발효로 발전하였으며(Capilce & Fitzgerald, 1999), 종균은 미생물이 가지고 있는 대사능력을 이용하기 위하여 천연물에 의도적으로 첨가하는 미생물을 의미한다. 이러한 종균첨가제(starter culture)는 발효식품의 빠른 제조를 위하여 종균을 배양하여 증

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

식시킨 첨가균을 지칭 한다(Holzapfel, 2002).

발효제품의 소비는 전 세계적으로 꾸준히 증가하여 건강에 유익한 박테리아가 인간의 장내를 건강하게 유지 할 수 있으며, 강한 산성의 조건에서도 유산균 세포벽의 소수성 특성은 높은 장내 부착성에 기여한다고 보고되었다(Schillinger et al., 2005). 특히 유산균은 유익균으로 유해균의 억제작용, 면연력 강화, 비타민 합성, 콜레스테롤의 저하효과와 정장작용 등이 알려져 있다(이 et al., 1992). 그러나 효소를 이용한 산화제의 연구 경향은 매우 희박하여 천연물을 기존의 산화제에 첨가하는 수준에 그치고 있다. 따라서 산화제를 대체할 수 있는 천연물의 개발이 절실히 필요하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2장 효소를 처리한 펌

2장 1절 단백질분해효소(protease) 처리

Ⅰ. 서론

펌은 헤어스타일을 영구적으로 변형시키기 위해 많이 사용되는 방법으로 자연 상태의 모발에 물리, 화학적 방법을 가하여 단백질 구조를 변화시켜 웨이브를 얻거나 스트레이트 형태로 연출 할 수 있다. 그러나 잦은 펌의 시술은 큐티클의 손상으로 모피질의 단백질을 유출시켜 강도와 탄력이 저하될 뿐만 아니라 색상의 퇴색 및 과다한 팽윤으로 인하여 결국은 파손된 모발에 이르게 한다. 이러한 손상 모발을 방지하고자 펌 제품의 개발은 중요시 되고 있으며, 펌의 시술 방법, 시술 용제의 종류와 시술 온도에 따른 연구 등이 활발하게 진행되고 있다(하 & 고, 2012).

펌은 처리 방법에 따라 상온에서 시술되는 일반 콜드 펌과 고온의 열을 가하여 모발을 연화시킨 후 웨이브를 형성시키는 열 펌으로 구분된다. 펌 제의 구성은 보통 1제와 2제로 구분되는 2욕식이 대부분이다. 펌의 화학작용은 1제 환원제에 의하여 모발 내부의 시스틴(cystin) 황결합(S-S)이 절단되어 시스테인(cysteine, SH-SH)으로 전환되고 로드에 의하여 형태를 교정한 후 다시 2제 산화제에 포함된 산소(O)에 의하여 수소(H)가 제거되어 시스틴 황결합(S-S)이 연결된다. 이러한 환원작용과 산화작용의 과정은 펌 형성 동안에 모발내부의 황결합이 새로운 배열(new configuration)을 이루게 하며 산화과정에서 이황화결합의 복구가 불완전하면 모발의 약화와 웨이브의 풀림현상이 일어난다(Evans & Wickett, 2012).

지금까지의 산화제는 과산화수소, 브롬산나트륨, 브롬산칼륨을 주성분으로 하는 제품이 주류를 이루었다. 과산화수소를 주원료로 하는 산화제는 작용시간이 짧고 모발에 잔류하지 않으며, 강한 웨이브를 얻을 수 있는 장점이 있어서 널리 사용되어 왔다. 과산화수소는 유기물에 접촉할 시에 물과 산소로

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

급속하게 분해되어 고분자물질을 저분자물질로 분해하는 특성이 있다. 또한 모발의 멜라닌 색소를 파괴하는 특성이 있어서 탈색의 목적으로도 사용되어 왔다. 그러나 과산화수소의 분해력은 모발의 약화와 변색을 일으키는 단점이 있다(윤 et al., 1995). 그럼에도 불구하고 과산화수소의 용도는 그동안 화장품 보존제, 살균제. 피부표백제로 이용되었으며, 산화과정이 강력한 특성으로 견섬유 또는 양모 등의 표백제, 비닐중합의 촉매와 폭약제로도 사용되어왔다. 또한 미용제품에서는 펌을 위한 산화제, 모발 염색제로도 사용되고 있다. 그러나 과산화수소의 과다사용은 각질세포 형성과 산화스트레스를 유발하여 피부염과 탈모의 원인으로 보고된다(Seo et al., 2012). 게다가 산화적 스트레스로 인한 과산화수소의 증가는 두피내부의 멜라닌 감소를 일으키고 흰머리를 증가시키는 원인으로 회색과 흰색의 모발에서는 과산화수소의 검출이 증가한다는 보고도 있다(Wood et al,. 2009). 이러한 연구결과에 의하여 과산화수소에 의한 모발손상에 대해서는 이미 전자현미경을 이용한 형태학적인 변화, 인장강도와 신장율에 의한 역학적 성질의 변화, 열분석 등을 통해 연구되어 왔다(Robbins & Bahl, 1984). 따라서 지금까지 펌 과정에서 사용되어온 산화제 이외의 제품 연구는 필요하다고 생각한다.

효소는 자연산물로 생분해성이 높으며, 기질특이성으로 선택적으로 반응하므로 부반응으로 인한 섬유 손상이 적고, 촉매작용 때문에 소량으로도 그 효과를 높일 수 있는 장점이 있다. 효소의 작용은 소화 흡수작용, 분해 배출작용, 항염증, 항균작용, 해독 살균작용, 혈액 정화작용, 세포 부활작용 등이 있다. 효소는 섬유산업에서 양모의 정련에 이용되기도 하였으며, 섬유의 염료를 분해하는 공정 등 다양한 방면에서 적극적으로 이용되고 있다(최 & 김, 2003). 지금까지 효소를 이용하여 정련된 섬유는 화학적 처리법에 비하여 오염의 정도가 낮고 높은 광택과 강도를 얻을 수 있었다. 양모는 케라틴 단백질로 구성되어 인간의 모발 성분과 특성이 유사하다(Robbins & Bahl, 1984).

단백질분해효소(protease)는 단백질을 펩티드단위로 가수분해하는 효소로 산업분야에서 응용되어 전체 효소 시장의 60% 정도로 평가되고 있다. 그 중 알칼리성의 단백질가수분해효소 (Alcalase)는 생물 산업의 관점에서 많은 관심을 받고 사용이 증가하고 있으며, 상업적으로 이용이 가능하다. 특히 효소를 이

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

용한 처리과정은 환경 친화적인 공정중의 하나로 물리적 · 구조적 특성평가에서 우수함이 확인되었다(Das & Ramaswam, 2006). 이러한 효소는 단백질이 주성분으로 다양한 온도 조건에서 분해력을 생산하는데 그 중 알칼리성 프로테아제의 최적 활성화온도는 50~55℃, pH 8~9범위에서 30분간을 나타낸다(Varela et al., 1997). 모발의 펌에 사용하는 환원제는 알칼리성 제품으로 pH 6~11 범위이며, 상온 또는 고온에서 처리된다(Krulwich, 1995 ; Yumoto, 2002). 이러한 이유로 알칼리에서 친화성을 갖는 효소의 펌제 적용은 가능할 수 있다고 사료된다.

효소의 펌제 적용 선행연구는 단백질 조효소를 전처리제로 사용함으로써 웨이브의 형성률과 지속율의 증가를 보고 하였으며(이 & 강,2011), 단백질분해효소를 이용한 지렁이 자가분해물을 펌 제에 처리하여 펌 효율과 손상을 분석하였다(Kwon et al., 2013). 그러나 효소 또는 분해물을 펌 과정에서 전처리제로 적용하거나 환원제에 첨가한 연구가 대부분으로 산화제에 효소를 적용한 연구는 희박하였다. 따라서 본 연구는 효소를 펌 과정에 적용할 시 활성이 적합하고 환경 친화적이며, 펩티드의 함유로 인하여 모발의 손상을 예방할 수 있는 장점이 있다고 판단되므로 알칼리성 단백질분해효소를 펌 과정에 응용하고자 하였다. 이러한 연구는 지금까지 사용되어온 과산화수소 산화제와 효소를 적용한 산화제의 웨이브효율을 산출하여 비교하였으며, 손상의 예방 정도를 분석하여 이에 대한 효과를 확인함으로써 보다 환경친화적인 산화제 자료로 제시하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1. 1. 시료모발 제작

본 연구에 사용된 시료모발은 장기적 약물복용, 다이어트 및 최근 2년간 화학적 처리를 하지 않은 건강한 여성 모발을 사용하였다. 시료 모발은 두피로부터 3~4 ㎝ 떨어진 후두부 부위에서 자르고 약 1.5 g 씩 나누어 상단부는 실리콘 처리하였다. 제작된 시료모발은 중성샴푸로 먼지와 오일 등을 제거하고 흐르는 물에 세척하여 자연건조 하였다.

1. 2. 효소액 제조

본 연구에 사용된 단백질분해효소(Alcalase 2.4L FG, Novozymes)는 알칼리성 단백질분해효소(APE)로 0.05 mol/L 보레이트 완충액 45 mL에 0.1%를 첨가하여 사용하였다. 보레이트 완충액은 DW(distilled water) 1L에 borax($Na_2B_4O_7$, Sigma Aidrich) 10 g을 넣어 교반하고 0.1 mol/L HCl을 첨가하여 pH 9.2로 조정한 다음 981 ml의 용액을 1L volum flask에 옮기고 DW로 1L가 되도록 채운 후 4℃로 냉장 보관하여 사용하였다.

1. 3. 펌 제품

효소를 사용한 모발의 손상정도와 웨이브 형성을 평가하기 위하여 시료모발을 펌 시술하였다. 펌 제품의 공정은 2 종류로 일반 상온에서 실시하는 콜드 펌과 고온에서 실시하는 열 펌으로 분류하여 각각의 모발시료는 온도를 다르게 시술하였다. 콜드 펌 1액 환원제는 시스테인(Cysteine)과 모노에탄올아민(Monoethanolamine)이 주성분으로 pH 9.04의 액상이며, 2액 산화제는 과산화수

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

소(Hydrogen peroxide, H_2O_2)를 주성분으로 하는 pH 3.42 제품이다. 콜드 펌 사용제품은 모델명: 모토미 Speed Multi Perm, ㈜ 화인화장품의 환원제와 산화제이다. 열 펌 전용 환원제는 치오글리콜산(Thioglycolate Ammonium, $C_2H_7NO_2S$)이 주성분이고 pH 9.32의 크림상태이며, 산화제는 과산화수소를 기반으로 하는 pH 3.71 제품이다. 열 펌 사용제품은 모델명: Repit U, PK-RESTORE S1, (CREATE ION®, Korea) 환원제와 Repit U, PK-RESTORE N2 (CREATE ION®, Korea) 산화제로 미용재료 마켓으로부터 구입하여 사용하였다.

1. 4. 펌 시술

1. 1. 1. 콜드 펌 처리 및 시술 모발의 분류

콜드 펌 시술은 환원제를 도포하고 지름 1.3 cm의 롯드를 이용하여 와인딩 후 가온 (45℃) 10 min, 자연방치 (22℃) 15 min 처리하고 세척 후 타올드라이 하였다. 산화제는 10 min 동안 처리하고 효소 0.1% 단독 처리 모발은 50℃에서 30 min 처리하였다. 각각의 콜드 펌 처리 과정은 Fig. 7에 콜드 펌 처리 공정은 Fig. 8에 나타내었으며, 콜드 펌 시술 모발의 분류는 Table 5 에 표기하였다. 환원제와 산화제에 의한 모발의 웨이브 변화과정은 Fig. 11 ~ Fig. 12와 Fig. 14에 나타내었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

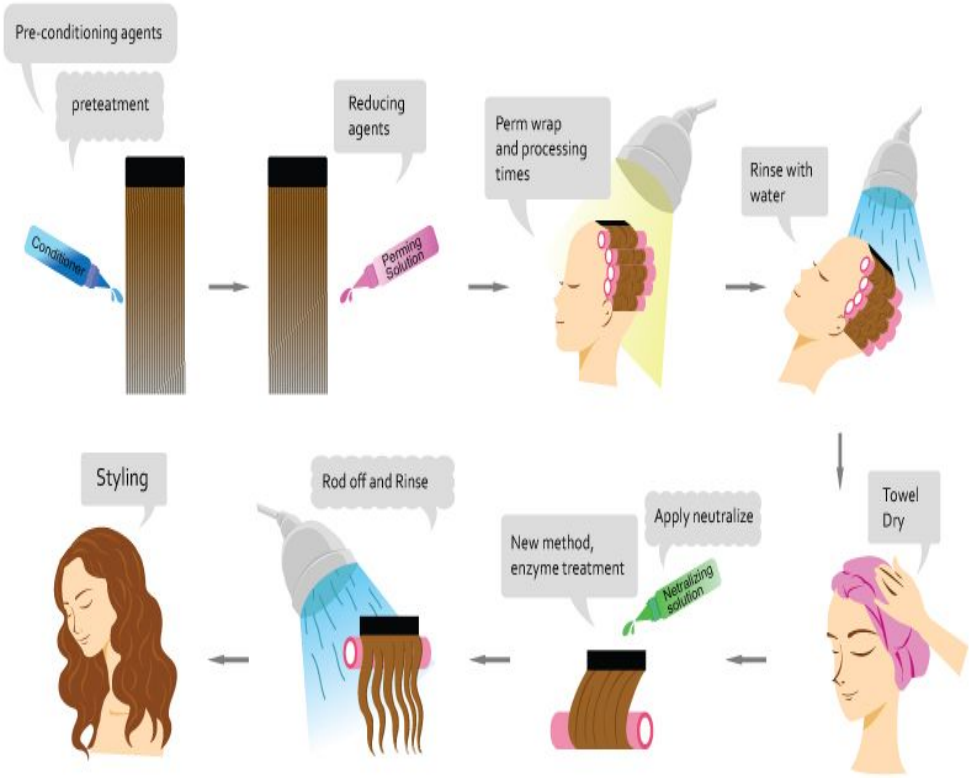


Fig. 7. Procedure of cold perm wave.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

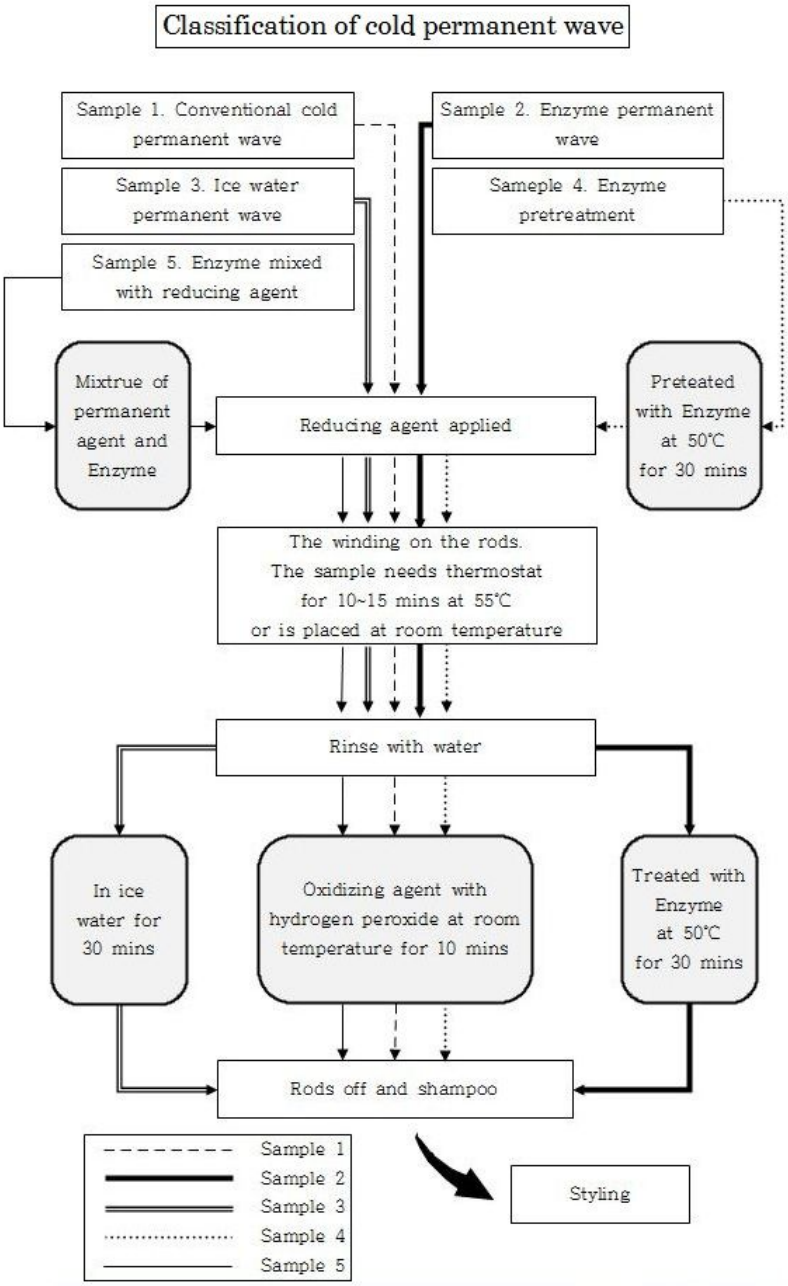


Fig. 8. Classification of cold perm wave.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 1. 2. 열 펌 처리 및 시술 모발의 분류

열 펌 시술과정은 모발에 환원제를 도포하고 50℃에서 10 min, 자연방치 10 min으로 팽윤된 모발을 물로 세척하여 건조하고 Heating 아이론(Wold Electron, Korea) 기구 지름 18 mm를 이용하여 스파이럴 컬링(spiral curling) 시술하여 웨이브를 형성하였다. 온도 조건은 80℃~200℃ 까지 각각 다르게 시술하였으며, Heating 아이론은 제거 후 모발 웨이브의 유지를 위하여 일반 세미롱 로드 18 mm로 재 와인딩하여 산화제를 도포하였다. 산화제는 10 min 동안 처리하고 효소 0.1% 단독 처리 모발은 50℃에서 30 min 동안 처리하였다. 각각의 열 펌 처리 과정은 Fig. 9에 나타내었으며, 열 펌 처리 공정은 Fig. 10 에 나타내었다. 펌 온도조건 시술 분류는 Table 5에 표기하였다.

Table 5. Classification list of samples

Explain	Name			
	Cold perm	Heat perm		
	40℃	80℃	160℃	200℃
Virgin hair	Con	Con	Con	Con
Perm wave treated with conventional hydrogen peroxide oxidizer	E1	C1	A1	O1
Perm wave treated for oxidizer by protease	E2	C2	A2	O2
Perm wave treated in water	E3	C3	A3	O3
Perm wave pre-treated with protease in reducing agent	E4	C4	A4	O4
Perm wave treated mixture by protease with reducing agent	E5	C5	A5	O5

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 9. Procedure of heat perm wave.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

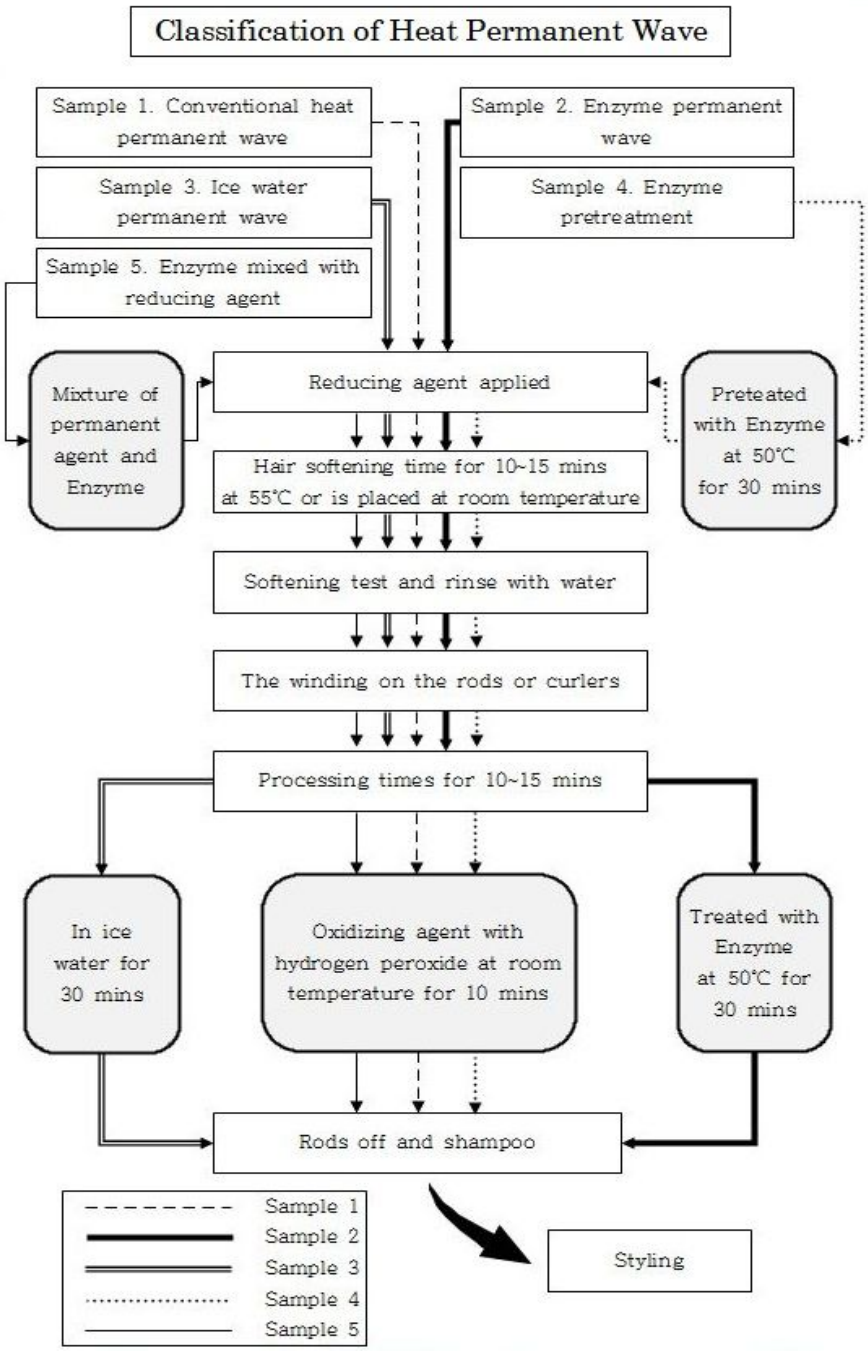


Fig. 10. Classification of heat perm wave.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

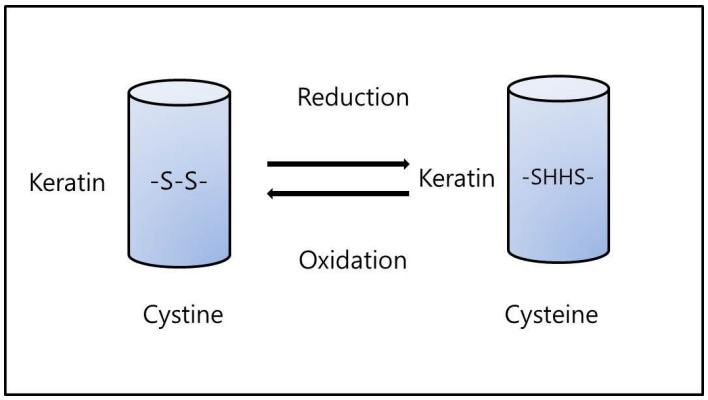


Fig. 11. Reduction and oxidation of hair with sulfite bond.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

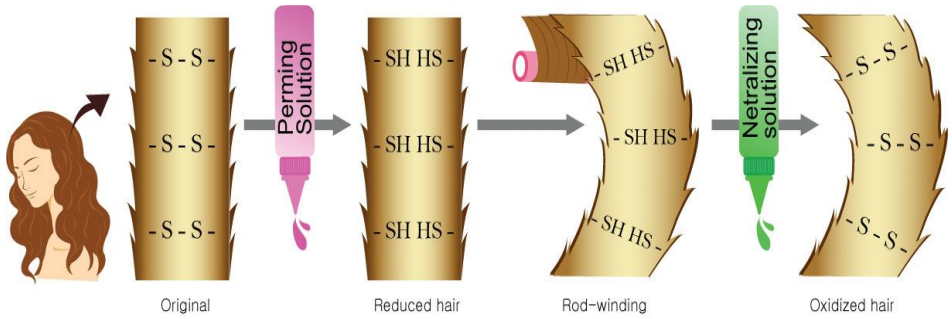


Fig. 12. Reducing agent and oxidizing agent for wave change by rod-winding.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 방법

2. 1. 펌 모발의 효율 측정(길이 수축률, 유지율 및 직선 회복율)

효소를 이용하여 펌 처리된 시료모발의 펌 웨이브 효율은 수축율(S), 유지율(S_c, S_p), 직선 회복율(S_d)을 선행연구 야크헤어의 습열 수축비율 산출에 사용된 섬유의 수축율 계산 방법(Liu et al., 2013)과 섬유의 수축 변화율을 측정하는 방법을 응용하여 측정하였다(Hatch, 1993). 웨이브 수축률 측정 방법은 시술 전 모발길이와 시술 후 모발길이를 각각 10 가닥씩 측정하였다. 웨이브 유지율 측정 방법은 펌 형성된 모발 시료를 중성 샴푸를 사용하여 3 회 세척하여 흐르는 물에서 린스 처리하고 중력방향으로 고정시켜 24 시간 경과 후, 그리고 샴푸와 건조를 4 주 동안 반복한 모발길이의 변화율을 측정하였다. 직선 회복율은 펌 형성된 모발이 초기의 직선 형태로 되돌아갈 변화율을 측정하였다. 모발 길이는 세계 표준자(300 mm Samil, Korea)를 이용하여 측정 후 평균값과 표준편차를 구하였다. 산출된 웨이브 수축률, 유지율 및 직선 회복율은 Fig. 13에 의하여 측정하였으며, 각각의 값은 다음 식(1), (2), (3), (4)에 의하여 산출하고 그 결과 값을 이용하여 펌 효율을 분석하였다. 각각의 펌 효율 (웨이브 수축율, 유지율, 직선 회복율)을 측정하는 방법은 Hatch (1993)의 식을 응용하였다.

$$\text{Dimensional change (\%)} = \frac{\text{Final measurement} - \text{Initial measurement}}{\text{Initial measurement}} \times 100$$

Hatch (1993)

(1) $S\ (\%) = [(L_1 - L_o)/L_o] \times 100$

(2) $S_c\ (\%) = [(L_2 - L_1)/L_1] \times 100$

(3) $S_p\ (\%) = [(L_3 - L_1)/L_1] \times 100$

(4) $S_d\ (\%) = [(L_3 - L_o)/L_o] \times 100$

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

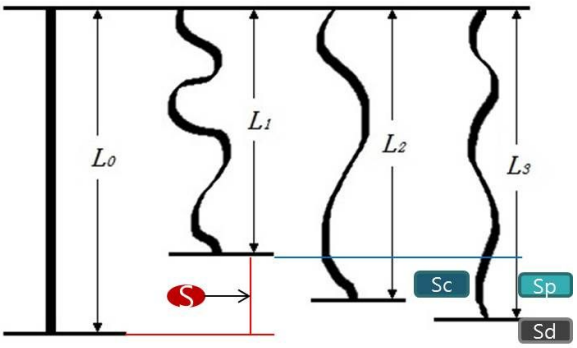


Fig. 13. Hair shrinkage calculation of dimensional change. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: the straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 2. 모발 굵기 측정

모발 굵기 측정방법은 DM (digital micrometer)으로 측정하는 방법과 SEM (scanning electron microscope)으로 측정하는 방법이 있다. 일반적인 모발 측정 방법으로 DM을 이용하여 보고된다(이 & 함, 2010). 그러나 DM을 이용하여 측정한 모발시료는 측정하는 과정에서 미세한 압력으로 인한 오차가 발생될 수 있으므로, 1차적으로 10 가닥을 DM으로 측정한 후 SEM, JSM-7500F made in japan으로 재 측정하였다. 관찰조건은 모발을 세척 후 건조하여 Cressington Sputter Coater 108auto를 사용하여 20 nm로 백금 코팅(platinum coating)하였으며 Condition 5 kv, WD (working distance) 10.4 mm, Photosize 800~1000 배율로 측정하였다. SEM은 일반적으로 모발의 표면을 확대하여 형태학상으로 분석하는데 널리 사용되고 있으며 이 기술은 모발의 두께 관찰을 제공 한다(Velasco et al., 2009). 각각의 모발 당 10 개씩 측정 후 최소값과 최대값을 제외한 평균값과 표준편차를 구하였으며, 측정지점은 퍼머넌트가 완료된 모근부에서부터 5 cm 지점 사이로 하였다.

2. 3. 인장율 및 신장률 측정

시료모발은 모근 방향으로 동일하게 레오메타(Rheometer, CR-300, Sun Scientific, Co, Japan)를 사용하여 측정하였다. 측정값의 신뢰성을 위하여 각 시료 당 10 가닥을 Digital micrometer를 이용하여 8~9 mm로 선별하여 평균과 표준편차를 구하였다. 인장강도와 신장률은 한국산업규격 섬유의 인장강도 및 신도의 시험방법 (KS K0323)에 준하여 실시하였다. 인장조건은 길이 5 mm, Speed 20 mm/min 속도로 연신하였다. 실험실 온도는 22℃이며 습도는 65%였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 4. 다공성 측정

펌 웨이브를 시술 후 자연건조 된 모발은 모발손상도 측정 MB (methylene blue) 염색법 선행연구 송 et al (2006)의 방법을 응용하였다. 모발손상도의 일반적인 측정 방법은 MB 염색을 시행한 다음 흡수된 MB 용액을 다시 추출하여 손상의 정도를 측정하는 실험으로 그 방법은 다음과 같다. 1 mL 의 20% MB 용액이 담겨있는 15 mL conical tube에 시료모발 10 cm 를 5 가닥씩 침지시킨 후 voltexing (VOTEX-2GENIE®) 10,000 rpm 으로 1 min 씩 혼합 하였다. 모발은 온열교반기(Thermo Micromixer Mxi4t Finepcr Co)로 Tachometer 1600 rpm, 온도조건 50℃, 50분 동안 시료모발의 염색을 시행하였다. 손상모발에 흡착된 MB 용액을 추출하고자 모발은 종이 와이퍼(Kimtech science wiper)를 사용하여 닦아낸 후 15 mL conical tube에 넣고 100% ethanol 49%, glacial acetic acid 1%, 50% 증류수로 만들어진 NR desorb solution 5 mL을 넣어서 5 min 동안 추출하였다. 추출된 MB 용액은 빠르게 Ratiolab에 1000 μL 씩 넣어서 분광광도계(spectrophotometer, Ultrospec 3100 pro, Biochrom, England)를 이용하여 660 nm 에서 흡광도(optical density, O·D) 값을 측정하였다. 각 시료모발은 5 회 측정 후 평균값과 표준편차를 구하였다. 실험실 온도는 20℃, 습도는 65%이었다.

2. 5. 전자현미경 관찰

시료 모발 표면의 형태적 변화를 관찰하기 위하여 모발을 전자주사현미경(scanning electron microscopy, SEM, JSM-7500F, Japan)으로 관찰하였다. 관찰조건은 모발을 세척 후 건조하여 모발 표면을 진공 이온코팅기(E-130 Hitahico, Japan)를 사용하여 20 nm로 백금 코팅(platinum coating)하였으며 가속전압1.5 kv, Working Distance 8.00 mm으로 ×2000 배율 측정하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험 결과

1. 펌 모발의 효율 측정(길이 수축률, 유지율 및 직선 회복율)

1. 1. 콜드 펌의 수축률, 유지율

펌 형성된 모발은 시간이 경과 될수록 풀림현상이 일어나며 본래의 직선형으로 되돌아가는 현상이 발생될 수 있다. 이러한 이유로는 공기 중의 이차적인 산화반응, 샴푸, 중력, 스타일링 조건에 따라 달라지기도 하며, 원래의 모발상태로 되돌아가고자 하는 모발내부의 화학적 결합 등의 변화작용이 원인으로 작용한다(이 et al., 2009). 지금까지 펌 웨이브 효율의 측정법은 규정화되지 않아 다양하게 보고되고 있다. 선행연구에 의하면 최(2010)는 spiral 형태로 와인딩 된 펌 모발의 두 번째 웨이브를 기준으로 웨이브가 시작되는 지점과 웨이브가 끝나는 지점의 간격을 측정하여 웨이브의 효율성을 분석하였다. 이 et al.(2009)는 웨이브 형성율 측정을 펌 된 모발의 길이 차이의 비율을 측정하였고 유지율은 펌 형성 후 지속되는 모발의 길이를 일정기간 간격으로 측정하여 비교하였다. 김(2010)은 초기 펌 웨이브 형성 간격을 시점으로 측정하였으나 펌 시술전의 모발길이를 표기하지 않아서 펌 형성 이미지로 펌 형성율과 유지율을 확인할 수 있었다. 김 et al.(2003)은 웨이브가 형성된 모발의 상태를 원형으로 부착시켜 모발다발의 직경을 측정하여 펌의 형성율을 표시하였으며, 유지율을 측정하기 위하여 중력방향으로 고정시켜 늘어진 길이를 펌 전 모발 길이의 차이와 비교하였다. 또한 Liu et al.(2013)은 야크헤어의 직선 모발과 웨이브 형성 모발의 수축비율을 측정하여 수축율을 산출하여 하였으며, Hatch(1993)는 초기 모발길이와 마지막 모발길이의 비율을 측정하여 길이의 수축 또는 증가율을 측정하였다. 이러한 측정법은 일정한 조건에 의한 방법으로 다양하게 제시될 수 있다. 따라서 이와 같은 방법을 응용하여 펌 모발의 수축률, 유지율, 직선 회복율을 측정하고 펌 웨이브의 효율을 평가하였다. 콜드 펌 공정으로 각각의 모발들은 시료를 다르게 펌 처리하여 길이 수축률과 유지율을 측정하였다(Table 6). 산출된 펌 모발의 길이 수축률의 차

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

이는 E1〉 E3〉 E4〉 E2〉 E5로 전통적으로 사용하는 과산화수소가 함유된 산화제를 처리한 E1이 가장 높았으며, 효소와 환원제를 동시에 혼합하여 처리된 E5의 펌 수축률이 가장 낮은 결과를 얻었다. 그러나 펌 웨이브 된 모발을 샴푸하여 중력방향으로 고정하여 24 시간 건조시킨 후 그 값을 비교한 웨이브 유지율 (Sc)의 비교는 E2〉 E4〉 E5〉 E3〉 E1로 효소를 산화제 대용으로 처리한 모발의 웨이브 유지율이 가장 높게 측정되었다. 또한 4 주 동안 매일 샴푸하고 건조시킨 후의 웨이브 유지율 (Sp)은 E2〉 E5〉 E3〉 E1〉 E4로 효소를 산화제 대용으로 처리한 모발의 유지율이 가장 높게 측정되었다. 결과적으로 콜드 펌 공정에서 효소를 산화제 대용으로 처리한 펌 웨이브는 초기 수축률은 낮았으나 웨이브 유지율은 시간이 경과됨에 따라 높게 측정됨으로써 웨이브의 효율 또한 높은 결과를 나타낸다고 볼 수 있다.

1. 2. 콜드 펌의 직선 회복율

직선 회복율 (S_d)의 평가는 펌 된 웨이브가 풀려서 펌 전의 초기 모발 길이로 되돌아갈 수 있는 가능성을 산출한 값이다. 직선 회복율의 측정 또한 지금까지 규정화된 것은 없다. 이것은 초기 모발 길이를 기준으로 최종 측정된 펌의 지속율을 알아보기 위한 것으로 S_d 값이 낮을수록 지속율을 높게 평가할 수 있다. 이러한 근거는 Fig. 14의 웨이브 이미지 비교에서도 확인할 수 있으며, 최종 측정 길이(L_3)와 펌 전의 초기 모발길이(L_0)의 차이가 S_d와 유사한 결과에서 확인하였다. S_d 측정 결과 E4〉 E5〉 E1≒E3〉 E2로 측정되어 E2는 웨이브의 풀림이 가장 낮게 확인되었다. 이러한 결과는 L_3와 L_0의 길이 측정에서 S_d가 가장 낮은 E2는 3.5 cm로 가장 높은 차이를 나타내고 S_d 가 가장 높은 E4는 1.6 cm의 가장 낮은 차이를 나타내어 S_d가 낮을수록 웨이브의 풀림 현상이 감소된다고 확인 할 수 있으므로 효소를 산화제 대용으로 처리한 모발 E2는 웨이브 풀림 현상이 감소되었다..

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 3. 열 펌의 길이 수축률 및 유지율

단백질분해효소를 이용한 열 펌의 웨이브 형성율은 모발길이의 수축율(S)을 측정하였으며, 시간이 경과됨에 따라서 풀림의 현상은 유지율(Sc, Sp)을 80℃, 160℃와 200℃에서 각각의 처리조건을 다르게 시술하여 얻은 산출값을 Table 7~Table 9 에 표기하였다. 형성된 웨이브의 수축률 이미지는 Fig. 14에 나타내었다. 80℃ 열 펌 S는 C2〉 C3〉 C5〉 C4〉 C1, 160℃ 열 펌 S는 A2〉 A3 ≒A4〉 A5〉 A1, 200℃ 열 펌 S는 O2〉 O5〉 O3〉 O1〉 O4로 나타났다. 80℃, 160℃, 200℃에서 단백질분해효소를 산화제 대용으로 처리한 모발은 기존의 과산화수소를 함유한 산화제를 처리한 모발 2~7.48%에 비하여 높은 13.61~20%의 수축률을 나타내어 웨이브의 형성력 또한 우수하다고 확인하였다. 이러한 결과는 이 et al.(2009)의 연구에서 환원제의 적용은 시술온도가 높아짐에 따라 웨이브 형성력이 상승한다고 보고와 유사한 결과로 160℃와 200℃의 고온에서 증가된 웨이브 수축률을 나타내었다. 그러나 160℃와 200℃에서 단백질분해효소를 사전처리 한 모발의 경우는 1.33~6.67%의 낮은 수출률을 나타냈다. 이 & 강(2011)은 단백질 조효소를 전처리제로 사용함으로 웨이브의 형성률과 지속율을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 전처리제 시술은 낮은 수축률을 나타내고 오히려 산화제 대용 처리에서 증가된 수출률을 나타낸 결과를 나타내므로 펌 시술에서 단백질분해효소를 처리하는 과정과 시점이 중요하다는 결과를 확인하였다.

웨이브 유지율 측정 결과, 80℃ Sc는 C2〉 C1〉 C4〉 C5〉 C3, Sp는 C1〉 C5〉 C4〉 C3〉 C2로 C2의 Sc는 5.51%의 모발 수축률을 나타내어 높은 유지율을 보였으나 시간이 경과될수록 모발의 길이가 증가되어 유지율이 감소하였다. 160℃ 열 펌 모발의 Sc는 A3〉 A1〉 A4〉 A5〉 A2이며, Sp는 A3〉 A5〉 A4〉 A1〉 A2로 나타내어 A3은 시간이 경과 될수록 높은 유지율을 확인하였으며, A2의 유지율은 낮았다. 200℃에서의 Sc는 O1〉 O4〉 O5〉 O3〉 O2이며, Sp는 O1〉 O3〉 O4〉 O5〉 O2로 O1의 유지율이 가장 높게 나타나고 O2는 낮은 유지율을 나타내어 웨이브 수축률이 높은 모발이 유지율은 낮게 나타나므로 수출률과 펌의 유지율 경향은 일정하지 않다는 이 et al.(2009)의 보고와 유사

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하였다. 이러한 이유는 보습력과 간충 물질의 손실에 의한 영향의 작용 또는 산화·환원 반응의 정도의 차이에 의하여 화학적 반응 특성이 달라지기 때문에 나타나는 결과로 보고되었다(이 et al., 2009). 이 et al.(2012)은 갯지렁이자가 분해물을 처리하여 웨이브 형성률을 측정한 연구에서 단백질 조효소가 첨가물을 저분자로 분해시켜 모발에 흡착이 용이하도록 하여 효과를 보인다고 하였다. 본 연구에서도 효소를 적용한 모발은 웨이브 수축률에서 높은 증가를 보였다. 그러나 웨이브 유지율은 일정하지 않은 결과를 나타내었다. 지금까지 펌 모발의 효율 선행연구에서 하 & 고(2012)는 펌 웨이브 형성률을 모발의 펌 시술전 길이와 형성 후의 길이를 비교하여 웨이브 효율을 연구하였으며, 장 et al.(2014)은 황칠나무 잎을 이용한 퍼머넌트 웨이브 모발의 형태학적 변화에서 펌 웨이브 효율성을 펌 형성 후 길이의 수축률을 전체적인 웨이브 효율로 연구하였다. 신 & 강(2013)은 펌 형성 후 모발의 웨이브 간격을 기준으로 지점을 결정하여 웨이브 형성률과 지속률을 측정하여 펌 효율을 평가하였다. 지(2015)는 황칠나무 잎의 트리트먼트 효과의 펌 효율을 시술전 길이와 시술 후 길이를 비교하여 평가하였다. Liu et al.(2013)은 야크헤어의 습열 수축비율을 산출하여 효율을 산출하였으며, Hatch (1993)는 섬유의 수축비율과 유지율을 수축의 변화율로 산출하였다. 따라서 펌 웨이브 효율 평가의 분석은 웨이브 수축률 및 유지율 평가 및 펌 형성 전 길이와 펌 형성 최종 길이의 비교 분석이 동시에 필요하다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 4. 열 펌의 직선 회복율

펌 형성 4주 후와 초기 펌 형성 전 모발의 길이를 비교한 직선 회복율을 측정하였다. 열 펌 80℃ S_d는 C4〉C1〉C3C5≒C2이고, 160℃ S_d는 A5〉A1〉A4≒A2〉A3로이며, 200℃ S_d는 O4〉O5〉O3≒O1〉O2로 나타났다. 열 펌 80℃, 160℃ 그리고 200℃에서 각각의 C2, A2, O2는 직선 회복율이 (-) 8.16~16.67 범위로 측정되었다. 또한 최종 측정 모발길이 L_3와 초기 측정 모발길이 L_O의 차이 값이 클수록 직선 회복율 또한 감소하였다. 따라서 펌이 형성된 모발이 직선으로 풀리는 현상이 감소될수록 펌 효율은 높다고 확인된다. 그러나 특별하게 O4와 O5는 모발의 초기 길이보다 펌 후에 각각 3.33 cm, 1.33 cm로 길게 나타났다. 이러한 이유는 Robbins(1994)의 보고에 의하면 환원제는 알칼리성으로 침투과정에서 모발이 팽윤되고 큐티클의 손상으로 늘어진 현상이 발생한다고 보고하였다. 또한 펌 과정에서의 손상은 재산화과정의 불완전한 산화로 인하여 모발 미세섬유에서 α-구조와 β-구조의 감소로 인한 코일의 구조가 변형된다고 보고하였다(Nishikawa et al., 1998). 그러므로 펌 시술 후 최종 길이가 시술전의 초기 길이보다 늘어난 이유는 알칼리성의 환원제와 고온의 열을 이용한 아이롱 처리과정 및 산화과정의 처리 등이 원인으로 사료된다. 이상과 같은 결과에 의하여 단백질분해효소를 산화제 대용으로 처리한 모발이 웨이브의 풀림이 감소되어 유지율을 높일 수 있으므로 산화제로써 단백질분해효소의 적용은 고려할만하다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Before perm Formation perm wave After 4 week

ⓐ Cold perm wave styles by 40℃, E1~E5

Before perm Formation perm wave After 4 week

ⓑ Heat perm wave styles by 80℃, C1~C5.

Before perm Formation perm wave After 4 week

ⓒ Heat perm wave styles by 160℃, A1~A5.

Before perm Formation perm wave After 4 week

ⓓ Heat perm wave styles by 200℃. O1~O5

Fig. 14. Perm wave styles by ⓐ, ⓑ, ⓒ and ⓓ. Con: virgin hair. Treated with H_2O_2 oxidizer: E1, C1, A1, O1. Treated with protease: E2, C2, A2, O2. Treated in water: E3, C3, A3, O3. Pre-treated with protease: E4, C4, A4, O4. Reducing agent mixture with protease: E5, C5, A5, O5.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair wave by cold perm (40℃)

Samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
E1	14.5 ±0.10	9.3 ±0.4	11.5 ±0.26	11.7 ±0.29	35.86^{a} (-)	23.66^{b} (+)	25.81^{bc} (+)	19.31^{b} (-)
E2	14.5 ±0.11	10 ±0.4	10.5 ±0.30	11 ±0.41	31.03^{c} (-)	5^{a} (+)	10^{a} (+)	24.14^{a} (-)
E3	14.5 ±0.24	9.5 ±0.52	11.7 ±0.24	11.7 ±0.21	34.48^{ab} (-)	23.16^{b} (+)	23.16^{b} (+)	19.31^{b} (-)
E4	14.6 ±0.23	10 ±0.35	12 ±0.45	13 ±0.2	31.51^{bc} (-)	20^{b} (+)	30^{c} (+)	10.96^{d} (-)
E5	14.6 ±0.35	10.3 ±0.18	12.4 ±0.24	12.3 ±0.2	29.45^{c} (-)	20.39^{b} (+)	19.42^{b} (+)	15.75^{c} (-)

(+): length increase, (-): length decrease. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3, E1: treated with H_2O_2 oxidizer, E2: treated with protease, E3: Treated in water, E4: pre-treated with protease, E5: reducing agent mixture with protease. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 7. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by heat perm (80℃)

Samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
C1	14.7 ±0.22	13.6 ±0.16	13.6 ±0.22	13.7 ±0.19	7.48^c (-)	0^b	0.74^a (+)	6.8^a (-)
C2	14.7 ±0.21	12.7 ±0.14	12 ±0.43	13.5 ±0.17	13.61^a (-)	5.51^a (-)	6.30^b (+)	8.16^a (-)
C3	14.7 ±0.23	12.9 ±0.20	13.3 ±0.24	13.6 ±0.13	12.24^a (-)	3.10^c (+)	5.43^b (+)	7.48^a (-)
C4	14.7 ±0.15	13.5 ±0.08	13.7 ±0.14	14.2 ±0.22	8.16^c (-)	1.48^{bc} (+)	5.19^b (+)	3.4^b (-)
C5	14.7 ±0.16	13.2 ±0.15	13.5 ±0.14	13.5 ±0.29	10.20^b (-)	2.27^{bc} (+)	2.27^a (+)	8.16^a (-)

(+): length increase, (-): length decrease. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3, C1: treated with H_2O_2 oxidizer, C2: treated with protease, C3: Treated in water, C4: pre-treated with protease, C5: reducing agent mixture with protease. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 8. Wave forming, maintenance ability and of straightness degree of hair waving by heat perm (160℃)

Samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
A1	15 ±0.32	14.3 ±0.18	13.5 ±0.15	13.8 ±0.25	4.67^b (-)	5.59^a (-)	3.50^b (-)	8^c (-)
A2	15 ±0.15	12 ±0.24	12.2 ±0.09	12.5 ±0.14	20^a (-)	1.66^c (+)	4.17^c (+)	16.67^a (-)
A3	15 ±0.55	14 ±0.19	13 ±0.14	13 ±0.17	6.67^b (-)	7.14^a (-)	7.14^a (-)	13.33^b (-)
A4	15 ±0.15	14 ±0.16	14 ±0.09	14 ±0.12	6.67^b (-)	0^b	0^c	6.67^c (-)
A5	15 ±0.15	14.2 ±0.14	14.4 ±0.14	14.5 ±0.15	5.33^b (-)	1.41^{bc} (+)	2.11^d (+)	3.33^d (-)

(+): length increase, (-): length decrease. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3, A1: treated with H_2O_2 oxidizer, A2: treated with protease, A3: Treated in water, A4: pre-treated with protease, A5: reducing agent mixture with protease. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 9. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by heat perm (200℃)

Samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
O1	15 ±0.05	14.7 ±0.17	14.2 ±0.15	15 ±0.18	2^{b} (-)	3.40^{a} (-)	2.04^{ab} (+)	0^{b}
O2	15 ±0.12	12 ±0.14	13.3 ±0.39	13.7 ±0.21	20^{a} (-)	10.83^{c} (+)	14.17^{c} (+)	8.67^{a} (-)
O3	15 ±0.15	14.6 ±0.22	15.1 ±0.20	15 ±0.25	2.66^{b} (-)	3.42^{b} (+)	2.74^{ab} (+)	0^{b}
O4	15 ±0.22	14.8 ±0.18	15 ±0.30	15.5 ±0.27	1.33^{bc} (-)	1.35^{b} (+)	4.73^{b} (+)	3.33^{c} (+)
O5	15 ±0.11	14 ±0.21	14.4 ±0.14	15.2 ±0.24	6.67^{c} (-)	2.86^{a} (+)	8.57^{a} (+)	1.33^{bc} (+)

(+): length increase, (-): length decrease. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3, O1: treated with H_2O_2 oxidizer, O2: treated with protease, O3: Treated in water, O4: pre-treated with protease, O5: reducing agent mixture with protease. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 모발 굵기 측정

효소를 산화제로 처리한 모발의 손상정도에 미치는 영향을 측정하기 위하여 모발의 굵기를 측정하여 결과 값을 나타냈으며, 그 값을 도식화하였다 (Table 10) (Fig. 15). 펌 처리된 모발을 SEM을 이용하여 광학상으로 모발의 굵기를 측정한 결과 콜드 펌 과정으로 효소를 산화제 대용으로 처리된 E2는 E1에 비하여 2.18% 증가, 160℃에서 열 펌 처리된 A2는 A1에 비하여 5.44% 증가를 나타났다. 그러나 열 펌 과정으로 80℃에서 효소를 산화제 대용으로 처리된 C2는 C1에 비하여 10.95%, 200℃에서 처리된 O2는 O1에 비하여 1.37% 감소를 나타났다. 이러한 결과는 환원제와 산화제 제조에 Glycerin과 Hyaluronic acid 2%를 처방하여 제조한 펌 제로 시술된 모발이 굵기가 증가하여 손상도가 감소되었다는 연구결과와 유사하였으며(이 & 함, 2014), 지렁이 자가분해물을 처리한 모발의 굵기가 증가하여 모발손상을 방지하였다는 보고와 유사하였다(Kwon et al., 2013). 선행연구 결과에 의하면 화학적 시술은 모발의 굵기를 얇게 만드는 원인으로, 이러한 이유는 펌 시술 후 모표피와 모피질의 손상도가 커진 것으로 보고 된다(이 & 조, 2010). 이러한 근거는 펌 처리 과정에서 모발 굵기의 증가는 손상도가 감소된 것으로 판단할 수 있다. 결과적으로 효소를 산화제 대용으로 처리한 콜드 펌 과정 E2와 열 펌 160℃의 A2는 모발의 손상도를 감소시킬 수 있는 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 10. The thickness change of perm treated hair by Alcalase

Type	Cold perm (μm)			Heat perm (μm)					
Temp	40℃			80℃		160℃		200℃	
Samples	Con	E1	E2	C1	C2	A1	A2	O1	O2
Aver	120.12	80.76	82.52	110.75	98.62	108.12	114	98.52	97.17
Stdev	±16.93	±10.11	±14.29	±5.65	±5.66	±8.01	±8.43	±11.9	±3.86

Con: virgin hair, E1, C1, A1, O1:Treated with H_2O_2 oxidizer, E2, C2, A2, O2: Treated with protease. Mean±SD (n=8). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

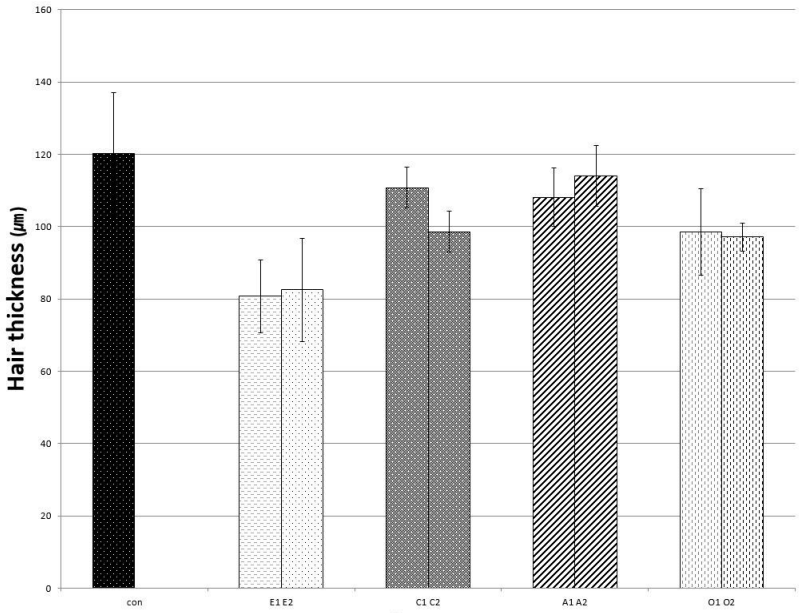


Fig. 15. The thickness change of perm treated hair. Con: virgin hair. Treated with H_2O_2 oxidizer: E1 (40℃), C1 (80℃), A1 (160℃), O1 (200℃). Treated with protease: E2 (40℃), C2 (80℃), A2 (160℃), O2 (200℃).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 인장 특성

기존 과산화수소함유 산화제를 대용하여 효소를 처리한 펌 모발이 손상정도에 미치는 영향을 알아보기 위해 펌 시술 후 인장강도를 측정하여 결과의 값을 나타냈으며, 그 값을 도식화하였다(Table 11), (Fig.16). 측정결과 효소를 산화제로 대용하여 펌 처리된 모든 모발의 인장강도는 기존의 과산화수소를 함유한 산화제를 사용한 모발보다 인장강도가 증가하였다. 특히 160℃에서 열 펌 과정으로 효소 처리한 C2는 C1에 비하여 17.74% 증가하여 가장 높은 증가율을 나타내었다. 각각의 인장강도 증가 값은 콜드 펌 과정으로 효소 처리된 E2는 E1에 비하여 3.45% 증가, 열 펌 과정 160℃에서 효소 처리된 A2는 A1에 비하여 8.66% 증가, 열 펌 과정 200℃에서 효소 처리된 O2는 O1에 비하여 0.88% 증가하였다. 박 & 나(2009)의 보고에 의하면 화학적 시술이 반복된 손상모발은 인장강도가 감소하고 건강모발은 인장강도가 증가한다고 하였다. 신 & 강(2013)의 연구결과에서도 B. subtilis K-54를 배양하고 얻은 단백질분해 조효소물을 첨가하여 시술한 펌 모발의 인장강도가 증가하여 모발손상을 방지하였다는 결과와 유사하였다. 섬유산업에서 효소의 이용의 장점은 화학적 처리에 비하여 섬유 자체의 손상을 주지 않고 섬유 고유의 특성을 보존하며 인장강도를 증가시킬 수 있다고 하였다(최 & 김, 2003) 따라서 본 연구에 사용된 알칼리안 프로테아제는 모발의 인장강도를 증가 시켰으며 이러한 이유로 산화제 대용으로 처리된 모발이 펌 과정에서 손상을 감소시킬 수 있는 것으로 사료된다.

신장률의 변화 값은 (Table 11), (Fig. 17)에 나타냈다. 신장률 측정 결과 콜드 펌 과정으로 효소 처리된 E2는 E1에 비하여 10.35% 증가하였고, 열 펌 과정 160℃에서 효소 처리된 A2는 0.79% 증가하였다. 그러나 열 펌 과정 80℃에서 효소 처리된 C2는 C1에 비하여 2.85% 감소하였으며, 열 펌 과정 200℃에서 효소 처리된 O2는 O1에 비하여 4.24% 감소하였다. 선행 연구에 의하면 모발의 아미노산 함량이 높아지면 인장강도는 증가하고 신장률은 낮아진다고 보고 하였다(김 et al., 2005). 이것은 손상도가 낮을수록 인장강도는 증가하고 신장률은 오히려 감소한다는 근거이다. 본 연구결과 효소를 산화제 대용으로

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

처리된 모발이 모두 인장강도가 증가하여 손상도가 낮아진다는 것을 확인하였다. 그러나 신장률의 증감은 인장강도와 그 결과 값이 일치하지 않아서 신장률의 측정으로는 모발손상 확인이 어려웠다. 이러한 결과는 송 et al.(2006)의 연구에서 신장률의 변화는 모발의 복잡한 구조로 인한 파단으로 정확한 비례를 파악하기 어렵다는 보고와 유사하였으며, 선행 연구에서도 인장강도의 증가 모발이 모두 신장률 또한 감소하지는 않은 결과를 나타냈다(민 et al., 2013). 결과적으로 신장률 측정 결과와 모발 손상도 기준 평가는 상이한 것을 확인할 수 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 11. Mechanical properties of perm treated hair by Alcalase

Type	Cold perm (㎛)			Heat perm (㎛)					
Temp	40℃			80℃		160℃		200℃	
Samples	Con	E1	E2	C1	C2	A1	A2	O1	O2
Tensile strength (g/㎠)	15725 ±1828	13400 ±2125	13863 ±2275	13525 ±1386	15925 ±1478	13988 ±1612	15200 ±3048	14188 ±1576	14313 ±1928
Elongation (%)	22.5 ±2.83	19.91 ±2.85	21.97 ±1.77	22.11 ±2.82	21.48 ±3.49	22.80 ±2.30	22.98 ±3.33	21.44 ±2.56	20.53 ±2.61

Con: virgin hair, E1, C1, A1, O1: Teated with H_2O_2 oxidizer, E2, C2, A2, O2: Treated with protease. Mean±SD (n=8). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

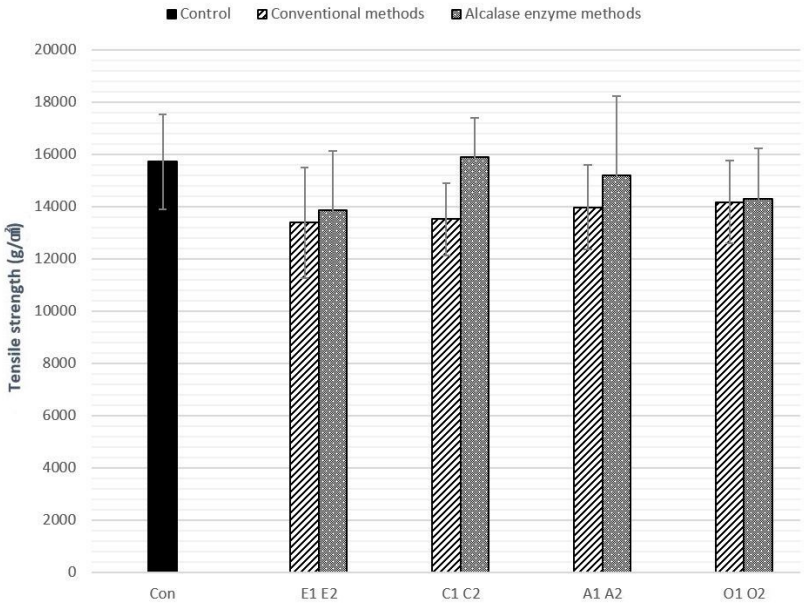


Fig. 16. The tensile strength change of perm treated hair. Con: virgin hair. Treated with H_2O_2 oxidizer: E1 (40℃), C1 (80℃), A1 (160℃), O1 (200℃). Teated with protease: E2 (40℃), C2 (80℃), A2 (160℃), O2 (200℃).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

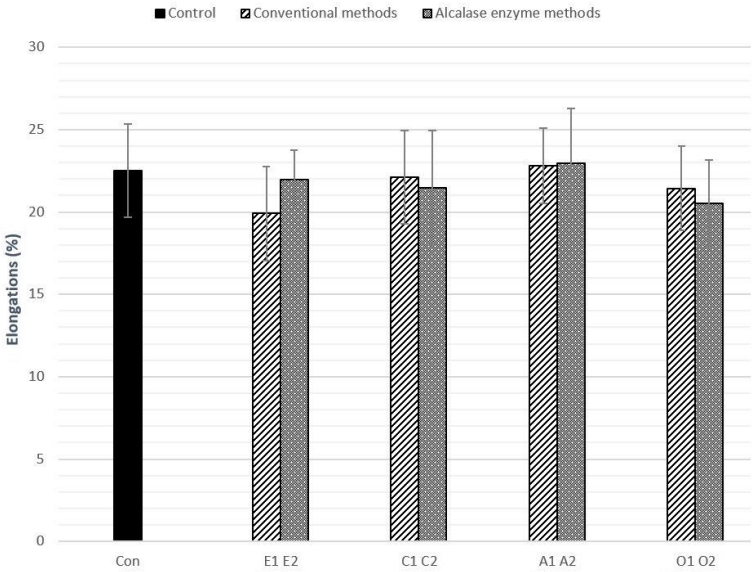


Fig. 17. The elongation change of perm treated hair. Con: virgin hair. Treated with H_2O_2 oxidizer: E1 (40℃), C1 (80℃), A1 (160℃) and O1 (200℃). Treated with protease: E2 (40℃), C2 (80℃), A2 (160℃) and O2 (200℃).

Collection @ chosun

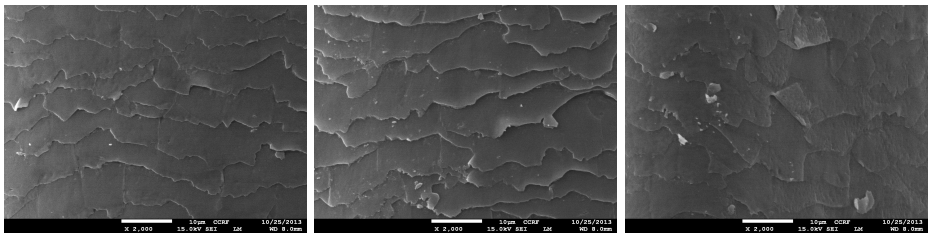
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 전자현미경 관찰

콜드 펌 웨이브의 모발표면 SEM의 형태적 변화는 전통적인 과산화수소를 함유한 기존의 중화제를 사용한 방법에 의해 펌 시술한 E1 모발의 큐티클이 부분적으로 쪼개진 흔적을 보였다(Fig. 18), (Fig. 19). 그러나 효소를 산화제로 대용한 E2 모발은 더욱 큐티클의 문리가 선명하지 않았으며 일부 큐티클이 들떠있는 상태가 확인되었다. 결과적으로 일반적인 콜드 펌 공정 방법에서 효소를 산화제로 대용한 모발의 손상도는 전통적인 과산화수소 함유 산화제 사용보다 더 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 펌 제에 의한 시술이 큐티클의 구멍과 공포를 일으킬 수 있는 것으로 김 et al.(2009)의 결과와 유사하였으며, 최 (2010)의 키위 프로테아제 처리 모발의 손상도가 더 증가하였다는 결과와도 유사하였다. 그러나 열 펌 웨이브의 모발표면 SEM의 형태적 변화는 80℃에서 시술한 열 펌 모발 C2의 큐티클이 부분적으로 들떠 있으나 C1에 비하여 문리가 선명하였다. 160℃에서 시술한 열 펌 모발 A2는 A1에 비하여 큐티클이 선명하고 문리가 일정하였다. 이러한 결과는 선행연구 보고에 의하여 과산화수소의 사용이 펌 과정에서 모발의 물리적 변화를 초래하고 큐티클의 약화와 박리를 가중시킬 수 있기 때문이다(김 & 전, 2005). 그러나 200℃에서 열 펌 시술한 모발 O2는 큐티클의 손상도가 O1과 비슷하였으나 O2의 모발표면에 오구가 흡착되어 있고 큐티클이 느슨해져 있었다. 이러한 이유는 고온의 열 시술은 케라틴 단백질의 변성을 일으켜 모발을 약화시키기 때문이다(손 et al., 1997). 결과적으로 과산화수소가 함유된 산화제를 처리한 기존의 열 펌 시술 방법에 비하여 효소를 산화제로 대용한 열 펌 80℃, 160℃에서의 시술이 큐티클의 손상도가 안정적 이였으며, 그 이상의 고온 200℃에서는 큐티클이 느슨해진 것으로 확인되어 알칼리성 프로테아제를 함유한 펌의 형태학적 최적조건은 열펌 80~160℃ 범위이고 200℃의 고온 시술은 손상을 가중시킬 수 있는 것으로 확인된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



Con E1 E2

Fig. 18. SEM images of the hair cuticle with treated protease (cold perm). Con: virgin hair, E1: Treated with H_2O_2 oxidizer (40℃), E2: Treated with protease (40℃).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

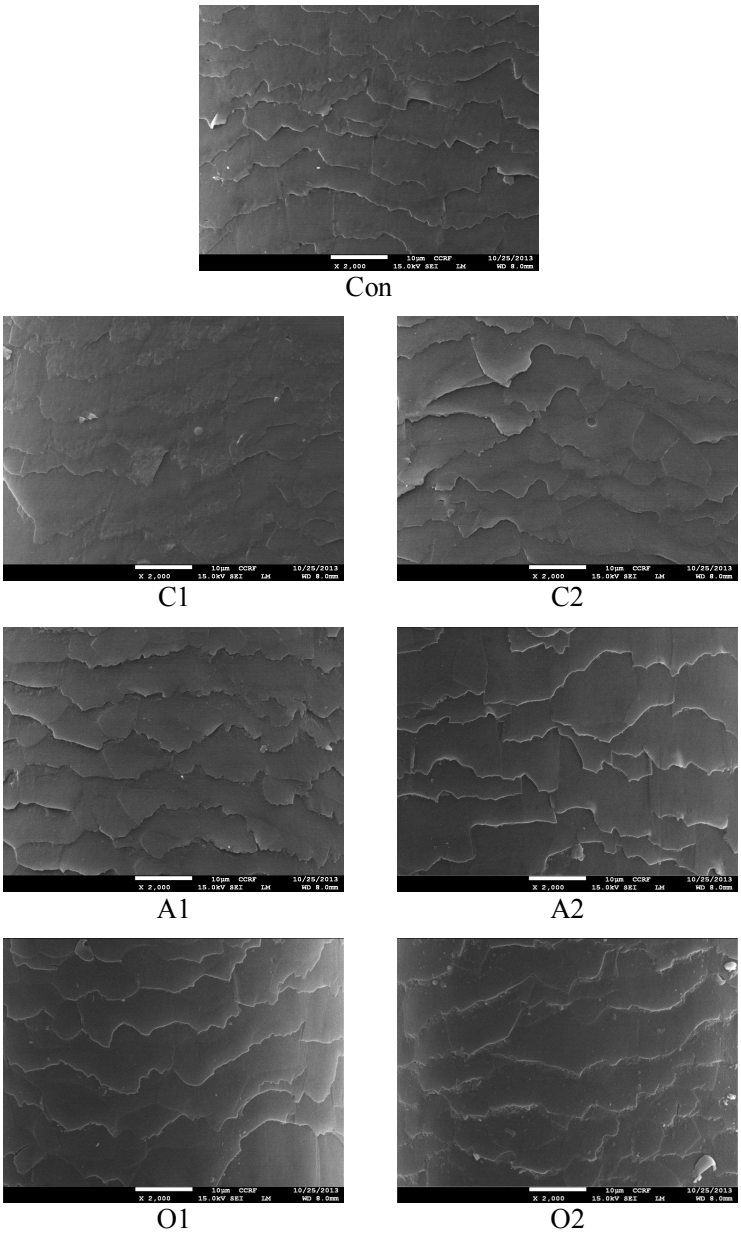


Fig. 19. SEM images of the hair cuticle with treated protease (heat perm). Con: virgin hair. 80℃: C1, C2. 160℃: A1, A2. 200℃: O1, O2. Treated with H_2O_2 oxidizer: C1, A1, O1. Treated with protease: C2, A2, O2.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 다공성 측정

모발의 손상정도를 측정한 선행연구(송 et al., 2006 ; 오 & 최, 2012)에 의하여 MB (methylene blue) 용액을 이용한 흡광도(optical density) 값을 산출하였다. 본 연구에서는 기존의 과산화수소를 함유하는 산화제를 대신하여 효소를 처리한 펌 제가 모발의 손상도 회복에 미치는 영향을 알아보기 위해 펌 처리된 모발을 MB 염색하여 흡광도 결과 값을 나타내었고 그래프로 도식화하였다(Table 12), (Fig. 20). 실험결과 대조군 건강모발 흡광도 값은 0.2114±0.012 nm로 펌 처리된 모든 모발에 비하여 가장 낮게 나타났다. 그러나 펌 처리 후 모든 모발은 대조군에 비하여 0.01~0.212 nm 증가하여 펌 과정에서 다공성이 증가된 것을 확인하였다. 실험 모발 중 가장 흡광도 값이 증가하여 다공성이 증가 된 모발은 열펌 160℃에서 기존의 과산화수소가 함유된 산화제를 처리한 모발로 0.4234±0.03 nm 값을 나타냈으며, 가장 낮은 흡광도 값으로 모발 손상이 적은 모발은 콜드 펌 과정에서 효소를 산화제로 처리한 모발로 0.2216±0.04 nm를 나타내었다. 각각의 펌 처리 과정에서 콜드 펌 40℃ 처리 모발은 기존의 과산화수소 산화제에 비하여 효소 처리 모발이 5.46% 감소하였으며, 열 펌 과정 80℃ 처리 모발은 19.96% 감소, 열 펌 과정 160℃ 처리모발은 26.49% 감소, 열 펌 과정 200℃ 처리 모발은 25.44% 감소되었다. 이러한 결과는 A2〉 O2〉 C2〉 E2로 효소를 산화제 대용으로 사용하였을 시 고온의 열 펌에서 더 높은 모발손상을 방지하는 것을 알 수 있었다. 모발은 펌 시술 과정에서 알칼리제에 의하여 손상이 증가한다(이 & 조, 2010). 펌 제와 펌 과정에 의하여 화학적으로 손상된 모발은 케라틴 단백질의 유실로 더 많은 다공성과 흡수성을 증가시킨다. 따라서 다공성 모발의 흡수성을 이용하여 MB 용액을 흡수시키고 다시 탈착시켜서 모발손상 정도를 측정하였을 시 손상정도가 심한 모발일수록 흡광도 값이 비례하여 증가한다(오 & 최, 2012). 본 연구결과는 효소를 모발에 적용한 선행연구인 *B. subtilis* K-54를 배양하고 얻은 protease 조효소물을 첨가하여 펌 시술시 갯지렁이 단백질의 분해정도에 따른 트리트먼트 기능을 비교한 결과 흡광도 값이 증가하여 모발손상을 감소시킨 결과와 유사한 효과를 나타냈다(신 & 강, 2013). 그

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

러나 최(2010)의 연구에서 보고된 키위 프로테아제를 처리한 모발이 단백질 용출량이 증가하여 흡광도 값이 더 높았다는 결과와는 다르게 확인되었다. 이것은 효소의 종류와 적용시간, 적용온도, 방법 등이 다른 이유로 볼 수 있다. 본 연구는 펌 공정 중에서 단백질분해효소인 알칼레이즈를 산화제 대용으로 50℃, 30분간 적용하였다. 이러한 결과는 비교군에 비하여 흡광도 값이 감소되었으므로 효소 처리된 펌 모발이 다공성을 감소시켜 펌 과정에서 모발손상의 예방 효과가 있는 것으로 확인되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

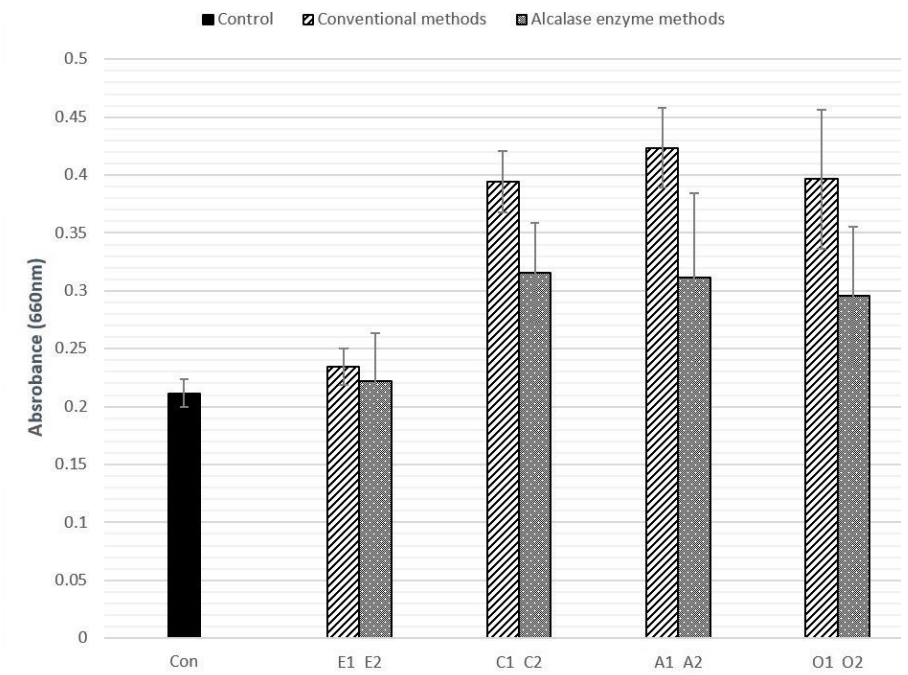


Fig. 20. Absorbance changes of the perm treated hair. Con: virgin hair. Treated with H_2O_2 oxidizer: E1 (40℃), C1 (80℃), A1 (160℃), O1 (200℃). Treated with protease: E2 (40℃), C2 (80℃), A2 (160℃), O2 (200℃).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 12. Absorbance changes of the perm treated hair.

Type	Cold perm (nm)			Heat perm (nm)					
Temp	40℃			80℃		160℃		200℃	
Samples	Con	E1	E2	C1	C2	A1	A2	O1	O2
Aver	0.2114	0.2344	0.2216	0.3942	0.3155	0.4234	0.3112	0.3963	0.2955
Stdev	±0.01	±0.02	±0.04	±0.03	±0.04	±0.03	±0.07	±0.06	±0.06

Con: virgin hair, E1, C1, A1, O1: Treated with H_2O_2 oxidizer, E2, C2, A2, O2: Treated with protease. Mean±SD (n=5). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

6. 통계처리

본 실험으로 얻은 연구 결과의 통계분석은 IBM SPSS Statistics 23 프로그램을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)하였다. 집단 간의 차이비교를 위해 Duncan을 이용하여 사후분석하여 다중 비교하였다. 실증 분석은 유의수준 $p<.05$에서 검증하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 고찰

알칼리성 단백질분해효소를 콜드 펌과 열 펌 과정에 적용하여 펌 웨이브 효율 정도와 손상 방지효과를 측정하였다. 실험 용액은 각각 환원제에 적용, 산화제에 적용, 전처리제로 적용한 모발 그리고 물 처리된 모발을 기존의 과산화수소 산화제 처리 모발과 비교 분석하였다. 각각의 모발은 시술온도와 방법에 따라서 콜드 펌 (40℃), 열 펌 (80℃, 160℃, 200℃)에서 시술하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. E1은 길이 수축률이 높게 나타났으나 유지율이 낮았으며 직선 회복율이 높아 웨이브 풀림 현상이 증가하였다. E2는 길이 수축률은 낮았으나 펌 유지율이 높고 직선 회복율이 낮아 웨이브 풀림 현상 감소를 나타내었다.
2. 열 펌의 효율 측정 80℃, 60℃, 200℃에서 효소 산화제 적용 모발의 길이 수축률이 모두 높은 결과를 확인하였다. 그러나 유지율의 경향은 일정하지 않았다. C2는 초기 유지율 보다 4주 후의 유지율이 높고 직선 회복율이 낮은 결과를 얻어 펌 효율이 우수하였으며, A2와 O2는 유지율은 낮았으나 직선 회복율이 낮게 나타나 과산화수소 처리 모발에 비하여 펌 효율이 우수하였다.
3. 모발 굵기 측정에서 E2는 2.18%, A2는 5.44% 기존의 과산화수소 산화제에 비하여 증가를 나타냈다.
4. 인장 특성 결과 효소 처리된 모발 E2는 3.45% 증가, C2는 17.74% 증가, A2는 8.66% 증가, O2는 0.88% 과산화수소 함유 산화제 처리 모발에 비하여 증가하였다. 신장률 측정 결과 효소 처리된 E2는 과산화수소 함유 산화제 처리모발에 비하여 10.35% 증가하였고, A2는 0.79% 증가하였다. 그러나 C2는 2.85% 감소 O2는 4.24% 감소하였다.
5. 전자현미경 관찰 결과 콜드 펌에서 모표피의 손상정도는 과산화수소 함유 산화제 모발보다 E2가 더 증가한 것으로 나타나 80℃와 160℃에서 효소 적용 모발 C2와 A2는 큐티클이 선명하고 문리가 일정하여 손상 방지를 확인하였다. 그러나 200℃에서는 모표피가 늘어진 것을 확인하여 고온의

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

시술은 모발의 길이 변화에도 작용하는 것을 확인하였다. 이것은 200℃에서 시술된 모발이 초기 모발의 길이보다 길게 측정된 Table 9의 O4와 O5의 L3 값에서 증명된다.

6. 다공성 측정으로 확인된 손상방지 예방의 효과는 A2〉 O2〉 C2〉 E2로 콜드 펌에 비하여 고온의 열 펌에서 더 높은 모발손상을 방지하는 것을 알 수 있었다.

결과적으로 본 연구에서, 효소의 펌제 적용은 펌 효율이 높고 손상도 방지 효과가 확인되었다. 그러므로 효소는 퍼머넌트 환원제 조성물에 응용이 가능할 뿐만 아니라 기존의 산화제를 대체 할 수 있는 친환경적인 펌 제의 용도로 개발이 가능할 것으로 생각된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 장 2절 꽃송이버섯 효소를 처리한 펌

Ⅰ. 서론

최근 건강에 대한 관심의 증가로 천연물 유래 프로테아제 효소에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Chandrasekaran et al., 2011). 프로테아제는 가수분해효소 중 단백질을 분해하는 효소로 동식물과 세균, 곰팡이 등의 미생물에서 생산된다(Joo & Choi, 2012). 알칼리안 프로테아제 응용의 범위는 주로 산업현장에서 직물에 부착된 단백질의 오구를 제거하는 세제로 응용되어 왔으며, 가금류의 털 분해, 가죽, 견, 양모의 가공처리에도 응용되어왔다. 이러한 응용의 효과는 고 품질의 가죽제품 생산과 견 또는 모 섬유의 광택및 유연성을 향상시켜 왔다(Sivasubramanian et al., 2008). 직물산업에서 효소의 사용은 섬유의 강도 저하를 방지하고 유연성은 그대로 유지하는 방법으로 프로테아제가 사용되고 있다. 이러한 효소를 처리한 결과 실리콘 유연제를 첨가한 것과 유사하였다는 보고는 매우 중요하다고 할 수 있다(최 & 김, 2003).

산업에서 효소응용의 장점은 종래의 화학약품보다 부산물이 거의 없는 친환경적 소재로 환경오염을 줄일 수 있으며, 반응효율을 향상시킬 수 있다는 것이다(이 & 정, 2000). 이러한 응용의 효과를 포함하는 알칼리안 프로테아제의 생산을 위하여 방선균이나 곰팡이 등의 여러 미생물을 이용한 연구가 활발하게 보고되고 있다(이 et al., 1995). 김 & 권(2008)은 천연물과 프로테아제를 동시에 적용하여 염색된 모발은 아미노산의 감소가 적게 나타나므로 금속매염제를 대체 할 수 있는 소재로 프로테아제의 적용 가능성을 보고하였다. 이러한 이유는 알칼리안 프로테아제는 반응조건이 알칼리 상태에서 효소단백질의 구조가 안정적으로 유지되어 효율을 높일 수 있다(Gupta et al., 2002). 효소는 기질 특이성과 특성에 따라 반응이 달라지는데 효소의 가수분해 능력은 pH, 온도, 농도, 시간 등에 영향을 받는다(방 & 정, 2011). 이와 같이 반응의 의존적 현상은 모발의 펌 제품에서도 유사한 결과를 나타낸다.

모발의 펌 제품은 일반적으로 환원제와 산화제로 구분되어진다. 환원제는 치오글리콜산과 시스테인 등의 산성과 알칼리를 함유한 완충제이다. 환원제

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 역할은 주로 알칼리 조건에서 모발 케라틴의 팽윤과 약액의 침투작용을 나타내며, 모발내부의 시스틴 황결합 구조를 절단시킨다. 산화제는 산소가 함유된 산성의 액상 제품으로 그 역할은 환원제에 의하여 절단된 황결합의 복구에 관여한다(Robbins, 1994). 그러나 높은 알칼리의 처리는 모발의 손상을 초래한다. 이러한 이유로 최근 프로테아제는 모 섬유의 단백질 펩타이드 결합을 분해하여 섬유의 수축을 방지할 뿐만 아니라 섬유의 손상을 방지하는 효과를 나타내었다. 또한 라케아즈는 염료를 작은 분자 사이즈로 하여 침투를 높일 수 있으므로 모발의 염색제 사용이 검토되고 있다(최 & 김, 2003).

버섯은 독특한 고유의 자실체 모양을 가지고 있으며, 예로부터 식용과 약용으로 이용되어왔다. 최근 버섯류는 다양한 건강기능 식품으로 널리 애용되고 있으며, 화장품의 개발 및 판매가 이루어지고 있다(임 et al., 2012). Wang et al.(2007)의 보고에 의하면 버섯에서 추출된 천연제품은 화학제품에 비하여 보다 낮은 독성과 적은 부작용을 나타내었다. 이러한 버섯 중 몇몇 종에서는 항진균성(antifungal activity)단백질, lectins, ribonucleases와 laccasese 등이 알려져 인체에 유용한 물질로 보고되었다.

꽃송이버섯(Cauliflower mushroom, *Sparassis latifolia*)은 약용버섯으로 프로테아제 효소와 β-글루칸 등의 함유가 보고되며, 항암, 혈압조절 작용, 보습, 당뇨병의 개선효과 등이 보고된다(Ohno et al., 2002). 꽃송이버섯의 생리활성 특성은 높은 항상화활성과 각종 폴리페놀의 함량이 연구되어 왔으며, 다양한 단백질체의 분석이 보고된다(Horie et al., 2008). 최근 연구에 의하면 꽃송이버섯 추출물은 L-Glutamic acid에 의해 유도된 세포손상에 대하여 인체에 차단된 칼슘이온(Ca^{2+})의 유입과 세포내 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)의 축적을 저해하고 정상적인 미토콘드리아(mitochondria)의 기능유지로 인하여 뇌 신경보호와 밀접하다고 보고되었다(Hu et al., 2016).

그러나 기존의 연구들은 꽃송이버섯의 인체면역 기능 및 생리활성에 관한 보고가 대부분으로 모발 펌 산화제 적용에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 특히 꽃송이버섯 효소 추출물을 모발 펌 산화제로 적용한 연구는 거의 전무하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 꽃송이버섯의 프로테아제 효소활성을 확인하였으며, 펌 과정의 산화제에 적용하여 펌 웨이브의 효율을 비교 평

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

가하였다. 따라서 프로테아제를 포함하는 천연물질이 기존 전통적인 산화제를 대체할 수 있는 물질로 기여할 수 있는지를 확인하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1. 1. 시료 모발

본 연구를 위한 시료모발의 제작은 제2장1절의 Alcalase를 처리한 펌 적용 과정과 동일하다.

1. 2. 꽃송이버섯의 효소활성 측정 (Protease enzyme activity)

꽃송이버섯 효소활성 측정시료는 4종의 유산균 균주를 꽃송이버섯 원물, 꽃송이버섯 분말에 각각 발효하였으며, 발효된 액상을 여과한 시료, 오직 4종의 유산균, Yeast, MRS 배지, 꽃송이버섯 분말 및 대조군 등으로 20가지의 시료를 함께 비교하였다(Table 14).

1. 2. 1. 단백질분해효소 활성 분석 (SAP)

SAP법은 Aspergillus niger 및 그 변종, Aspergillus oryzae 및 그 변종의 배양물에서 얻어진 것의 SAP (Spectrophotometric acid protease units) 단위로 표시된 단백질분해효소 역가를 측정 하는 방법으로서, 역가시험은 pH 3.0, 온도 37℃에서 카제인(casein) 기질의 30분간의 가수분해에 근거를 두고 있다. 가수분해 되지 않은 기질은 Trichloroacetic acid 로 침전시켜 여과에 의해 제거하고 여액에 남아 있는 카제인 양을 흡광도 값으로 측정하였다. 기질용액 10 ml을 항온조에서 15분간 항온 시킨 후 시험용액 2 ml을 가하여 흔들어 혼합하고 30분간 반응 시켰다. Trichloroacetic acid 10 ml을 넣어 반응을 정지 시킨 후 항온조에서 30분간 단백질을 응고 시킨 후 얼음으로 반응을 완전히 정지시킨 다음 반응이 정지된 각 시료를 12,000 rpm에서 7분간 원심분리하고 상등액을 취하여 285 nm 에서 흡광도 값을 측정 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 2. 2. 단백질분해효소 활성 분석 (HUT)

HUT법은 *Aspergillus niger* 및 그 변종, *Aspergillus oryzae* 및 그 변종의 배양물에서 얻어진 tyrosine 을 기준 물질로 하여 측정하는 방법이다. 역가시험은 pH 4.7, 온도 40℃에서 hemoglobin 기질의 30분간 가수분해에 근거를 두었다. 각 시험관에 기질 용액 5 ml을 항온조에 넣고 15분간 항온 시킨 다음 시험관에 각 시험용액 시료 2 ml을 가하고 다시 항온조에서 30분간 반응 시킨 후 trichloroacetic acid 3 ml 가하여 반응을 정지 시켰다. 반응이 정지된 각 시료를 12,000 rpm에서 7분간 원심분리하고 상등액을 취하여 285 nm 에서 흡광도 값을 측정 하였다.

1. 2. 3. 단백질분해효소 활성 분석 (Plant)

Plant 법은 역가시험은 pH 6.0, 온도 40℃에서 60분간 카제인 기질의 단백질 가수분해에 근거를 두고 있다. 기질 5 ml 을 15분간 항온 시킨 후 시험용액 2 ml, 표준용액 2 ml을 각각 가하여 흔들어 섞고 다시 항온조에서 60분간 항온 시킨 후 각각의 시험관에 trichloroacetic acid 3 ml을 넣어 반응을 정지 시켰다. 반응이 정지된 시험관 모두를 30분간 항온조에서 항온하여 단백질을 완전히 응고시킨 다음 반응이 정지된 각 시료를 12,000 rpm에서 7분간 원심분리하고 상등액을 취하여 285 nm 에서 흡광도 값을 측정 하였다.

1. 3. 꽃송이버섯 효소 추출

본 연구에 사용된 꽃송이버섯은 전남 화순군에서 생산된 것으로 백아산영농조합으로부터 공급받아 사용하였다. 꽃송이버섯 프로테아제 효소는 글리신 완충제과 보레이트 완충제를 이용하여 각각 추출하였다.

1. 3. 1. 글리신 완충제(glycin buffer)를 이용한 꽃송이버섯 효소 추출

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

글리신 완충제는 1.5 L Bottle에 DW 1 L와 글리신(Sigma Aidrich) 15.01 g을 넣어 교반하고 0.2 mol/L의 NaOH를 이용하여 pH 9.2로 조정하고 냉장 보관 상태로 사용한다. 꽃송이버섯 자실체 생물은 20 g 을 액체질소에 담근 후 냉동 상태에서 막자사발에서 찧는다. 분말화 된 꽃송이버섯은 글리신 완충제에 잠길 수 있도록 1:2 비율로 글리신 완충제 pH 9.2를 20 ml 넣어 50 ml conical tube에 담아 냉장고 내에서 교반기(Select Bio Products, Rock-it)를 사용하여 Speed 60 rpm 으로 120 min 동안 교반하였다. 추출된 꽃송이버섯 효소는 재빨리 원심분리기(Mega 17R, Hanil S cience Industrial, Korea)에서 10,000 rpm, 10 min 동안 원심분리 하여 상등액을 시료로 사용하였다. 추출된 꽃송이버섯 효소는 퍼머넌트 과정 중에 20% 혼합하여 사용하였다.

1. 3. 2. 보레이트 완충제(borate buffer)를 이용한 꽃송이버섯 효소 추출

보레이트 완충제는 DW 1 L에 borax (Sigma Aidrich) 10 g을 넣어 교반하고 0.1 mol/L HCl을 첨가하여 pH 9.2로 조정한 다음 98 ml의 용액을 1 L volum flask에 옮기고 DW로 1 L가 되도록 채운 후 4℃로 냉장 보관 상태로 사용한다. 꽃송이버섯은 자실체 생물 20 g을 액체질소에 담근 후 냉동 상태로 막자사발에서 찧는다. 꽃송이버섯 시료가 보레이트 완충제에 잠길 수 있도록 1:2 비율로 조정하여 50 ml conical tube에 담아 4℃ 냉장고 내에서 교반기(Select Bio Products)에 고정하여 Speed 60 rpm에서 120 min 동안 교반하였다. 추출된 꽃송이버섯 효소는 재빨리 원심분리기(Mega 17R, Hanil S cience Industrial, Korea)에서 10,000 rpm으로 10 min 동안 원심분리 하여 상등액을 시료로 사용하였다. 추출된 꽃송이버섯 효소는 퍼머넌트 과정 중에 20% 혼합하여 사용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 방법

2. 1. 꽃송이버섯 효소 펌 시술

펌 시술 처리 방법은 제2장1절의 Alcalase를 처리한 콜드펌 방법과 동일하다.

2. 2. 꽃송이버섯 효소 처리 방법

꽃송이버섯 효소를 적용한 펌은 각각 환원제, 산화제, 전처리제에 적용하였다. 시료모발의 분류는 Table 13에 정리하였다.

Table 13. Classification list of samples by *Sparassis latifolia* enzyme

Name		Explain
	Con	Treated with H_2O_2 oxidizer H_2O_2
Added reductant	RSEB	*S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for added to the reductant
	RSEG	*S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for added to the reductant
Applied oxidant	OSEB	*S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for the oxidant
	OSEG	*S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for the oxidant
Appied pretreatment	PSEB	*S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for treated to pretreatment
	PSEG	*S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for treated to pretreatment

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 3. 펌 효율 측정(수축율, 유지율, 직선회복율)

펌 효율 측정은 제 2장 1절 손상모의 단백질 분해효소 처리의 측정 방법과 동일하다. 웨이브 효율 측정 방법은 시술 전 모발길이와 시술 후 모발길이를 각각 6 가닥씩 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험 결과

1. 꽃송이버섯의 효소활성 측정 결과 (Protease enzyme activity)

본 연구에 사용된 꽃송이버섯의 효소활성을 측정하기 위한 시험방법은 식약청 고시방법 3가지(SAP, HUT, Plant)로 수행하였다. 20가지 시료의 프로테아제 효소활성을 분석한 결과는 Fig. 22, Fig. 23 에 도식화 하였으며, 그 값은 Table 15, Table 16에 표기하여 꽃송이버섯은 프로테아제를 함유함을 확인하였다. 시료 측정을 위한 표준곡선은 L-tyrosine을 이용하여 측정 후 Fig. 21에 나타내었다. 프로테아제 효소는 다양한 형태의 구조를 가지며 모 섬유를 분해하는 기술에서 적용이 가능하다(최 & 김, 2003). 펌은 모발의 구조결합을 분해하고 다시 재결합하는 과정으로 이루어진다(Robbins, 1994). 프로테아제는 단백질의 펩타이드 결합을 분해하여 모표피의 표면을 매끄럽게 할 수 있고 광택을 증가시키는 효과를 나타낸다(최 & 김, 2003). 20가지 시료 중 꽃송이버섯 원물을 유산균 LH3545로 접종한 발효액 S③의 프로테아제 효소활성이 높게 확인되었다. 이러한 이유는 발효과정 동안 미생물이 증가하여 단백질 분해활성이 증가하기 때문으로 사료된다(김, 2014). 그러므로 S③ 시료는 제3장 꽃송이버섯 발효액의 효과를 연구하는 시료로 적용하였다.

건조된 꽃송이버섯 분말의 프로테아제 효소활성은 발효액보다 낮게 확인되었다. 효소는 살아있는 생물체에서 대부분 발견되고 단백질 분해효소는 세포의 생장이 활성화되면서 생성이 증가된다(Gupta et al., 2002). 이러한 결과는 건조물의 경우는 유산균을 접종하여 발효하는 방법으로 높은 효소활성을 얻을 수 있다고 사료된다. 따라서 효소는 건조된 분말이 아닌 생물의 추출을 권장하며, 펌 효율 연구에 사용된 꽃송이버섯 효소 펌의 처리는 신선한 꽃송이버섯 생물을 추출하여 펌 산화제의 시료로 적용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 1. 단백질분해효소 분석 (SAP)

SAP법을 이용한 프로테아제 효소활성 측정 결과 25 mg/ml 농도에서 대조군 상업용 효소(Happy enzyme, ㈜렉스진바이오텍)는 OD 값 1.033이며 효소활성은 52.82 unit/min으로 확인되었다. S3의 OD 값은 2.2984이며 효소활성은 118.03 unit/min, 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 1.4163이고 효소활성은 72.56 unit/min으로 확인되었다. 50 mg/ml 농도에서 대조군 OD 값은 1.1879이며, 효소활성은 60.79 unit/min로 확인되었다. S3의 OD 값은 3.8013이며 효소활성은 195.50 unit/min으로 확인되었다. 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 1.8658이며 효소활성은 95.73 unit/min으로 확인되어 꽃송이버섯 분말보다 *Lactobacillus helveticus*(LH3545)를 이용하여 발효과정을 거친 발효액에서 활성이 높았다. 본 시료로 사용된 꽃송이버섯의 효소활성을 분석한 결과 대조군에 비하여 높게 측정되었다. 이러한 이유로 효소를 이용한 처리는 환경오염이 낮고 단백질의 농도는 더 높일 수 있으므로 꽃송이버섯에서 추출된 프로테아제는 펌제품의 산화제 소재로 적용할 시 유용할 것으로 사료된다.

1. 2. 단백질분해효소 분석 (HUT)

HUT법을 이용한 프로테아제 효소활성 측정결과 25 mg/ml 농도에서 대조군은 OD 값 1.3747이며 효소활성은 70.42 unit/min으로 확인되었다. S3의 OD 값은 2.1254이며 효소활성은 109.11 unit/min으로 확인된다. 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 0.5998이며 효소활성은 30.41 unit/min으로 확인된다. HUT법을 이용한 프로테아제 효소활성 측정결과에서 발효액은 꽃송이버섯 분말보다 높은 활성을 나타냈다. 그러나 대조군에 비하여 낮은 활성을 나타냈다. 50 mg/ml 농도에서는 대조군 OD 값은 1.9562이며 효소활성은 100.39 unit/min으로 확인되었다. S3의 OD 값은 3.1196이며 효소활성은 160.36 unit/min으로 확인되었다. 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 1.2890이며 효소활성은 66.00 unit/min으로 확인되었다. 결과적으로 발효액의 효소활성이 꽃송이버섯 분말에 비하여 높게 나타났다. 그러나 농도가 높을수록 효소활성도 높게 확인되므로 농도를 조절

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하여 펌 제로서 응용은 가능하다고 할 수 있다

1. 3. 단백질분해효소 분석 (Plant)

Plant법을 이용하여 프로테아제 활성을 측정한 결과 25 mg/ml 농도에서 대조군 OD 값은 1.8361이며 효소활성은 94.20 unit/min으로 확인되었다. S3의 OD 값은 2.8133이며 효소활성은 144.57 unit/min으로 확인되었다. 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 2.4043이며 효소활성은 123.49unit/min으로 확인되었다. 50 mg/ml 농도 측정에서 대조군 OD 값은 2.3770이며 효소활성은 122.08 unit/min으로 확인되었다. S3의 OD 값은 3.7403이며 효소활성은 192.36 unit/min으로 확인되었다. 꽃송이버섯 분말의 OD 값은 1.3121이며 효소활성은 67.19 unit/min으로 확인되었다. 결과적으로 꽃송이버섯 분말은 발효액에 비하여 효소활성이 낮게 확인되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

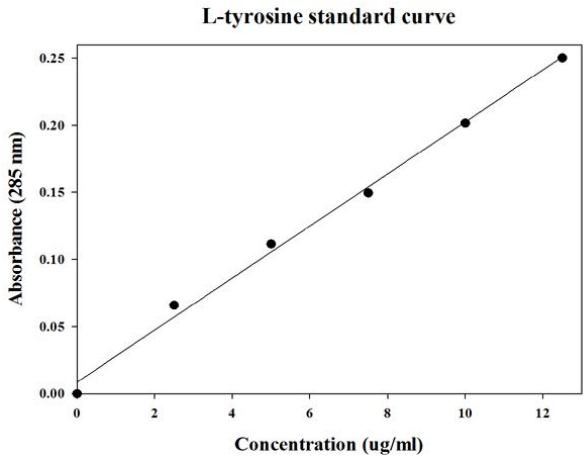


Fig. 21. L-tyrosine standard curve.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

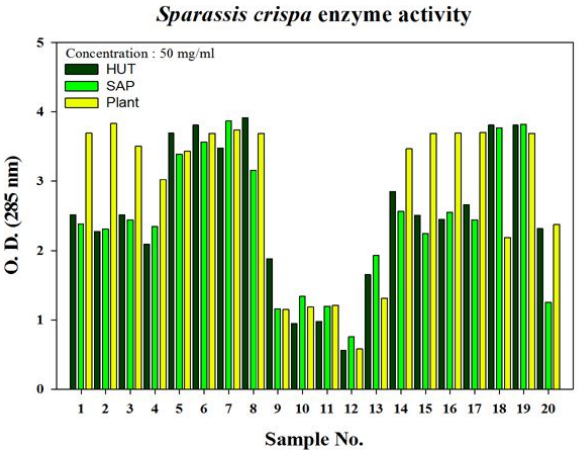


Fig. 22. The result of protease activity (respectively experiment method and 50 mg/ml concentration).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

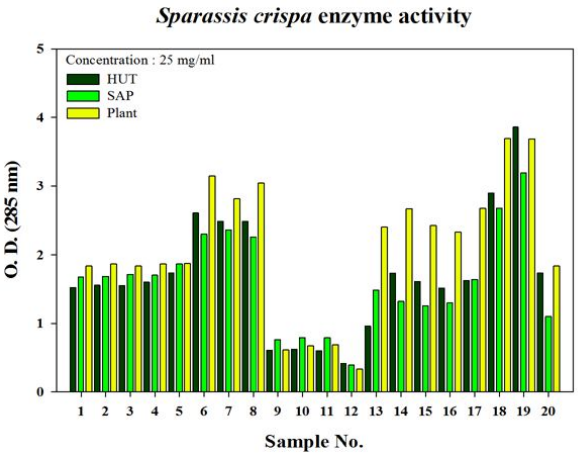


Fig. 23. The result of protease activity (respectively experiment method and 25 mg/ml concentration).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 14. Classification list of samples by *Sparassis latifolia* enzyme activity

No	Meaning	Inoculum type of bacillus
1	P①	5%(w/v) *Sparassis latifolia* powder, MRS broth 100 ml + ①LP3105
2	P②	5%(w/v) *Sparassis latifolia* powder, MRS broth 100 ml + ②LA3140
3	P③	5%(w/v)*Sparassis latifolia* powder, MRS broth 100 ml + ③LH3545
4	P④	5%(w/v) *Sparassis latifolia* powder, MRS broth 100 ml + ④LB3635
5	S①	150 g dried *Sparassis latifolia,* 0.4% yeast extract 1.47L + ①LP3105
6	S②	150 g dried *Sparassis latifolia,* 0.4% yeast extract 1.47L + ②LA3140
7	S③	150 g dried *Sparassis latifolia,* 0.4% yeast extract 1.47L + ③LH3545
8	S④	150 g dried *Sparassis latifolia,* 0.4% yeast extract 1.47L + ④LB3635
9	FP①	*Sparassis latifolia* + ①LP3105 + Filtration
10	FP②	*Sparassis latifolia* + ②LA3140 + Filtration
11	FP③	*Sparassis latifolia* + ③LH3545 + Filtration
12	FP④	*Sparassis latifolia* + ④LB3635 + Filtration
13	*S.latifolia* powder	*No inoclum Sparassis latifolia* powder
14	C①	Only ①LP3105
15	C②	Only ②LA3140
16	C③	Only ③LH3545
17	C④	Only ④LB3635
18	MRS	MRS broth
19	Yeast	Yeast extract
20	Positive control	Commercial enzyme

①LP3105: *Lactobacillus plantarum* sub. *Plantarum*, ②LA3140: *Lactobacillus acidophlus*, ③LH3545: *Lactobacillus helveticus* ④LB3635; *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 15. O.D. and L-tyrosine content (HUT, SAP, Plant)

No.	Meaning	O.D. (HUT)	O.D. (SAP)	O.D. (Plant)	L-tyrosine (HUT)	L-tyrosine (SAP)	L-tyrosine (Plant)
1	P①	2.1523	2.3188	3.6955	110.50	119.08	190.05
2	P②	1.9149	2.2465	3.8291	98.26	115.36	196.93
3	P③	2.1542	2.3774	3.5023	110.60	122.10	180.09
4	P④	1.7340	2.2814	3.0177	88.94	117.15	155.11
5	S①	3.3333	3.3267	3.4335	171.38	171.04	176.54
6	S②	3.4486	3.5006	3.6898	177.32	180.00	189.75
7	S③	3.1196	3.8013	3.7403	160.36	195.50	192.36
8	S④	3.5529	3.0959	3.6882	182.70	159.14	189.67
9	FP①	1.5262	1.0940	1.1484	78.23	55.95	58.75
10	FP②	0.5895	1.2724	1.1829	29.94	65.14	60.53
11	FP③	0.6182	1.1312	1.2094	31.42	57.87	61.90
12	FP④	0.2058	0.6917	0.5820	10.16	35.21	29.56
13	*S. latifolia* powder	1.2890	1.8658	1.3121	66.00	95.73	67.19
14	C①	2.4893	2.5006	3.4673	127.87	128.45	178.28
15	C②	2.1488	2.1800	3.6898	110.32	111.93	189.75
16	C③	2.0910	2.4867	3.6936	107.34	127.74	189.95
17	C④	2.3003	2.3779	3.7028	118.13	122.13	190.42
18	MRS	3.4478	3.7045	2.1898	177.28	190.51	112.43
19	Yeast	3.4478	3.7547	3.6898	177.28	193.10	189.75
20	Positive control	1.9562	1.1879	2.3770	100.39	60.79	122.08

Samples conc 50 mg/ml, unit/min., Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 16. O.D. and L-tyrosine content (HUT, SAP, Plant)

No.	Meaning	O.D. (HUT)	O.D. (SAP)	O.D. (Plant)	L-tyrosine (HUT)	L-tyrosine (SAP)	L-tyrosine (Plant)
1	P①	1.1593	1.6063	1.8372	59.31	82.36	94.26
2	P②	1.1926	1.6173	1.8657	61.03	82.92	95.73
3	P③	1.1888	1.6462	1.8370	60.84	84.41	94.25
4	P④	1.2383	1.6323	1.8685	63.39	83.70	95.87
5	S①	1.3824	1.8034	1.8752	70.81	92.52	96.22
6	S②	2.2466	2.2359	3.1517	115.36	114.81	162.02
7	S③	2.1254	2.2984	2.8133	109.11	118.03	144.57
8	S④	2.1259	2.1954	3.0425	109.14	112.72	156.39
9	FP①	0.2532	0.6977	0.6157	12.61	35.52	31.29
10	FP②	0.2658	0.7284	0.6726	13.26	37.10	34.23
11	FP③	0.2455	0.7244	0.6901	12.21	36.90	35.13
12	FP④	0.0580	0.3219	0.3311	2.55	16.15	16.62
13	*S. latifolia* powder	0.5998	1.4163	2.4043	30.47	72.56	123.49
14	C①	1.3705	1.2513	2.6698	70.20	64.06	137.18
15	C②	1.2463	1.1893	2.4256	63.80	60.86	124.59
16	C③	1.1502	1.2319	2.3289	58.85	63.06	119.60
17	C④	1.2633	1.5724	2.6724	64.68	80.61	137.31
18	MRS	2.5356	2.6127	3.6904	130.26	134.23	189.78
19	Yeast	3.4997	3.1290	3.6899	179.95	160.85	189.76
20	Positive control	1.3747	1.0332	1.8361	70.42	52.81	94.20

Samples conc.: 25 mg/ml, unit/min, Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선 회복율)

꽃송이버섯 효소를 이용한 펌 효율 측정은 초기 웨이브 형성율을 알아보기 위하여 모발의 길이 수축률(S)로 산출하였으며, 펌 형성된 모발의 웨이브 유지율을 24시간 경과후(Sc), 4주 경과후(Sp)에 모발의 길이가 늘어나는 정도를 비교하여 산출하였다(Table 17). 그리고 최종적으로 4주후의 늘어난 모발길이가 초기 펌 형성전의 길이로 되돌아갈 수 있는 가능성을 직선 회복율(Sd)로 산출하여 나타내었다. S는 펌 전(L_0)과 펌 후(L_1)의 길이 수축의 변화율을 산출한 값이며 초기 펌의 형성정도를 평가할 수 있다. Sc는 펌 직후(L_1)와 펌 24시간 후(L_2) 길이 증가에 의한 펌 풀림현상으로 유지율을 평가하기 위한 것이다. Sp는 펌 직후(L_1)와 펌 4주후(L_3) 펌 풀림현상으로 유지율을 평가하기 위한 것이다. Sd는 펌 전(L_0)과 펌 4주후(L_3)의 길이 변화에 의한 펌 형성된 모발이 초기의 직선 형태로 되돌아갈 변화율을 측정하였다.

펌의 효율 분석 결과 (-)값은 길이가 수축한 값이고 (+)값은 길이가 증가한 값이다. S와 Sd는 (-)값이 낮을수록 길이가 수축하여 펌 형성율이 높은 것으로 확인하였다. 뿐만 아니라 직선 회복율 측정에서도 (-)값이 낮을수록 모발길이 증가가 낮으며 웨이브 처리된 모발이 직선으로 펴지는 가능성도 낮게 된다. 결과적으로 Sd값이 낮으면 펌 효율은 높은 것으로 확인되었다. Sc와 Sp는 (+)값이 높을수록 모발의 길이가 증가한 결과이므로 펌의 풀림현상 또한 증가하였으며 (+)값이 낮을수록 펌 지속율이 높아진다(Liu et al., 2013; Hatch, 1993).

수축율 S값 결과 순서는 OSEG 〉 OSEB 〉CON 〉RSEB 〉PSEB 〉OSEB 이며, 글리신 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 산화제과정에 이용한 OSEG는 초기 모발(Lo)에 비하여 길이가 7.23 cm 감소하여 수축율은 (-)36.42%로 가장 높게 나타났으며, 보레이트 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 산화제로 적용한 OSEB는 초기모발(Lo)에 비하여 3.93 cm 감소하여 수축율은 (-)19.77%로 가장 낮게 나타났다. 이러한 수축율의 결과에서 글리신 완충액을 이용한 꽃송이버섯 효소 추출액은 산화제 적용에 바람직하게 사용할 수 있다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

유지율 Sc값 결과 순서는 OSEB 〉OSEG 〉RSEB 〉PSEB 〉CON 〉PSEG 〉RSEG이며, 보레이트 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 산화제로 적용한 OSEB는 L_1에 비하여 0.13 cm 길이가 증가하여 (+)0.82%로 가장 낮은 웨이브 풀림현상이 나타났으며, 글리신 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 환원제에 적용한 RSEG는 L_1에 비하여 3 cm 길이가 증가하여 (+)17.27%로 가장 높은 웨이브 풀림현상이 나타났다.

유지율 Sp값 결과 순서는 OSEB 〉OSEG〉 RSEB 〉PSEB 〉CON 〉PSEG 〉RSEG이며, 보레이트 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 산화제로 적용한 OSEB는 L_2에 비하여 길이가 1.05 cm 증가하여 (+)7.40%로 가장 낮은 웨이브 풀림현상이 나타났으며, 글리신 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 환원제에 적용한 RSEG는 L_2에 비하여 3.37 cm 길이가 증가하여 (+)41.51%로 가장 높은 웨이브 풀림현상이 나타났다. Sc와 Sp측정결과 OSEB는 초기 펌 형성에서부터 4주 후까지의 웨이브 유지율이 높은 결과가 확인되었으며, RSEG는 낮은 유지율을 확인하여 꽃송이버섯 효소 추출물은 환원제에 적용하는 방법 보다 산화제에 적용하는 방법이 효과적이라고 사료된다.

직선회복율 Sd값 결과 순서는 OSEG 〉CON〉 OSEB 〉RSEB 〉PSEG 〉PSEB 〉RSEG이며, 글리신 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 산화제과정에 이용한 OSEG는 4주 후 모발길이 (L_3)에 비하여 초기 모발(L_o)로 되돌아갈 가능성은 길이 5.65 cm의 차이로 Sd는 (-)28.46%로 7가지 시료 중 가장 높게 나타났으며, 글리신 완충액으로 꽃송이버섯 효소를 추출하여 환원제로 적용한 RSEG는 4주 후 모발길이 (L_3)에 비하여 초기 모발(Lo)로 되돌아갈 가능성이 길이 0.3 cm의 차이로 (-)1.5%로 가장 낮은 효율을 얻었다. 이러한 측정값은 펌 이미지를 비교한 Fig. 24 에서도 확인할 수 있다. S, Sc, Sp, Sd의 평가를 종합한 결과 S와 Sd에서 OSEG가 높은 효율을 나타냈으며, Sc와 Sp에서 OSEB가 높은 효율을 얻었다. 이러한 결과에서 꽃송이버섯 효소 추출액은 펌 처리 과정 중에서 전처리제 적용이나 환원제의 적용보다는 산화제에 적용할 시 펌 효율을 높일 수 있으며, 그 중 글리신 완충액을 사용한 효소 추출액이 보다 효과적이라고 평가된다. 이러한 이유는 글리신은 모발을 구성하는 아미노산의 일종으로 환원제에 의하여 팽윤되어진 모발에 침투되어 모피질의 간

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

충물질의 유실을 감소시키고 결합력을 증가시키기 때문으로 사료된다. 선행연구에서 장 등.(2014)은 황칠나무 잎 추출물을 첨가한 모발의 펌 효율이 증가한 결과를 얻었으며, 신 & 강(2013)의 연구에서는 펌제에 단백질 등의 조효소물을 첨가하여 펌의 효율을 증가시킨 결과를 얻었다. 이러한 이유를 지(2015)는 천연 추출물이 모발의 트리트먼트 효과에 의해 펌 효율이 증가하였다고 하였다. 꽃송이버섯은 항산화능이 뛰어나고 보습력이 높아 화장품 원료로도 사용되고 있는 β-글루칸의 함량이 높고, 단백질 및 프로테이즈 효소가 풍부하여 화장품 소재로 보고된다(Shin et al., 2007). 이러한 근거는 꽃송이버섯 효소 추출물을 모발의 펌제에도 적용이 가능하며 그 효능을 기대할 수도 있다. 선행연구에서 김 & 권(2008)은 염색의 산화과정에서 프로테아제를 사용하였을 시 모발의 염색성을 증가시켰으며 이러한 이유는 프로테아제가 모발의 모표피를 유연하게 하고 반응의 작용기를 증가시킬 수 있기 때문이라고 보고하였다. Shin et al.(2001)은 양모의 효소적 처리는 산화과정에서 페놀 화합물들(phenol compounds)에 의하여 섬유의 염색 착색작용을 증가시킨다고 하였다. 이러한 결과는 과산화수소를 사용하지 않고 안전한 모발 염색을 할 수 있다고 제안하였다. 뿐만 아니라 앙고라, 염소, 낙타 등 동물의 모발섬유에 효소처리는 클렌징의 효과를 얻을 수 있으며 결과적으로 섬유내부의 수분의 함량을 증가시킬 수 있으며, 섬유의 강도를 증가하여 손상을 방지할 수 있다고 하였다(Das et al., 2006). 이러한 근거로 미루어 보면 인간의 모발은 양모의 구성성분과 유사하여 효소를 인간모발에 적용 또한 적절하다고 판단된다. 그러나 과도한 프로테아제의 사용은 오히려 섬유의 강도를 감소시킬 수 있으므로 적절한 사용농도의 연구는 필요하다(최 & 김, 2003).

본 연구에 사용된 꽃송이버섯에 함유된 효소는 호알칼리성의 효소로 모발에 잔류된 환원제의 알칼리 조건에서도 활성이 나타난다(Chandrasekaran et al., 2011). 모발의 환원제는 pH가 높은 알칼리조건에서 시술하였으며, 잔류 알칼리 조건에서 활성을 나타내는 꽃송이버섯 효소 추출액은 펌 효율을 높일 수 있었다. 특히 모발의 펌 처리는 열처리를 필요로 하며 사용된 알칼리안 프로테이즈는 열에 안정적이다(Nadeem et al., 2013 ; Kumar, 2002). 그러므로 본 연구에 사용된 꽃송이버섯 추출 효소는 추가하거나 단독으로 사용할 시

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

펌의 웨이브 형성율을 높이고 직선 회복율을 낮아지게 하여 웨이브의 풀림 감소가 확인되었다. 특히 글리신 완충액을 이용하여 추출된 꽃송이버섯 효소는 산화제로 대용할 시 높은 효율을 나타내었다. 결과적으로 항산화능이 높고, 효소의 함유량이 높은 꽃송이버섯 효소의 처리를 이용한 산화제과정 처리는 펌의 효율을 증대시킬 수 있는 펌 제 소재로서의 가능성을 확인하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 17. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by *Sparassis latifolia* enzyme

samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
Con	19.83 ±0.149	14.35 ±0.126	15.32 ±0.177	15.85 ±0.095	27.63^{c} (-)	6.76^{b} (+)	10.45^{de} (+)	20.07^{b} (-)
RSEB	19.88 ±0.134	15.28 ±0.247	15.96 ±0.189	17.35 ±0.15	23.14^{d} (-)	4.45^{ab} (+)	13.55^{e} (+)	12.73^{cd} (-)
RSEG	19.97 ±0.205	13.9 ±0.545	16.3 ±0.182	19.67 ±0.134	30.4^{b} (-)	17.27^{c} (+)	41.51^{c} (+)	1.50^{e} (-)
OSEB	19.88 ±0.134	15.95 ±0.138	16.08 ±0.177	17.13 ±0.111	19.77^{e} (-)	0.82^{a} (+)	7.40^{d} (+)	13.83^{c} (-)
OSEG	19.85 ±0.126	12.62 ±0.211	13.13 ±0.111	14.2 ±0.545	36.42^{a} (-)	4.04^{ab} (+)	12.52^{a} (+)	28.46^{a} (-)
PSEB	19.95 ±0.138	15.73 ±0.602	16.45 ±0.362	17.72 0.422	21.15^{de} (-)	4.58^{ab} (+)	12.65^{e} (+)	11.18^{d} (-)
PSEG	19.95 ±0.152	15.77 ±0.388	16.88 ±0.248	17.55 ±0.105	20.95^{de} (-)	7.04^{b} (+)	11.29^{b} (+)	12.03^{cd} (-)

(-): length decrease, (+): length increase. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3. Con: treated with H_2O_2 Oxidizer, RSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for added to the reductant, RSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for added to the reductant, OSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for the oxidant, OSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for the oxidant, PSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for treated to pretreatment, PSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for treated to pretreatment. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

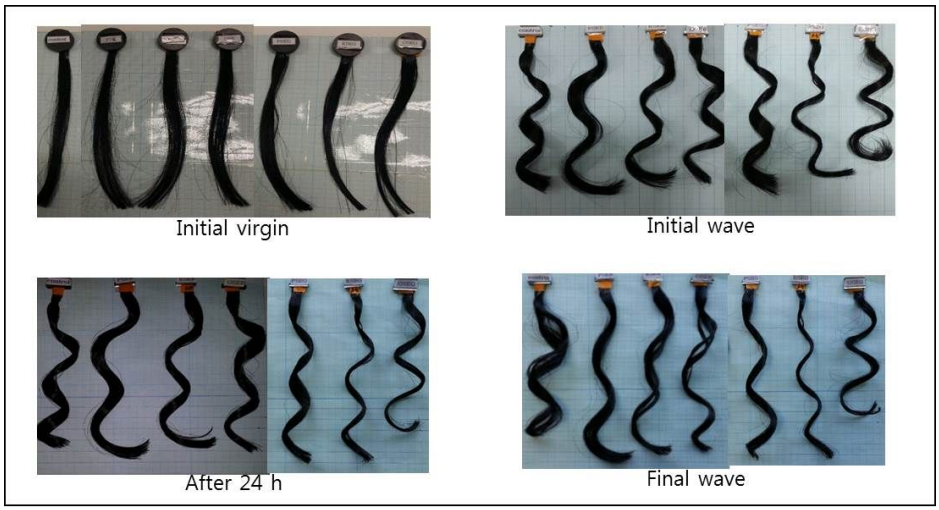


Fig .24. Perm wave images by *Sparassis latifolia* enzyme. Con: treated with H_2O_2 Oxidizer, RSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for added to the reductant, RSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for added to the reductant, OSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for the oxidant, OSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for the oxidant, PSEB: *S. latifolia* enzyme extracted with borax buffer for treated to pretreatment, PSEG: *S. latifolia* enzyme extracted with glycin buffer for treated to pretreatment.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 통계처리

본 실험으로 얻은 연구 결과의 통계분석는 제 2장 1절과 동일하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 고찰

꽃송이버섯의 효소활성을 측정하고 각각 보레이트 완충액과 글리신 완충액을 이용하여 추출된 꽃송이버섯 효소는 펌 처리과정에서 적용하여 펌의 효율을 확인한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 꽃송이버섯의 단백질분해효소 활성은 꽃송이버섯 파우더 농도범위 20 mg/ml과 50 mg/ml에서 측정하였다. SAP법으로 20 mg/ml 농도에서 72.56 unit/min, HUT법으로 20 mg/ml 농도에서 30.47 unit/min, Plant법 20 mg/ml 농도에서 123.49 unit/min로 활성이 확인되었다. SAP법 50 mg/ml 농도에서는 66.00 unit/min, HUT법 50 mg/ml 농도에서는 95.73 unit/min, Plant법 50 mg/ml 농도에서 69.19 unit/min으로 꽃송이버섯은 단백질분해효소 활성이 확인됨을 입증하였다.
2. 꽃송이버섯 효소를 이용한 펌 효율 측정은 초기 웨이브 형성율을 모발의 길이 수축률(S)로 산출하였으며, 펌 형성된 모발의 웨이브 유지율을 24시간 경과후(Sc), 4주 경과후(Sp)에 모발의 길이가 늘어나는 정도를 비교하여 산출하였다. 그리고 최종적으로 4주 후의 늘어난 모발길이가 초기 펌 형성전의 길이로 되돌아갈 수 있는 가능성을 직선 회복율(Sd)로 산출하여 나타내었다. S 결과 OSEG의 수축율이 (-) 36.42%로 가장 길이변화가 (-) 값으로 낮아지므로 펌의 초기 형성율이 높다고 판단되었다. Sc와 Sp 결과에서 OSEB시료는 모발 풀림현상이 (+)0.82%, (+)7.40%로 낮게 증가하여 유지율이 가장 높게 확인되었다. Sd 결과 OSEG는 (-)28.46%로 직선회복율을 가장 낮게 나타내었다. 결과적으로 S와 Sd측정에서 OSEG가 높은 펌 효율을 얻을 수 있었으며, Sc와 Sd측정에서 OSEB가 높은 펌 효율을 얻을 수 있었다.

이상과 같은 결과로 꽃송이버섯은 글리신 완충제와 보레이트 완충제를 이용하여 프로테아제 효소를 추출하였으며, 꽃송이버섯 효소는 모발의 펌 효율을 높일 수 있는 천연물 효소 산화제로 적용할 수 있는 가능성을 확인하였다. 따라서 보다 다양한 천연물 효소를 이용한 펌 과정의 산화제 적용과 농도에 따른 최적조건의 연구가 기대된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 꽃송이버섯 발효액 처리

Ⅰ. 서론

펌은 일상생활에서 개성을 표현하는 스타일의 시술방법으로 이미 상용화 되어있으나 화학약품 시술과정에서 발생되는 모발손상과 두피 안전성의 우려 등이 보고되고 있다. 이러한 현상은 일반소비자 뿐 만 아니라 미용업 종사자들에서도 발생되고 있으며 잦은 펌은 모발을 화학적, 형태학적, 물리학적 손상의 특성이 보고되어왔다(박 et al., 2011 ; 김 et al., 1998). 최근 이러한 모발 손상으로부터 방지하고자 친환경적 '그린상품'의 관심이 증가하였다. 따라서 천연물을 이용하여 모발손상을 최소화하고, 펌 웨이브 효율을 증가시키는 펌제의 연구는 꾸준히 이루어지고 있다(김 et al., 2010).

펌제의 산화제는 브롬산염류와 과산화수소를 구성성분으로 한다. 브롬산염류 산화제는 브롬산나트륨과 브롬산칼륨이 사용 되어왔으나 현재는 브롬산나트륨 함유 산화제가 주로 사용되고 있다. 브롬산나트륨 산화제의 특징은 산화시간이 15～20분 정도 소요되고 pH는 5.0～7.5 정도이다. 과산화수소 함유 산화제는 산화시간이 8～10분 이내이고 pH는 2.5～3.5 정도이며, 반응이 매우 빠른 장점이 있으나 모발의 색소를 파괴시킨다(김 et al., 2005). 이러한 이유로 기존의 산화제에 대한 부작용의 사례와 모발손상의 보고가 증가하여 천연물을 이용한 산화제의 연구 필요성이 절실히 요구되고 있다(이 et al., 1998). 특히 비 라디칼(radical) 종의 과산화수소와 슈퍼옥사이드 라디칼(O_2^-) 또는 하이드록실 라디칼 (-OH)과 같은 산소중심의 라디칼이나 과산화라디칼 (ROO-), 알콕실 라디칼 (RO-), 히드로과산화물(ROOH) 등이 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)이 생성된다. 이러한 ROS는 고에너지 복사선, 광 증감반응 및 효소반응을 거쳐 생성되어 두피 세포에 산화적 스트레스를 유발시키고 콜라겐 및 엘라스틴 분자의 절단 및 손상을 일으켜 두피노화를 유도하여 건조하고 결국은 가는 모발이 생성되게 한다(Kochanek et al., 1996). 이러한 ROS로부터 산화적 손상을 방지하기 위해 항산화 효소와 Vitamin E, Vitamin C, Glutathinone 등과 같은 항산화 물질이 존재하지만 펌 과정에서 두피와 모발

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

은 산화적 스트레스에 항상 노출되어 과산화지질 및 산화 생성물이 축적되고 두피의 노화가 촉진된다(Ahn et al., 2009). 따라서 활성산소를 제거할 수 있는 항산화제를 사용하면 두피 자체의 항산화 네트워크를 회복시켜 두피조직을 보호할 수 있다(Park et al., 2004). 이러한 이유로 천연물 중에서도 항산화제가 함유된 펌 제의 연구검토는 필요하다.

꽃송이버섯은 단맛과 고유한 풍미로 인하여 식용버섯으로 사용되며, 일본에서는 하나비라타케(ハナビラタケ), 영어로는 자실체의 모양이 꽃양배추와 같아서 Cauliflower mushroom이라고 부르며, 자실체 크기는 10～25 cm 정도이고 담황색 또는 흰색을 띈다(Shin et al., 2007). 꽃송이버섯은 다양한 생리활성물질이 높게 함유되어 있으며, 특히 산업적 이용가치가 높은 단백질인 렉틴(lectin), β-glucan 및 알칼리 조건에서 활성 안정성이 우수한 호알칼리성의 효소가 함유 되어있다. 이러한 성분들은 면역력을 증강시키며, 항암, 항당뇨, 항비만 식품으로 각광받고 있다(Chandrasekaran et al., 2011). 또한 유산균(락토바실러스, *Lactobacillus*)은 면역력에 중요한 역할을 하며 장내의 세균감염을 억제하는 등 인체에 이로운 점이 많이 알려져 있다.

발효는 미생물인 유산균의 효소작용으로 식이섬유 등의 고분자물질을 분해 또는 변화시켜 특유의 최종산물인 저분자물질을 만들어낸다(임 et al., 2012). 발효과정에 의한 꽃송이버섯의 식이섬유 등은 저분자로 분해되어 흡수를 용이하게 한다. 또한 발효 후 pH의 변화는 산성을 나타내며, 독특한 대사산물에서 페놀릭 화합물을 전환시켜 잠재적인 소스로 제공된다. 특히 유산균 발효는 항산화 활성과 가수분해 효소에 의하여 저분자 펩티드를 증가시키는 것으로 아미노산의 손실이 많은 펌 과정에서 접근성을 높일 수 있다. 이러한 발효액은 두피의 염증을 최소화할 수 있으며 식품으로써 안전성 또한 평가되고 있다(Huynh et al., 2014). 더구나 프로테이즈 및 몇몇 효소의 생산은 발효에 의해서 영향을 받을 수 있다(Hur et al., 2014). 그러므로 꽃송이버섯 유산균 발효액은 기존의 산화제와 pH가 유사하며, 저분자 펩티드의 유효성분 증대로 인하여 모발에 흡수가 용이하므로 펌의 효율을 높일 수 있을 것으로 기대하였다.

따라서 본 연구는 펌 시술 시에 발생될 수 있는 모발손상을 예방하고 펌

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

효율을 증가시킬 수 있는 제품으로 최근 미용제품의 소재로도 개발되고 있는 꽃송이버섯을 유산균 접종으로 발효한 발효액의 활용가능성을 검토하여 폼제 조성물로 제공하고자 한다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1. 1. 시료 모발

본 연구를 위하여 장기적으로 약물복용을 하지 않은 건강한 20세 여성의 모발을 후두부 모근부로부터 5 cm 이후에서 20 cm를 절단하고 2 g 씩 상단을 실리콘으로 고정하였다. 각각의 모발시료는 중성샴푸로 세척 후 자연 건조하여 사용하였다.

1. 2. 꽃송이버섯 발효

건조된 꽃송이버섯 100 g은 발효균주로 유산균(*Lactobacillus Helveticus* KCTC 3545) 3%를 접종하였다. 발효과정은 DW 250 ml에 yeast (Bacto TM Yeast Extract MD 21152, USA) 1 g (0.4% w/v)을 넣어 Auto Clave DS-80A (Dasol Sclentific Co)에서 121℃ 15 min 동안 멸균하였다. 멸균된 배지는 Clean Bench (HB-402V, Hanbaek CO.)로 이동하여 5 h 동안 냉각하고 UV 조사하였다. 배양된 유산균 배양조건은 MRS 배지 37℃ 에서 배양하였으며, 각각 10.5 ml 씩을 멸균된 Yeast Extract 용액에 접종한 후 건조된 꽃송이버섯 100 g을 넣었다. 균 접종된 꽃송이버섯은 삼각플라스크 1,000 ml에 밀봉하여 발효배양기(shaking incubator, JSR JSSI-300CL)에서 37℃, 48 h 발효(fermentation) 후 24 h 상온 (22℃)에서 후 숙성과정을 거쳤다. 발효과정 중의 pH는 pH측정기(pH meter, Thermo Scientific)로 측정한 결과 초기 pH 6.04에서 pH 3.24로 변화되었다. 흡광도를 이용한 OD 값은 600 nm 에서 초기 0.2532에서 발효 후 0.9224이였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 3. 꽃송이버섯 유산균 발효액 농축

꽃송이버섯 유산균 발효액 240 ml을 고속원심분리기(Mega 17R, Hanil Science Industrial, Korea)를 이용하여 10,000 rpm 에서 20℃, 30 min 원심분리 후 상등액을 얻었다. 원심분리된 상등액은 500 ml 둥근 플라스크에서 99% ethanol 120 ml 과 혼합하고 진공 농축과정을 거쳤다. 농축된 시료는 DW로 녹인 후 conical tube (15 ml)에 옮겨서 진공 원심분리기(Modulspin 31, Centrifuge for Vocum Concentrator, Hanil Science Industrial, Co., Ltd. Korea)을 이용하여 액체를 건조시킨 후 최종 농축시료 11.34 g 을 얻었다. 액상이 제거된 시료는 실리카를 넣은 용기에 보관하여 사용 시에는 DW에 용해 후 희석 사용하였다.

1. 4. 꽃송이버섯 발효액의 항산화능 측정(DPPH, ABTS)

1. 4. 1. DPPH radical scavenging activity

활성산소의 생성은 자동산화 반응으로 연쇄적으로 일어나는데 체내에서는 항산화제가 수소원자를 자동산화 반응 중에 생성되는 라디칼에 공여함으로써, 그 반응을 종결시킨다. 이렇게 전자를 주는 능력을 환원력이라 하고 이 환원력이 클수록 강력한 항산화제가 되는데 이러한 환원력을 측정할 수 있는 방법으로 DPPH 라디칼 제거법이 폭넓게 사용되고 있다. DPPH 는 자신이 가지는 홀수 전자 때문에 517 nm 에서 특징적인 흡수 spectrum 을 가지는데 이것이 수소 원자를 제공해 주는 전자 공여체와 반응하면 hydrogen 라디칼을 받아 phenoxy 라디칼을 생성하게 된다. DPPH 는 라디칼 상태에서 보라색을 띄고, 환원이 되면 노란색의 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazine (DPPH-H)으로 변환된다. 안정한 라디칼인 DPPH 는 산화방지물질로부터 전자 혹은 수소를 제공받으면 비 라디칼로 전환된다. DPPH 법은 천연물의 수용성 혹은 유기용매 추출물의 항산화 활성 측정법으로 널리 사용하는 방법이다(최 & 신, 2015). 본

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

실험에서는 항산화 활성 측정방법 중 Blois(1958)의 방법을 변형하여 시료의 라디칼 소거능을 측정하였다.

1. 4. 2. ABTS radical scavenging activity

ABTS radical scavenging은 친수성 시료와 소수성 시료의 라디칼 소거 활성을 모두 측정 할 수 있어 적용 범위가 넓다는 장점을 가지고 있다 본 실험에서는 Jeong et al.(2009)등의 방법을 변형하여 측정하였다(Fig. 25). 증류수에 용해한 7 mM의 ABTS potassium persulfate 2.45 mM을 1:1로 넣어 흡광도 값이 0.70±0.02 되도록 PBS (pH 7.4)로 희석하였다. 12-16시간 동안 암소에 방치하고 라디칼 stock solution은 희석된 용액 800 μl에 농도별로 제조된 시료 200 μl씩을 가하여 15분 동안 방치 후 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로는 gallic acid (Sigma, USA)를 사용하였고, 농도범위는 0.1 mg/ml～0.025 mg/ml로 측정 하였다. 추출물의 ABTS 에 대한 소거능 (IC_{50})은 용매만을 사용한 대조군의 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 농도로 나타내었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

$$Antioxidant\,activity(\%) = 1 - \frac{aborbance\,of\,sample - absorbance\,of\,control}{absorbance\,of\,control} \times 100$$

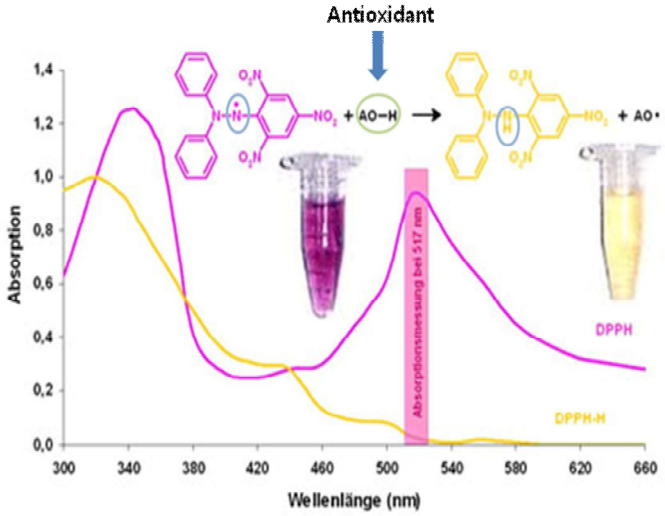


Fig. 25. Principle reaction of ABTS.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 4. 3. Superoxide dismutase(SOD) activity

활성산소의 공격을 차단, 또는 감소시키는 인체 내 자동방어 기전을 항산화기전이라고 하는데 이러한 항산화 방어기전을 수행하기 위한 특수한 기능을 가진 물질에는 두 가지로 효소계 물질인 Superoxide dismutase (SOD), catalase, gluatathione peroxidase, 소분자 생체물질 Vitamin E, β-carotene, uric acid, glutathione 등이 있다. 특히 SOD는 인체 내에서 생성되는 가장 강력한 항산화 작용을 가진 효소로서 방어효과가 가장 높은 것으로 알려져 있다. SOD radical scavenging activity는 xanthine-xanthine oxidase system을 nitroblue tetrazolium (NBT)로 발색시킨 SOD Kit를 이용하여 측정 하는데, SOD Kit 의 원리는 xanthine 에 xanthine-oxidase가 작용하면 O_2^-가 생성되고 생성된 O_2^-는 공존하는 NBT를 환원시켜 발색반응을 나타내지만 생성된 O_2^-는 제거능을 가진 물질로 인하여 발색이 저해되는 원리이다(Fukai & Ushio-Fukai, 2011).

반응조건은 Buffer solution 19 ml에 WST solution 1 ml을 혼합한 다음 Dilution buffer 25 ml에 enzyme solution (xanthine) 15 μl을 혼합하여 반응 solution을 준비하였으며, 반응 조건은 (Fig. 26), (Table 18)에 나타내었다. SOD activity (Inhibition rate %)를 계산하는 공식은 다음과 같다.

$$SOD\ activity(Inhibition\ rate\%) = \frac{(A_{blank1} - A_{blank3}) - (A_{sample} - A_{blank2})}{A_{blank1} - A_{blank3}} \times 100$$

Table 18. SOD activity conditions

	Sample	Blank1	Blank2	Blank3
Sample solution	20 μl		20 μl	
		20 μl		20μl
WST working soultion	200μl	200μl	200μl	200μl
Enzyme working solution	20μl	20μl		
Dilution buffer			20μl	20μl

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

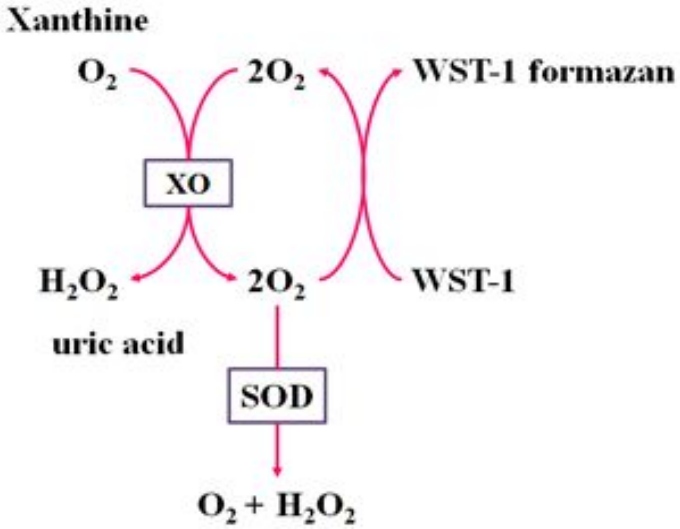


Fig. 26. Principle reaction of SOD.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 4. 4. Hydroxyl radical 소거효과 측정

Hydroxyl radical은 활성산소 라디칼 중에서 화학적으로 가장 반응성이 크며 지질산화를 개시하고 DNA손상을 주거나 돌연변이를 유발하는 물질로 알려져 있고, 생체의 대사 과정에서 생성되는 지질의 과산화물이나 과산화수소가 Fe^{2+}나 Cu^{2+} 이온의 존재 하에서 생성되며 가장 독성이 강한 free radical이다 (Fig. 27).

$$H_2O_2 + hv \rightarrow 2\,{}^{\bullet}OH$$

Primary quantum yield: 0.5

$$H_2O_2 + hv \leftrightarrow \underbrace{[HO^{\bullet} + {}^{\bullet}OH]}_{\text{Solvent cage}} \rightarrow 2{}^{\bullet}OH$$

Subsequent reactions

$${}^{\bullet}OH + H_2O_2 \rightarrow HO_2{}^{\bullet} + H_2O$$

$$2HO_2{}^{\bullet} \rightarrow H_2O_2 + O_2$$

$$2{}^{\bullet}OH \rightarrow H_2O_2$$

Fig. 27. Principle reaction of hydroxyl radical.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 4. 5. 2차 발효물의 항산화 활성

본 실험에서는 꽃송이버섯 2차 발효물 상등액의 DPPH radical 소거능을 확인하기 위하여 *Lactobacillus plantarum* subsp. *Plantarum* (KCTC 3105), *Lactobacillus acidophilus* (KCTC 3140), *Lactobacillus helveticus* (KCTC 3545), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성을 확인 하였다. 본 실험에서 사용한 시료는 1차 실험 때와 다르게 세포를 sonication 하지 않고 꽃송이버섯을 4종의 균주로 접종하고 발효시켜 동결건조 한 뒤 12,000 rpm에서 5분 동안 centrifuge 하고 상등액을 취하여 실험하였다

1. 4. 6. 2차 발효물의 폴리페놀 함유량 측정

본 실험에서는 꽃송이버섯 발효액의 총 폴리페놀 함량을 분석하고 천연 항산화제로서의 가능성을 검토 하고자 하였다. 총 폴리페놀 함량을 측정하기 위해 선행연구 Van der Sluis et al.(2001)의 방법을 변형하여 사용 하였으며, 총 폴리페놀 함량을 측정하기 위해 *L. plantarum* (KCTC 3105), *L. acidophilus* (KCTC 3140), *L. helveticus* (KCTC 3545), *L. bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종한 꽃송이버섯 발효물을 2M Folin-ciocalteu phenol 시약 (Sigma-aldrich, USA)을 10배 희석하여 2% Na_2CO_3 수용액(2:98, w/v)을 각각 1:1:1 비율로 섞어서 암실에서 50분 동안 반응을 시켰다. UV-spectrometer를 이용하여 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 기준 물질로 Gallic acid와 Quercetin을 사용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 5. 펌 시술

펌 시술은 열 펌 공정에 의하여 시술하였으며, 퍼머넌트 웨이브 방법은 가온 퍼머넌트기구(BSK Hally's, CREATE ION® Made in Korea) 1호 롯드(rod) 지름 1.2 cm 를 80℃ 로 가온하여 와인딩 하였다. 환원제는 Thioglycolate Ammonium (C2H7NO2S)을 함유한 열 펌 전용 CREATE Co 제품 pH 9.32를 사용하였으며, 환원제를 2 ml 씩 도포하여 앤드페이퍼(end paper)로 고정 후 꼬리빗(tailcoms)을 사용하여 크로키놀 와인딩(croquignole wrap)하고 고무밴드(replacement ruber)로 고정하였다. 와인딩된 모발은 바이오 랩(bio wrap)으로 감싼 후 항온조(fuzzy control, WiseBath® DAHAN Scientific co., Ltd. Korea)에서 45℃에서 10 min 가온하고 20 min 자연방치 후 산화제 2액을 2 ml 씩 도포하여 10 min 자연방치 후 롯드를 제거하였다. 산화제는 5 종류로 전통적인 과산화수소 함유 산화제 pH 2.96, 브롬산염류 산화제 pH 5.0, 꽃송이버섯 발효액 20%를 추가 또는 단독으로 사용하여 비교하였다. 각각의 모발 분류는 Table .과 같다. 펌 처리가 끝난 모발은 즉시 흐르는 물에 깨끗하게 세척하고 종이 와이퍼(Kimtech science wiper)를 이용하여 물기를 제거한 후 상온에서 자연건조 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 방법

2. 1. 꽃송이버섯 유산균 발효액 처리 방법

꽃송이버섯 발효액을 펌 웨이브의 산화제에 추가하여 각각 펌 웨이브 효율 측정을 위하여 웨이브 수축률, 유지율 및 직선회복율을 비교하였다. 시술모발의 분류는 Table 19 와 같다.

Table 19. Classification list of samples by fermented *Sparassis latifolia*

Name	Explain
Con	Virgin hair
F1	Oxidizing process treated by hydrogen peroxide (H_2O_2)
F3	Oxidizing process treated by sodium bromate ($NaBrO_3$)
FM1	Oxidizing process treated by hydrogen peroxide with fermented solution of *Sparasis Latifollia* (H_2O_2 + SPF)
FM2	Oxidizing process treated by fermented solution of *Sparasis Latifollia* (SPF)
FM3	Oxidizing process treated by sodium bromate with fermented solution of *Sparasis Latifollia* ($NaBrO_3$ + SPF)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 2. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선회복율)

펌 효율 측정은 제 2장 1절 Alcalase 처리의 측정 방법과 동일하다.

2. 3. 모발 굵기 측정

모발 굵기 측정 방법은 상온 23℃, 습도 50～55%의 환경에서 자연건조 시킨 모발을 8가닥씩을 취하여 Vernier calipers micrometer(SF2000, Guang Lu, China)로 측정하여 평균값과 표준편차를 구하였다. 측정지점은 실리콘 처리된 모근부로부터 5 cm 지점으로 하였다.

2. 4. 인장 특성

모발의 인장특성은 시료모발을 모근 방향으로 고정하여 만능재료시험기(Texture Analyser, Lloyd TA- PLUS, Instruments an Ametek Company, USA)를 사용하여 시료 당 8 가닥씩 측정하였다. 일정한 굵기의 모발을 선별하기 위해 Vernier calipers micrometer를 사용하였다. 측정값의 평균값과 표준편차를 구하였다. 인장조건은 20 mm/min의 속도로 연신하여 측정하였으며, 인장강도와 신도의 시험방법은 (KS K0323)에 준하였다. 실험실 온도는 22℃, 습도는 65%였다.

2. 4. 전자현미경 관찰

모발표면의 모표피 형태 손상을 비교하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, S-4800, Hitachi, Japan)을 이용하여 모발 표면을 진공 이온코팅기(E-130 Hitahico, Japan)를 사용하여 20 nm로 백금 코팅(platinum coating)하였다. 가속전압은1.5 kV, Working Distance 8.00 mm로 2000 배율 확대 촬영하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험 결과

1. 꽃송이버섯 발효물의 항산화능 측정 결과

모발은 펌 과정에서 황 분자의 산화에 의해 화학적인 변화가 일어나는데 이러한 산화과정은 모발의 물리적 특성 변화를 초래하여 인장강도를 약화시키고 건조한 모발을 만든다(Santos & Joekes, 2004). 게다가 모발의 산화는 멜라닌색소 과립의 분해로 색상의 퇴색을 일으키기도 한다(Gao & Bedell, 2001). 이와 같은 산화를 방지하기 위하여 모발에 항산화능이 있는 물질의 처리는 모발의 색상 퇴색을 최소화 할 수 있고 물리적인 손상을 감소시킬 수 있다(Dario et al., 2013). 천연물의 항산화제를 처리하여 모발의 표면형태의 개선과 강도가 증가한 선행연구는 쌀에서 얻은 천연 산화방지제 처리와 돼지감자(artichoke)로부터 추출된 산화방지제 등이 있다(Fernández et al., 2012). 측정의 원리는 Fig. 28 에 나타내었다.

최근 화학적인 펌 제의 사용이 증가하여 모발의 손상 또한 가중되고 있다. 이러한 이유로 천연물인 꽃송이버섯을 펌 제에 추가하였을 시 모발 손상을 보호하는 제품 소재로써의 가능성을 조사하기 위해 항산화능을 평가하였다.

L. plantarum (KCTC 3105), *L. acidophilus*(KCTC 3140), *L. helveticus*(KCTC 3545), *L. bulgaricus*(KCTC 3635) 총 4종의 *Lactobacillus*를 Yeast extract broth와 MRS broth에 접종하였다. Yeast extract broth 750 ml에 꽃송이 원물 250 g을 넣어 5일 동안 발효 시켰으며, 또 다른 실험군으로 MRS broth에 꽃송이버섯 파우더 5%를 넣어 동일한 방법으로 발효 시켜 실험 하였다. 균을 접종한 꽃송이버섯 발효액을 각각 50 mg/ml, 25 mg/ml, 5 mg/ml의 농도로 희석하여 사용 하였다. 음성 대조군으로는 MRS broth 와 Yeast extract broth, 4종의 *Lactobacillus*를 MRS broth 와 Yeast extract broth 에 접종한 broth를 사용하였다. 95% ethanol 에 용해시킨 0.1 mM DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma, USA) 800 µl와 각 실험군 200 µl을 E.P tube 에 넣고 3분간 voltexing 하여 암실에서 30분간 반응 시켰다. 남아 있는 radical의 농도를 UV-Visible spectrophotometer (SCINCO, Seoul, Korea)를 사용하여 517 nm에서 측정하였으

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

며, 양성 대조군으로는 gallic acid (Sigma, USA)를 사용하였고, 농도범위는 0.1 mg/ml～0.4 mg/ml 로 측정 하였다. 추출물의 DPPH에 대한 소거능 (IC_{50})은 용매만을 사용한 대조군의 흡광도를 50% 감소시키는데 필요한 농도로 나타내었다.

발효는 자연발효에서 종균발효로 발전하였으며(Capilce & Fitzgerald, 1999), 종균은 미생물이 가지고 있는 대사능력을 이용하기 위하여 천연물에 의도적으로 첨가하는 미생물을 의미한다. 이러한 종균첨가제는 발효식품의 빠른 제조를 위하여 종균을 배양하여 증식시킨 첨가균을 지칭 한다(Holzapfel, 2002). 꽃송이버섯 원물과 꽃송이버섯 발효물의 DPPH radical 소거능을 확인한 결과 *L. plantarum* (KCTC 3105), *L. acidophilus* (KCTC 3140), *L. helveticus* (KCTC 3545), *L. bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성이 꽃송이버섯 원물의 항산화 활성보다 높게 나타났으며, 균주를 사용하지 않고 설탕을 이용해서 발효시킨 꽃송이버섯 발효물은 항산화 활성이 매우 낮게 확인되었다(Table 20 & 21). 꽃송이버섯을 넣지 않고 균주를 배지에 접종한 실험군의 항산화 활성 또한 균주를 꽃송이버섯에 접종하여 발효한 꽃송이 발효액의 실험군보다 항산화 활성이 낮은 것으로 확인 되었으며, 설탕으로 발효시킨 꽃송이 발효물과 균을 접종한 배지 자체의 항산화 활성도 낮게 확인되었다(Fig. 30-37). 전체 실험군 중 꽃송이버섯을 *L. helveticus* (KCTC 3545)균주로 접종하여 발효시킨 S3의 항산화 활성이 가장 높은 것으로 확인 되었으며, IC_{50}값은 10.40 mg/ml 이었다. 그러므로 꽃송이버섯의 발효액 적용은 *L. helveticus* (KCTC 3545)으로 발효시킨 발효액을 펌 제에 적용하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 28. Principle of DPPH reaction.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

$$Antioxidant\,activity(\%) = 1 - \frac{aborbance\,of\,sample - absorbance\,of\,control}{absorbance\,of\,control} \times 100$$

Conc.	O. D.
0	0.01
0.016	0.102
0.033	0.278
0.05	0.429
0.066	0.654
0.083	0.802
0.1	0.978

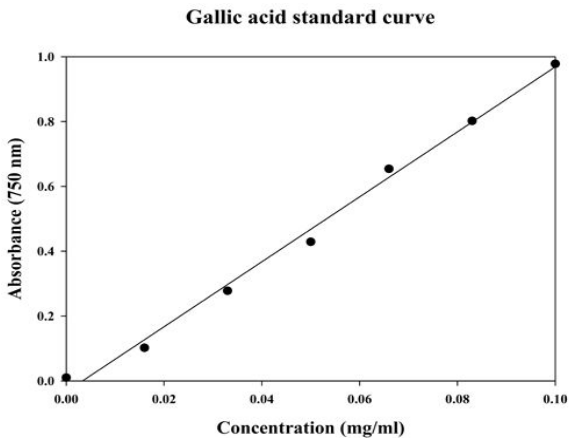


Fig. 29. Galic acid standard curve (DPPH).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

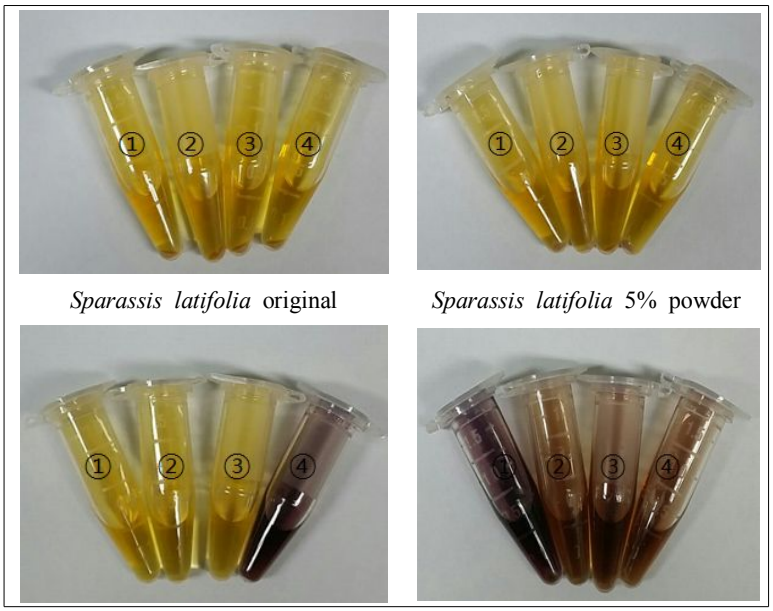


Fig. 30. Changing color samples of reaction for DPPH. All samples measured ①: 0.1 mg/ml, ②: 0.2 mg/ml, ③: 0.3 mg/ml, ④: 0.4 mg/ml each concentration.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

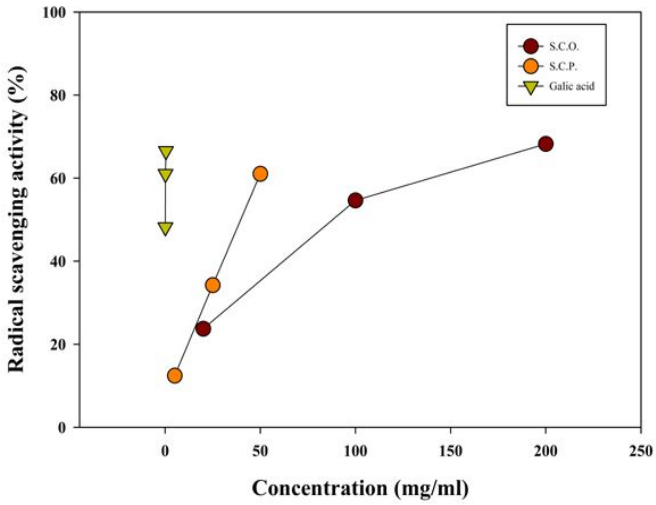


Fig. 31. *Sparassis latifolia* fruit body and *Sparassis latifolia* dry powder of DPPH activity. SCO: *Sparassis latifolia* original samples, SCP: *Sparassis latifolia* 5% powder samples, Galic acid.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

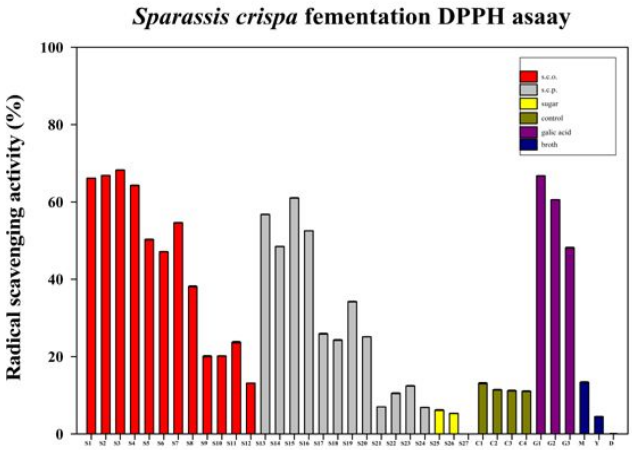


Fig. 32. *Sparassis latifolia* fruit body and *Sparassis latifolia* dry powder of DPPH activity result. Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 20. Result of DPPH activity for *Sparassis latifolia* fermentation

Sample	O.D.	Conc. (mg/ml)	Activity (%)
S1	0.45	200	66.14
S2	0.44	200	66.84
S3	0.42	200	68.24
S4	0.47	200	64.28
S13	0.57	50	56.77
S14	0.68	50	48.49
S15	0.52	50	61.05
S16	0.63	50	52.53
S25	1.24	-	6.2
C1	1.15	-	13.13
C2	1.17	-	11.43
C3	1.18	-	11.2
C4	1.18	-	11.07
G1	0.44	0.4	66.76
M	1.15	-	13.36
Y	1.27	-	4.48
D	1.32	-	0

Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

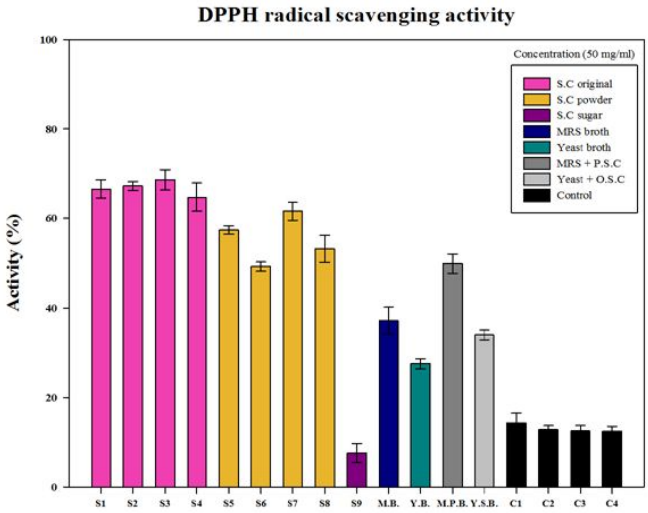


Fig. 33. DPPH radical scavenging activity concentration (50 mg/ml). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

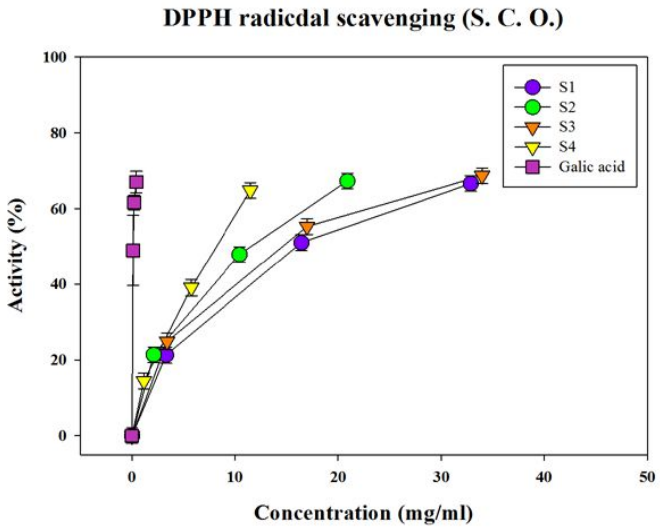


Fig. 34. DPPH radical scavenging result of samples concentration (S. C. O.). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

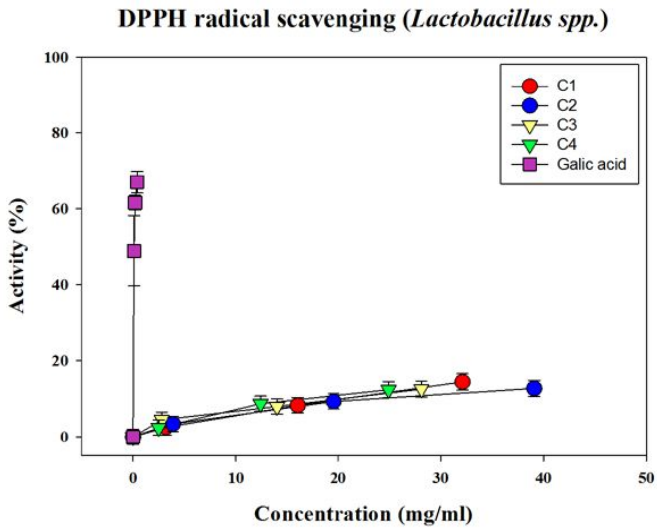


Fig. 35. DPPH radical scavenging result of samples concentration (*Lactobacillus spp*.). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

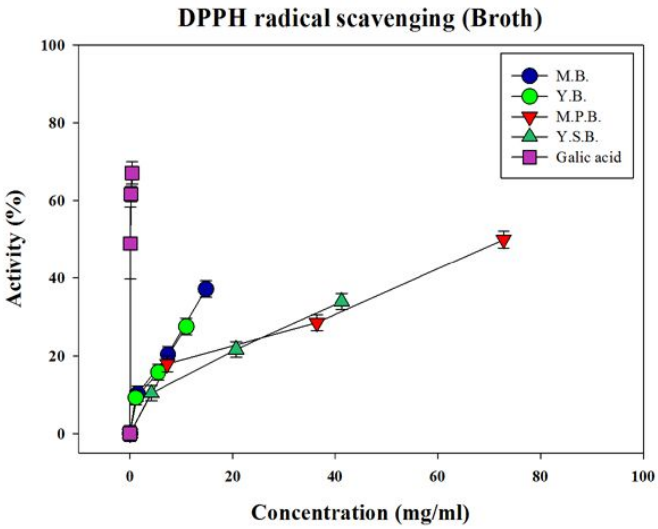


Fig. 36. DPPH radical scavenging result of samples concentration (Broth). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

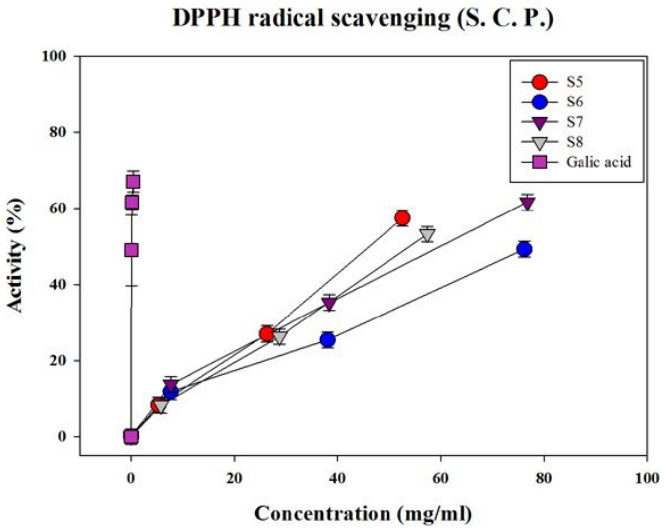


Fig. 37. DPPH radical scavenging result of samples concentration(SCP). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 21. IC_{50} of DPPH radical scavenging activity

Samples	IC50(mg/ml)	Samples	IC50(mg/ml)
S1	19.99	M.B.	21.41
S2	12.99	Y.B.	23.29
S3	8.4	M.P.B.	75.1
S4	10.82	Y.S.B.	66.32
S5	46.37	C1	118.3
S6	79.2	C2	179.51
S7	59.94	C3	146.37
S8	54.37	C4	109.23
S9	1482.93	Gal.	0.07

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 2. ABTS radical scavenging activity 결과

꽃송이버섯 원물과 꽃송이버섯 발효물의 ABTS radical 소거능을 확인한 결과 *L. plantarum* (KCTC 3105), *L. acidophilus* (KCTC 3140), *L. helveticus* (KCTC 3545), *L. bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성이 꽃송이 원물의 항산화 활성보다 높게 나타났으며, 균주를 사용하지 않고 설탕을 이용해서 발효시킨 꽃송이 발효물은 항산화 활성이 매우 낮게 확인되었다. 꽃송이버섯을 넣지 않고 균주를 배지에 접종한 실험군의 항산화 활성과 균주의 배지로 사용했던 실험군의 항산화 활성 또한 매우 낮게 나타났다. 이 같은 결과는 이번 연구에서 수행했던 DPPH 결과와 일치하며, 꽃송이버섯 자체의 항산화 활성보다는 꽃송이버섯을 4가지 균주로 발효시킨 꽃송이버섯 발효액의 항산화 활성이 증가함을 알 수 있다. 4가지 균주로 발효시킨 꽃송이 발효액의 평균값 IC_{50}은 15.67 mg/ml로 확인 되었으며, 4가지 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이 실험군인 S3와 S7에서 ABTS 활성이 높게 나타났고, IC_{50}값은 각각 5.14mg/ml, 21.70 mg/ml이었다. 이와 같은 결과는 DPPH 방법에서 S3의 항산화 활성이 가장 높았던 결과와 일치하며, 4종의 균주 중에서 *L. helveticus.* (KCTC 3545) 균주를 접종하여 꽃송이버섯을 발효시켰을 때 항산화 활성이 높아지는 것을 확인 할 수 있다. 이러한 결과는 발효과정에 의하여 폴리페놀이 증가하고 새로운 최종 화합물이 만들어지는 현상으로 유산균의 발효는 독특한 산물의 물질 변환으로 잠재적인 소스를 제공할 수 있다고 하였다(임 et al., 2012). 결과적으로 꽃송이버섯의 유산균 발효는 항산화 활성과 가수분해 효소에 의하여 저분자 펩티드를 증가시키는 것으로 아미노산의 손실이 많은 펌 제의 접근성을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 발효액은 두피의 염증을 최소화할 수 있으며 식품으로의 안전성 또한 평가되고 있으므로(Huynh et al., 2014), 펌 제로서 적용이 가능할 수 있다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Conc.	O. D.
0	0.01
0.0125	0.0614
0.025	0.112
0.0375	0.1738
0.05	0.246
0.0625	0.2946
0.075	0.3478
0.0875	0.3924
0.1	0.429

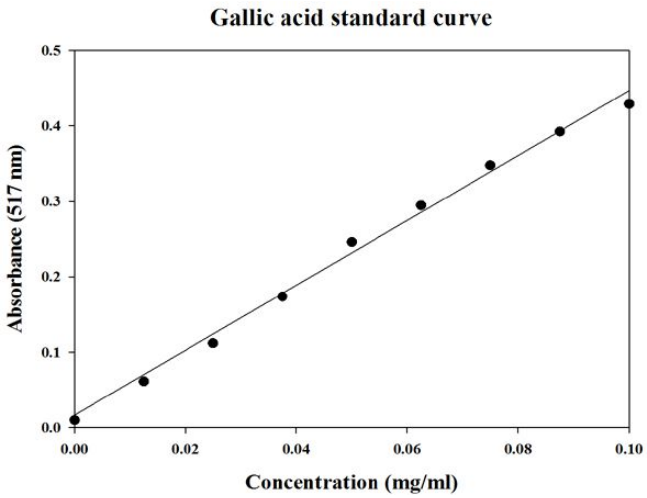


Fig. 38. Galic acid standard curve (ABTS).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

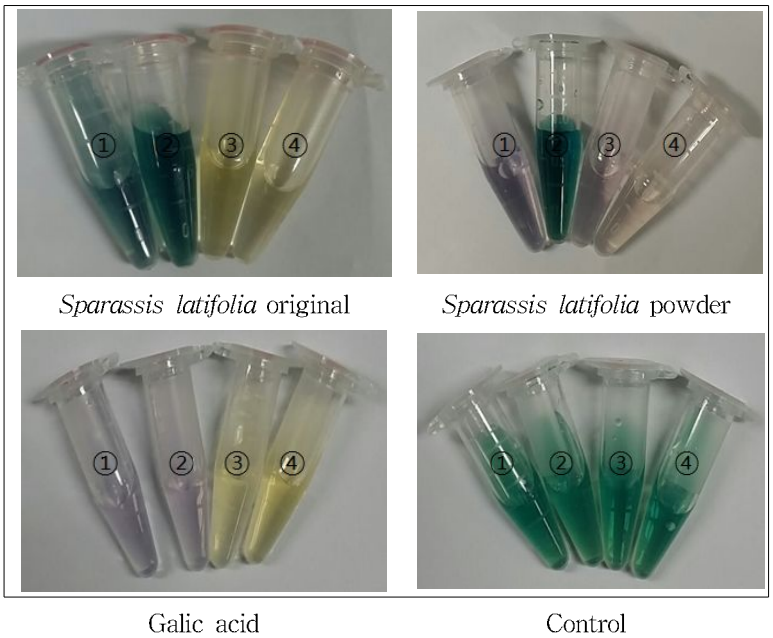


Fig. 39. Changing color samples of reaction for ABTS. All samples measured ①: 0.1 mg/ml, ②: 0.2 mg/ml, ③: 0.3 mg/ml, ④: 0.4 mg/ml each concentration.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

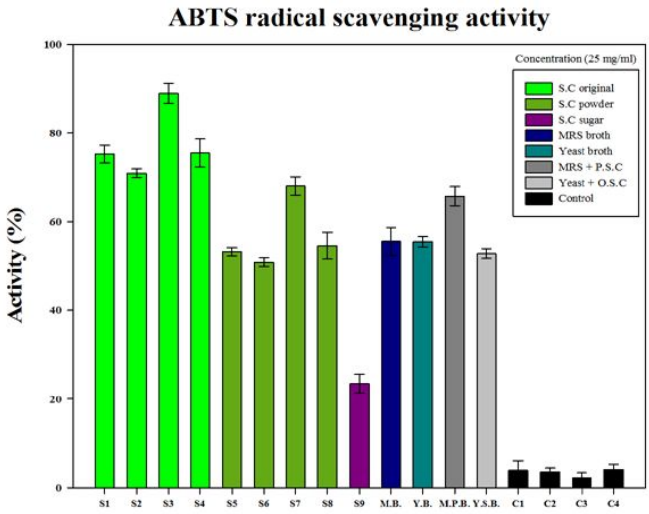


Fig. 40. ABTS radical scavenging activity of concentration 25 mg/ml. Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

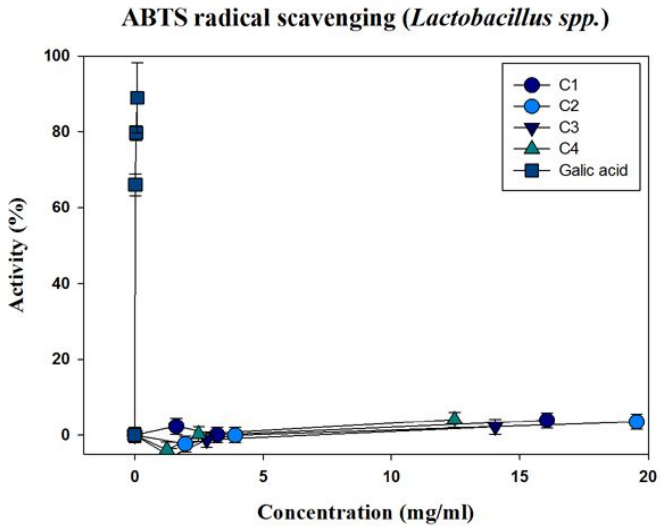


Fig. 41. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (*Lactobacillus spp.*). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

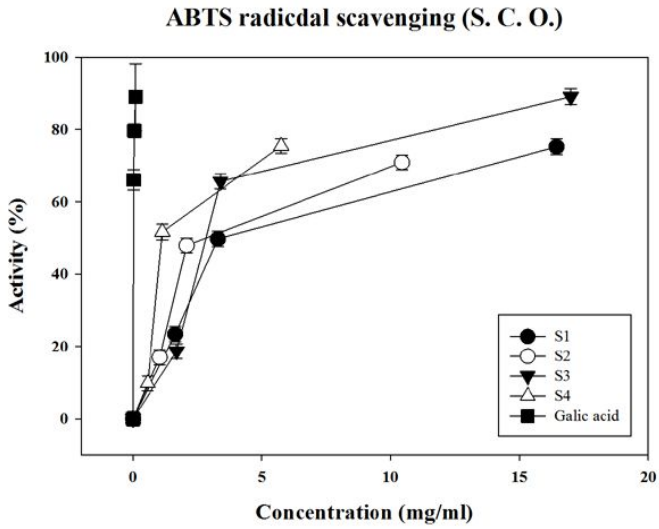


Fig. 42. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (S. C. O.). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

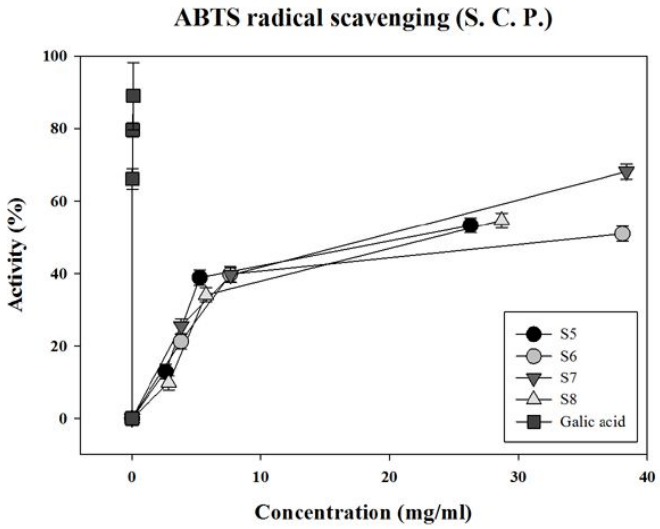


Fig. 43. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (S. C. P.). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

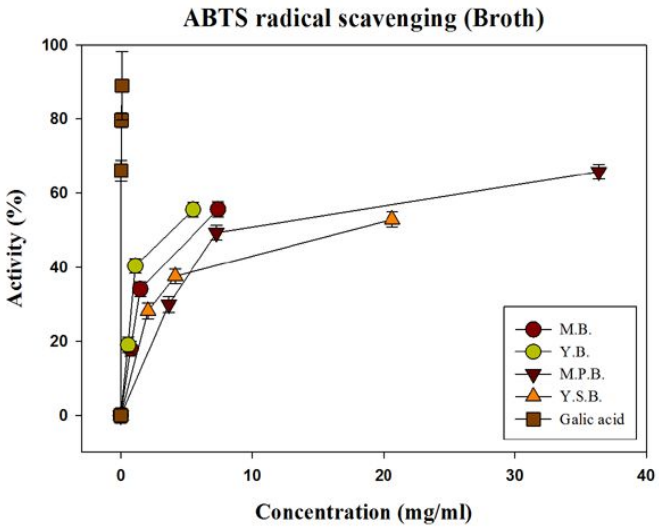


Fig. 44. ABTS radical scavenging result of samples concentration 25 mg/ml (Broth). Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 22. IC_{50} of ABTS radical scavenging activity

Samples	IC50(mg/ml)	Samples	IC50(mg/ml)
S1	7.31	M.B.	6.1
S2	5.56	Y.B.	4.38
S3	5.14	M.P.B.	17.64
S4	2.94	Y.S.B.	17.86
S5	22.81	C1	142.45
S6	35.33	C2	177.81
S7	21.7	C3	108.3
S8	24.57	C4	90.02
S9	307.01	Gal.	0.03

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 3. SOD activity 결과

꽃송이버섯 원물과 꽃송이버섯 발효물의 SOD radical 소거능을 확인한 결과 *L. plantarum* (KCTC 3105), *L. acidophilus* (KCTC 3140), *L. helveticus* (KCTC 3545), *L. bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성이 꽃송이 원물의 항산화 활성보다 높게 나타났으며, 균주를 사용하지 않고 설탕을 이용해서 발효시킨 꽃송이 발효물은 항산화 활성이 매우 낮게 확인되었다. 전체 실험군 중에서 4가지 균주로 꽃송이버섯을 발효 시킨 실험군의 SOD 활성이 높은 것으로 나타났으며, *L. helveticus* (KCTC 3545) 균주로 발효시킨 꽃송이 발효액의 IC_{50}은 0.73 mg/ml으로 항산화 활성이 가장 높게 측정 되었다. 이와 같은 결과는 다른 항산화 실험결과와 일치하며, 꽃송이 발효 균주의 조건을 확립하는데 매우 중요한 결과이다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

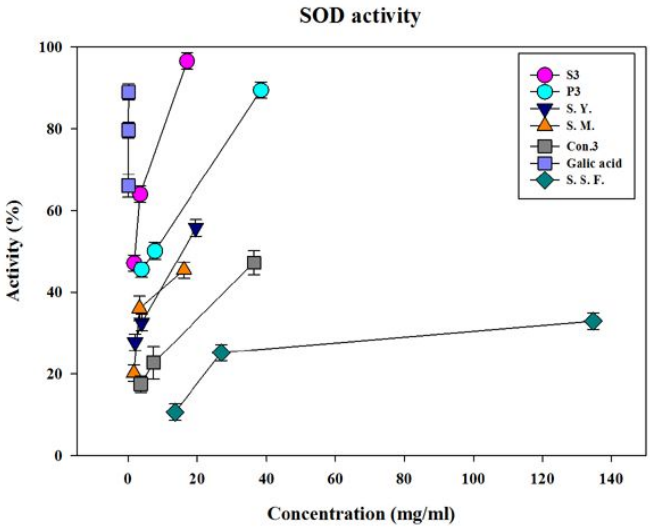


Fig. 45. SOD activity. Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

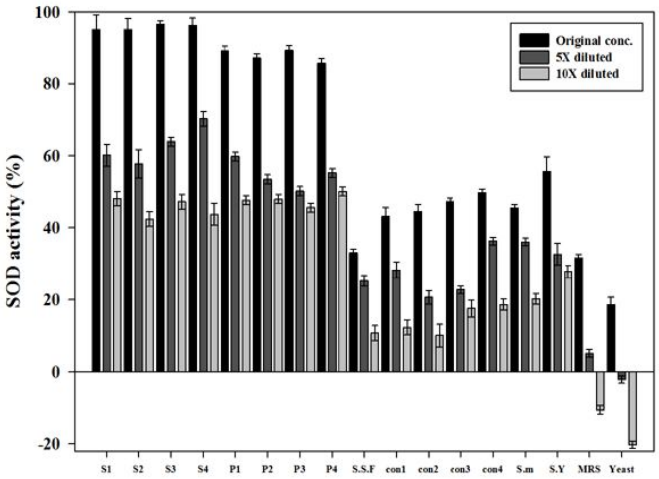


Fig. 46. SOD radical scavenging result of samples concentration. Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 23. IC_{50} of SOD activity

Samples	Activity (%)	IC_{50} (mg/ml)
S1	95.11	1.83
S2	95.11	5.87
S3	96.56	0.73
S4	96.24	1.29
P1	89.29	1.12
P2	87.17	1.41
P3	89.4	0.99
P4	85.76	1.12
S. S. F.	32.99	250.41
Con. 1	43.1	9.01
Con. 2	44.47	6.3
Con. 3	47.22	39.42
Con. 4	49.71	20.22
S. M.	45.41	18.84
S. Y.	55.77	15.75
MRS	31.61	20.02
Yeast	18.65	22.8

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

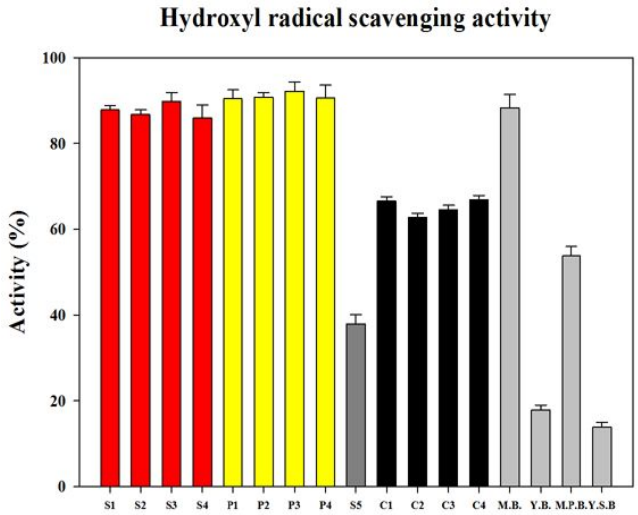


Fig. 47. Hydroxyl radical scavenging result of samples. Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 4. Hydroxyl Radical 소거효과 측정 결과

Hydroxyl Radical 소거효과 측정은 앞서 실험했던 다른 항산화 실험들의 결과와 마찬가지로 4가지 균주로 접종한 꽃송이 발효액의 Hydroxyl radical 소거능이 다른 실험군에 비해 항산화 활성이 높은 것으로 나타났다. 4가지 균주 중에서 *L. helveticus* (KCTC 3545)로 발효시킨 꽃송이 발효액 (S3)의 항산화 활성이 가장 높게 측정 되었으며, IC_{50}값은 0.3 mg/ml 이었다.

Table 24. IC_{50} of Hydroxyl radical scavenging activity

Samples	Activity (%)	IC_{50}(mg/ml)
S1	87.8	1.81
S2	86.71	1.22
S3	89.71	0.39
S4	85.85	0.93
P1	90.4	2.54
P2	90.72	3.86
P3	92.11	0.47
P4	90.5	4.08
S5	37.95	215.64
C1	66.49	1.96
C2	62.72	6.63
C3	64.52	3.14
C4	66.82	2.61
M.B.	88.28	6.1
Y.B.	17.87	41.4
M.P.B.	53.81	27.35
Y.S.B.	13.87	414.64

Abbreviations were the same as Table 14.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 5. 2차 발효물의 항산화 활성

유산균은 포도당, 유당과 같은 탄수화물을 분해하고 이용하여 유산이나 초산 등을 생성하는 미생물을 말하는데 비운동성으로 포자를 형성하지 않으며, Gram 양성이고, 단백질을 분해하지만 부패시키는 능력은 없다. 대부분의 유산균은 사람이나 동물의 소화관, 구강, 질, 가축의 사료, 자연발효식품 등에 널리 분포되어 있는데, 생육온도는 15℃~45℃ 정도이며 37℃에서 가장 활발한 활동을 한다(임 et al., 2012). 유산균이 생산하는 대사산물인 젖산은 pH를 낮추어 유해 미생물 증식을 억제하며 인체가 해가 없고 건강을 증진시켜 GRAS 품목으로 받아들여지고 있다. *Lactobacilius*는 유산균으로 phateur에 의하여 정립되었으며, 사람과 각종 동물의 장관내에 상재하는 균으로 각종 유해균 억제작용, 천연 항균제, 면역강화, 비타민 합성, 혈중콜레스테롤 저하효과, 정장작용등이 있다. 특히 유산균의 Hydrophobicity 특성은 높은 장내 부착성에 기여한다는 보고가 있어왔다(Schillinger et al., 2005) 최근 들어 유산균, 효모, 고초균 등 인체에 유익한 미생물을 이용한 발효를 통해 천연물 함유 기능성 성분의 증가 또는 생물학적 전환을 유도하거나 면역기능, 장 기능 개선 등의 생리활성을 강화시킨 발효물의 제조를 목적으로 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다.

꽃송이버섯 2차 발효물 상등액의 DPPH radical 소거능을 확인하기 위하여 *L. plantarum* (KCTC 3105), *L. acidophilus* (KCTC 3140), *L. helveticus* (KCTC 3545), *L. bulgaricus* (KCTC 3635) 4종의 균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성을 확인한 결과 1차 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성 결과보다 2차 꽃송이버섯 발효물의 항산화 활성이 높은 것으로 확인 되었고, 3가지(DPPH, ABTS, Hydroxyl radical scavenging)항산화 활성 실험 방법 중 ABTS radical scavenging 이 가장 높은 것으로 확인되었다. 4종의 균주 중에서 *L. helveticus* (KCTC 3545) 의 항산화 활성이 가장 높게 측정 되었으며, 이 같은 결과는 꽃송이 1차 발효물의 항산화 활성 실험결과와 일치하는 결과이다. *L. plantarum* 균주의 DPPH radical scavenging IC_{50}값은 59.38 μg/ml 으로 확인되었으며, *L. acidophilus* 균주는 62.26 μg/ml *L. helveticus* 49.96 μg/ml *L.*

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

bulgaricus 51.64 μg/ml 으로 확인되었다. *L. plantarum* 균주의 ABTS radical scavenging IC_{50}값은 51.26 μg/ml, *L. acidophilus* 균주는 58.22 μg/ml, *L. helveticus* 28.09 μg/ml, *L. bulgaricus* 62.21 μg/ml으로 확인되었으며, *L. plantarum* 균주의 Hydroxyl radical scavenging IC_{50}값은 64.46 μg/ml *L. acidophilus* 58.82 μg/ml, *L. helveticus* 28.09 μg/ml, *L. bulgaricus* 31.21 μg/ml 으로 확인되었다.

젖산균은 고분자 탄수화물 가수분해 효소인 α-amylase, β-amyloglucosidase 뿐만 아니라 cellulose에 대한 가수분해능을 나타내는 β-glucosidase, 복합 올리고당류를 분해할 수 있는 α-galactosidase 등을 생성한다고 알려져 있으며, 단백질 분해효소인 protease 를 생성하여 가수분해물을 만들어 낸다. 본 연구의 1차 발효 실험에서 꽃송이버섯 발효물의 protease 의 활성을 측정 하였는데 식약처 고시방법 3가지(HUT, SAP, Plant)방법 모두에서 높은 효소활성 결과를 나타내었다. 2차 발효 실험에서 1차 발효실험보다 항산화능이 높게 측정된 이유는 젖산균 발효 과정에서 수용성 식이섬유의 일부가 여러 가지 효소들에 의해 가수분해 되고 분자량이 감소하여 항산화능이 높아졌을 가능성이 있으며, 본 2차 실험에서는 1차 발효실험과 달리 cell 을 파쇄하지 않고 filtration 하지 않은 상태로 실험을 진행하였기 때문에 세포 파쇄물이 바이오매스로서 일부 유용성분들을 흡착하는 성질에 영향을 받지 않아 항산화능 측정이 용이한 상태로 전환 되었을 것이라는 추측을 해본다. 또한 2차 발효에서는 filtration과정을 거치지 않았기 때문에 hydrophobic한 성분들이 함께 detection 되어 항산화능이 높게 측정 되었다고 생각되어 진다.

선행 연구 Fraga et al(2010)에서 동물성 단백질 및 식물성 단백질을 효소분해하여 얻어진 펩타이드에서 항산화 활성이 나타나는 것으로 보고되어 있는데 이는 pesin에 의한 카제인 가수분해물로부터 합성된 펩타이드가 radical 에 대하여 소거 활성을 나타낸다고 하였으며, 최근 단백질 유래 펩타이드의 생리활성 기능에 대해서 많은 연구가 이루어지고 있으나 연구자의 실험조건, 사용된 효소, 생성된 펩타이드의 분자량 및 분석 방법이 상이한 결과를 나타내므로 향후 꽃송이버섯 발효물을 한외여과막을 이용해 유단백질 분리와 SDS-전기영동을 통하여 유단백질 가수분해물의 특성에 대해 확인할 필요가 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 25. IC_{50} of radical scavenging activity (unit: μg/ml)

	L. Plantarum	*L. acidophilus*	*L. helveticus*	*L. bulgaricus*	No inoculum	Gallic acid
DPPH	59.38	62.26	49.96	51.64	186.24	5.58
ABTS	51.26	58.22	28.09	62.21	269.57	4.54
Hydroxyl radical	64.46	58.82	28.09	31.21	186.24	2.46

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

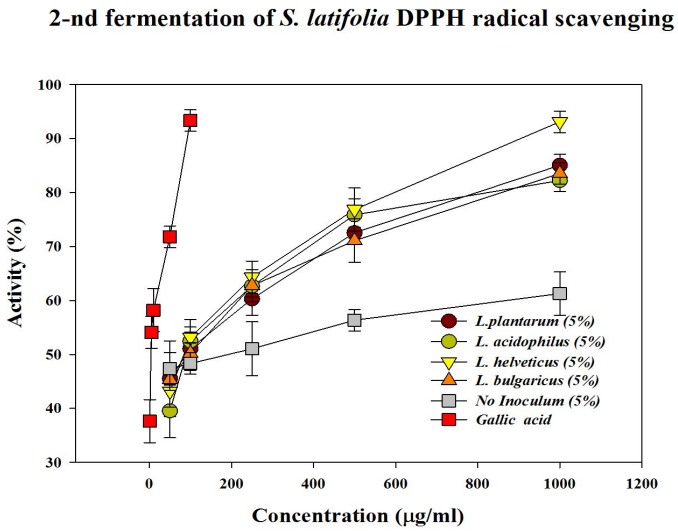


Fig. 48. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (DPPH radical scavenging).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

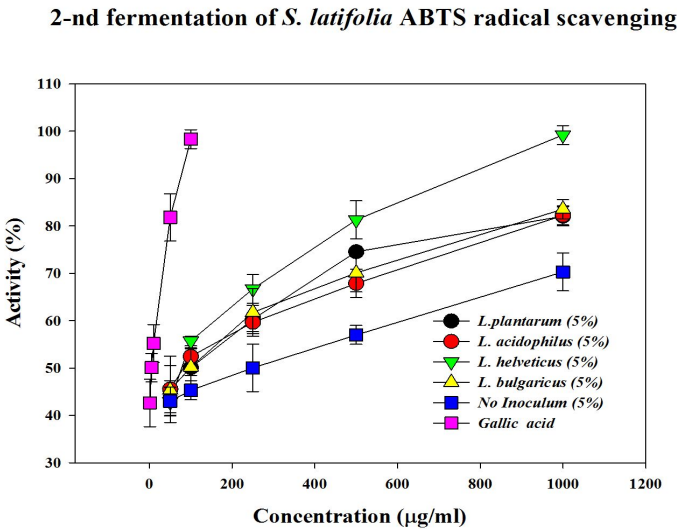


Fig. 49. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (ABTS radical scavenging).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

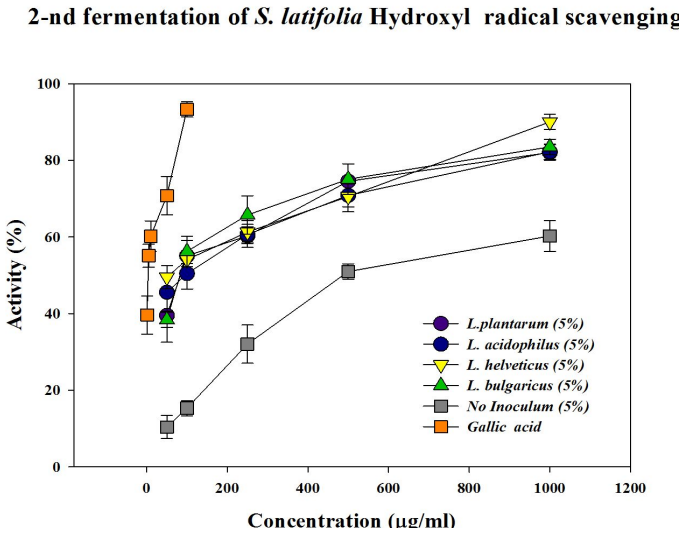


Fig. 50. Concentration dependence of anti-oxidant activity of 2nd fermentation sample (Hydroxyl radical scavenging).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 6. 2차 발효물의 폴리페놀 함유량

폴리페놀(polyphenol)은 식물 내에 존재하는 페놀화합물의 총칭으로써, 식물이 자라면서 여러 가지 유해환경으로부터 자신을 보호하는 물질이다(Fraga et al., 2010). 폴리페놀은 화학적으로 벤젠 고리에 하이드록실기(Hydroxyl group)를 한개 또는 그 이상을 가진 화합물로써, 자외선 또는 특정 병원균에 대해 방어하는 메커니즘에 관여한다. 식용 polyphenol은 식물에서 천연물까지 다양하게 분포 되어있으며, 현재까지 8000개 이상의 polyphenol 구조가 알려져 있다(Jeong et al., 2012). 폴리페놀은 페놀성 고리 및 다른 구조적 요소의 개수에 따라 여러 가지로 나눌 수 있는데 탄소 골격에 따라 flavonoid, phenolic acid, stilbene, lignin 으로 나누어진다. 폴리페놀은 중합체 및 올리고머 등으로 중합이 되는데 이 때 Flavonoid의 올리고머 형태는 'tannin' 이라고 부르고 중합된 tannin(proanthocyanidins 또는 procyanidins)과 가수분해 가능한 tannin으로 분류된다(Choi et al., 2006).

각종 과일에는 강력한 항산화 성분과 더불어 여러 가지 생리활성 성분들이 존재하는데 특히 카로티노이드 및 플라보노이드와 같은 페놀화합물을 다량 포함하고 있다(Choi et al., 2014). 이러한 성분들은 산화적 스트레스에 의해서 발생되는 위궤양과 경련의 예방, 위장관의 위액 분비조절과 당뇨예방, 암, 심장질환 및 각종 퇴행성 질병들의 예방과 감소에 기여 한다고 보고 되어있다. 인간을 비롯한 모든 생물체들은 산소를 이용하여 생명유지에 필요한 에너지를 생성하는 과정에서 발생하는 활성산소들의 상해에 대한근본적인 자기 방어기구를 가지고 있다. 유해산소로 알려진 활성산소는 가장 안정한 형태인 삼중항 산소($3O_2$)가 환원되면서, superoxide radical(O_2), 과산화수소, 하이드록시기(-OH), 지질, 과산화물(ROOH), 여기에서 생기는 유리기(free radical; ROO-, RO-) 등의 과산화지질로서, 이러한 활성산소의 과산화지질이 정상적으로 소거되지 않았을 때, 유리기로 인한 산화적 스트레스가 생체 내에 가해지면 이들 활성산소는 세포구성 성분들인 지질, 단백질, 당, DNA 등에 대하여 비선택적, 비가역적인 파괴 작용을 나타냄으로써, 노화는 물론 암을 비롯하여 뇌졸중, 파킨슨씨병 등의 뇌질환과 심장질환, 허혈, 동맥경화, 피부손상, 염증,

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

류머티스, 자가 면역질환 등의 각종 질병을 일으키는 원인이 되고 있다.

활성산소의 독성을 억제하기 위한 항산화성 물질로는 아스코르브산, 토코페롤, 카로티노이드, 플라보노이드, 글루타티온 등의 천연 항산화제와 butylated hydroxy anisol (BHA) 및 butylated hydroxy toluene (BHT)등 합성 항산화제가 널리 사용되고 있다. 천연 항산화제는 비교적 항산화능이 낮고, 합성 항산화제는 그 효과와 경제성 그리고 안전성 때문에 많이 사용되어 왔지만, 생체효소나 지방에 대한 변이원성 및 독성으로 인해 암을 유발할 수 있는 것으로 알려지면서 새로운 대체물질의 개발이 요구되고 있다.

2차 발효물의 폴리페놀 함유량 측정결과 4종의 꽃송이버섯 발효물 중에서 *L. helveticus* (KCTC 3545)균주로 접종하여 발효시킨 꽃송이버섯 발효액의 폴리페놀 함량이 가장 높게 측정 되었으며, 꽃송이버섯 발효액(5%) 25 mg/ml는 Gallic acid 100 μg/ml에 해당하였고, Quercetin 110 μg/ml에 해당 하였다 (Table 26). 이와 같은 결과는 천연물 기준으로 보았을 때 매우 높은 폴리페놀 함량에 해당하며, 추후 발효 균주나 추출 방법을 달리하여 폴리페놀 함량증대를 위한 추가 연구가 필요하다고 생각되어진다. Fernández et al.(2012)은 폴리페놀의 함량이 높고 항산화능이 높은 천연식물의 재료와 락틴산이 함유된 샴푸를 처리하여 모발 보호효과를 확인하였다. 이러한 근거는 천연물의 폴리페놀 함량은 모발제품과의 상관성이 있다고 할 수 있다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 26. Total polyphenol contents of 2nd-fermented *Sparasis latifolia*

Sample	Conc. (mg/ml)	Contents (GAE μg/ml)	Contents (QUE μg/ml)
KCTC3105 5%	25	81.670	85.249
	10	43.454	33.448
	5	22.500	5.045
KCTC3140 5%	25	87.657	93.365
	10	45.749	36.559
	5	27.490	11.808
KCTC3545 5%	25	100.429	110.677
	10	51.537	44.403
	5	26.791	10.861
KCTC3635 5%	25	93.345	101.074
	10	48.543	40.346
	5	26.093	9.914
No Inoculum 5%	25	58.621	54.006
	10	27.789	12.213
	5	22.500	5.045

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1. 7. 꽃송이버섯 발효액의 단백질분해효소 활성

꽃송이버섯 발효액의 단백질분해효소 활성은 식약청 고시 3가지(SAP, HUT, Plant)방법에 의하여 발효액 농도범위 20 mg/ml과 50 mg/ml에서 측정하였다. 내용은 제2장2절 꽃송이버섯 효소활성 측정 결과에서 서술하였다.

2. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선 회복율)

열 펌 공정으로 각각의 모발들은 산화제를 다르게 처리하여 길이 수축률, 유지율 및 직선 회복율을 측정하였다(Table 27 & Fig. 51).펌은 산화과정이 불완전하거나 지속적인 샴푸, 드라이, 시간의 경과에 의하여 형성된 초기 웨이브에 비하여 풀림현상이 일어나며 결국은 직선의 형태에 이르게 된다. 펌 형성된 모발이 펌 전의 모발에 비하여 길이가 변화된 수축률(S)의 차이는 FM2 〉 FM1 〉 F3 ≒ FM3 〉 F1으로 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)의 펌 수축률이 가장 높게 측정되었으며, 전통적으로 사용하는 과산화수소가 함유된 산화제를 처리한 모발(F1)이 가장 낮게 측정되었다. 그러나 펌 형성 된 모발을 샴푸하여 중력방향으로 고정하여 24 시간 건조시킨 후 형성된 펌의 풀림현상을 비교하기 위하여 모발이 늘어난 변화 값을 비교한 웨이브 유지율 (Sc)의 비교는 F1 〉FM3 〉F3 〉 FM1 ≒ FM2로 과산화수소에 SPF를 추가하여 처리한 모발(FM1)과 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)은 웨이브의 풀림이 증가되었으며, 과산화수소 함유 산화제 처리 모발(F1)의 웨이브 풀림이 가장 낮게 측정되어 유지율이 높았다. 또한 4 주 동안 매일 샴푸하고 건조시킨 후 펌 형성 초기모발의 길이가 변화되는 유지율(Sp)은 F1 〉 FM3 〉 FM2 〉 F3 〉 FM1로 과산화수소에 SPF를 추가하여 처리한 모발(FM1)의 웨이브 풀림이 가장 높아 유지율이 낮았으며, 과산화수소 함유 산화제 처리 모발(F1)의 유지율이 가장 높게 측정되었다. 직선 회복율 (S_d)의 평가는 펌 형성된 웨이브가 풀려서 펌 전의 초기 모발 길이로 되돌아갈 수 있는 가능성을 산출한 값이다. 펌 전 초기모발길이와 마지막 4주 후의 모발길이를 비교한 직선 회복율(Sd)은 F3 〉 F1 ≒ FM3 〉 FM1 〉 FM2

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

로 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)은 가장 낮은 직선 회복율이 측정되어 웨이브 형성 유지력이 우수하였으며, 브롬산나트륨 산화제 처리 모발(F3)은 직선 회복율이 가장 높게 측정되어 웨이브 형성 유지력이 감소된 결과를 나타내므로 꽃송이버섯 발효액 단독 처리모발(FM2)은 초기 펌 웨이브 형성력을 확인하는 모발 수축률과 마지막 웨이브 형성 유지력을 알 수 있는 직선 회복율 측정에서 높게 확인되었다. 선행연구에서 신 & 강(2013)는 난백분해물의 단백질 처리가 펌 처리 모발의 웨이브 형성율을 증가시켰다고 보고하였으며, Huynh et al.(2014)의 연구에서 발효과정은 미생물의 효소 분해작용에 의하여 고분자물질이 저분자물질로 분해되어 펩티드의 함유 증가가 보고된다. 이러한 이유로 본 연구에 사용된 꽃송이버섯 발효액은 발효과정 중에 꽃송이버섯에 다량 함유된 단백질이 손상모발에 흡착이 용이하도록 저분자화 되어 펌의 효율을 증가시킨 결과로 사료된다. 또한 Istrate (2013)의 연구에서 낮은 pH에서는 섬유의 α-나선 구조가 안정적으로 변화된다고 보고하였으므로 기존의 펌 제는 변화를 주지 않고 추가적으로 pH를 낮게 조절하였을 때 펌의 웨이브 효율이 증가될 수 있다는 가능성이 확인된다. 그러므로 본 연구에 사용된 SPF는 발효과정에서 펩티드의 저분자화로 흡착이 용이할 뿐만 아니라 pH가 (발효초기 pH 6.0, 발효 후 pH 3.24)낮게 변화되어 기존의 산화제에 (pH 3.71～pH 5.4) 추가하거나 단독으로 사용할 시 모발에 잔류된 환원제의 알칼리제 중화작용과 더불어 펌의 직선 회복율을 낮아지게 하여 웨이브의 풀림 감소가 확인되었다. 결과적으로 항산화능이 높고, 낮은 pH의 SPF의 처리는 펌의 효율을 증대시켰다. 펌 과정은 짧은 시간 시술에서도 α-나선구조가 약간 감소된다. 이러한 이유는 불완전한 산화가 원인으로 미세섬유의 감소로 나타난다고 보고되어 높은 펌의 효율은 모발의 α-나선 구조를 보다 안정적으로 변화시킬 가능성이 있다(Nishikawa et al., 1998).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 27. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by fermented *Sparassis latifolia*

samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
Con	20	20	20	20	-	-	-	-
F1	20	19.4	19.7	19.6	3^{d} (-)	1.6^{ab} (+)	1.0^{ab} (+)	2.5^{bc} (-)
F3	20	19	19.8	19.8	5^{d} (-)	4.2^{ab} (+)	4.2^{bcd} (+)	1.0^{bc} (-)
FM1	20	18.4	19.4	19.3	8^{b} (-)	5.4^{b} (+)	4.9^{cd} (+)	3.5^{ab} (-)
FM2	20	17.5	18.2	18.8	12.5^{c} (-)	5.4^{ab} (+)	2.7^{d} (+)	6.0^{a} (-)
FM3	20	19	19.6	19.5	5^{d} (-)	3.2^{ab} (+)	2.6^{abc} (+)	2.5^{bc} (-)

(-): length decrease, (+): length increase. L_o: length of initial measurement, L_1: length of after measurement in perm formation, L_2: after 24 h measurement, L_3: after 4 week measurement, S: Initial shrinkage, S_c: after 24 h shrinkage or increase, S_p: after 4 week shrinkage or increase. S_d: straightness degree of after 4 week in L_0 and L_3. SPF: fermented *Sparassis latifolia* solution. Con: Virgin hair, F1: treated with H_2O_2 oxidizer, F3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer, FM1: treated with H_2O_2 oxidizer + SPF, FM2: treated with SPF, FM3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer + SPF. Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 51. Perm images of fermented *Sparassis latifolia*. SPF: fermented *Sparassis latifolia* solution. Con: Virgin hair, F1: treated with H_2O_2 oxidizer, F3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer, FM1: treated with H_2O_2 oxidizer + SPF, FM2: treated with SPF, FM3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer + SPF.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 모발 굵기 측정

꽃송이버섯 발효액을 산화제로 처리한 모발의 손상정도에 미치는 영향을 측정하기 위하여 모발의 굵기를 측정하여 결과 값을 나타냈다. (Table 28). 펌 처리된 모발의 굵기는 FM2〉 FM3 〉 F1 ≒ FM1 〉 F3 로 측정되었다. 측정 결과에 의하여 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)의 굵기는 기존의 과산화수소 산화제 처리모발(F1)에 비하여 5.45% 증가, 브롬산나트륨 처리모발(F3)에 비하여 16% 증가된 값을 나타내었다. 이러한 결과는 Kwon et al.(2013)의 선행연구에서 지렁이 자가분해물의 단백질을 펌 과정에 처리하여 모발의 굵기가 증가하여 모발손상 방지효과를 확인하였다는 결과와 유사하였으며, 수용성단백질을 처리한 펌 시술결과 모발의 굵기가 증가 되었다는 결과와 유사하였다(이 & 함, 2014). 펌 시술의 반복은 모발의 굵기를 얇게 만드는 원인으로 이 et al.(2010) 등의 보고에 의하면 모발은 정상모발에 비하여 굵기가 가늘어진다. 이러한 이유는 펌 처리과정에서 모피질의 간충물질 유실로 인하여 모발의 굵기가 감소된 결과라 할 수 있다(Robbins, 2012). 특히 과산화수소는 멜라닌을 분해하고 손상을 가중시킨다(김 et al., 2005). 그러나 펌 과정에서 단백질 함유 물질의 첨가는 모발의 굵기를 증가시킬 수 있다. 이러한 이유는 꽃송이버섯은 유산균을 접종하여 발효하는 과정에서 미생물 효소에 의하여 꽃송이버섯의 고분자물질을 저분자로 분해한 펩티드 등의 흡수를 용이하게 하므로(Huynh et al., 2014) 결과적으로 펌 과정에서 모발의 굵기가 증가하여 손상 감소 효과가 확인된다고 할 수 있다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 28. The thickness change of perm treated hair by fermented *Sparassis latifolia*

Samples	Con	F1	F3	FM1	FM2	FM3
Aver(mm)	0.066	0.055	0.05	0.055	0.058	0.057
Stdev	±0.005	±0.008	±0.008	±0.005	±0.01	±0.005
Decrease rate(%)	-	-16.67	-24.24	-16.67	-12.12	-13.64

SPF: fermented *Sparassis latifolia* solution. Con: Virgin hair, F1: treated with H_2O_2 oxidizer, F3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer, FM1: treated with H_2O_2 oxidizer + SPF, FM2: treated with SPF, FM3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer + SPF. Mean±SD (n=10). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 인장 특성

인장강도는 응력 변형곡선의 가장 높은 값으로 섬유의 세기를 나타내는 힘으로 재료가 절단되도록 끌어당겼을 때 견뎌내는 최대 하중을 재료의 단면적으로 나눈 값을 말한다. Stress at maximum (Mpa)은 모발에 하중을 가했을 때 최대로 연장되어 끊기기 직전까지의 견딜 수 있는 능력으로 최대 응력(stress)을 말하는 인장강도 값으로 모발의 단면적, 두께의 차이에 의해서도 영향을 받는다. 인장신도는 최초 측정기준 길이에서 측정기준 길이의 변화를 나타낸다(Hatch, 1993). Percentage strain at maximum (%)은 모발의 인장신도를 나타낸 값으로 연신(strain)의 비가 일정하게 비례하는 구간의 기울기를 탄성계수 영률로 나타낸다. Young's module은 모발의 세로 신장 탄성을 단위면적당 stress와 변형 사이의 관계를 정의한 것으로 고체물질의 강성의 척도이다. 꽃송이버섯 발효액을 처리한 펌 모발의 인장강도 측정 결과는 Table 29에 나타내었다.

1. 모발의 인장강도는 Stress at maximum (Mpa) 측정에서 F3 〉 F1 〉 FM3 〉 FM2 〉 FM1 으로 기존의 브롬산나트륨 산화제 처리 모발(F3)이 가장 증가를 나타내었고 과산화수소에 SPF를 첨가한 모발(FM1)이 가장 감소를 나타내었다.
2. 인장신도 측정은 Percentage strain at maximum의 결과 FM2 〉 F3 〉 FM3〉 FM1 〉F1으로 꽃송이버섯을 단독으로 처리한 모발(FM2)이 가장 증가된 탄성을 나타내었으며, 과산화수소 산화제 처리모발(F1)의 탄성이 가장 낮게 나타났다.
3. 모발의 강성 척도를 측정한 Young's module 결과 F3 〉 FM3 〉 FM1 〉 F1 〉 FM2으로 브롬산나트륨 처리 모발(F3)의 값이 가장 높고 꽃송이버섯 발효액일 단독으로 처리한 모발(FM2)의 값이 가장 낮게 나타나므로 Stress at maximum의 결과와 유사하였다.

모발은 손상이 가중될수록 인장강도가 저하되고 건강한 모발일수록 강도가 증가한다(Oh et al., 2007). 하 & 고(2012)는 천연물로 항산화능이 높은 시료를 첨가한 펌 제로 시술된 모발이 인장강도와 인장신도에서 높은 값을 나타내어

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

모발의 손상이 낮은 것으로 보고되었다. 이 & 함(2014)은 펌 제에 히알루론산과 글리세린을 첨가하여 시술하고 모발의 손상 정도에 미치는 영향을 비교 분석한 결과 모발의 굵기, 인장강도, 수분측정, 다공성의 관찰에서 낮은 손상 정도를 확인하였다. 그러나 본 연구에서는 과산화수소 산화제에 비하여 브롬산나트륨을 처리한 산화제의 인장강도가 증가되었으며, 꽃송이버섯 발효액을 처리한 모발은 기존의 과산화수소에 첨가하거나 단독으로 사용할 시 인장강도가 낮아졌다. 이러한 결과는 과산화수소 처리모발이 산화과정에서 모발을 약화시킨 것으로 확인된다. 그러나 SPF를 브롬산나트륨에 추가하여 사용할 시 인장강도와 인장신도가 증가하였다.

발효액은 항산화활성 뿐만 아니라 고분자 물질을 저분자화 시켜 흡수를 용이하게 하며, 낮은 pH와 폴리페놀의 증가와 함께 새로운 화합물을 생성한다. 이러한 결과는 모발 내부로 꽃송이버섯 발효액은 화합물의 흡수력을 향상시키고 낮은 pH의 조건을 조성하여 모발 단백질을 안정화 할 수 있기 때문이다. 인장강도의 증가는 산화과정에서 모발내부의 결합력을 증가시킨다고 확인된다. 모발의 케라틴이 산화과정에서 이황화결합의 형성에 유리한 특정조건은 저분자화 및 인위적으로 유도된 가교의 위치로 보고된다. 이러한 이황화결합의 형성에 더 유리한 매개변수는 시스테인 잔기가 근접한 축 방향의 위치에서 발생하는 반데르발스의 힘의 인력이 분자들 사이에서 작용하기 때문이다(Bruce Fraser & Parry, 2012). 이러한 이유로 꽃송이버섯 발효액은 모발의 강도 측면에서 브롬산류의 산화제에 추가적으로 사용할 필요가 있다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 29. Mechanical properties of perm treated hair by fermented *Sparassis latifolia*

Samples	Con	F1	F3	FM1	FM2	FM3
Stress at maximum (Mpa)	59,537 ±4491	55,369 ±7584	56,524 ±5709	47,621 ±7408	50,178 ±9604	52,131 ±8315
Percentage strain at maximum (%)	25.87±2.367	22.99 ±2.773	25.25 ±2.128	23.36 ±2.410	26.71 ±5.064	24.94 ±2.798
Young's module	3841400± 351164	4196738± 554214	5642538 ±4068775	5387200±5529943	3558575 ±356760	5493738±4828232

SPF: fermented *Sparassis latifolia* solution. Con: Virgin hair, F1: treated with H_2O_2 oxidizer, F3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer, FM1: treated with H_2O_2 oxidizer + SPF, FM2: treated with SPF, FM3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer + SPF. Mean±SD (n=8). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 전자현미경 관찰

꽃송이버섯 발효액 처리 모발의 손상정도를 형태학적으로 관찰하기 위하여 주사전자현미경을 이용하여 모발의 표면을 ×2,000배율로 촬영하였다. (Fig. 52). 펌 처리모발은 대조군에 비하여 모표피 문리의 마모가 관찰되고 들뜸 현상이 발생되었다. 특히 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)은 과산화수소에 꽃송이버섯 발효액을 첨가한(FM1) 모발과 브롬산나트륨에 꽃송이버섯 발효액을 첨가하여 처리한 모발(FM3)에 비하여 모표피의 들뜸 현상이 심하였다. 뿐만 아니라 과산화수소 처리모발(F1)과 브롬산나트륨 처리모발(F3) 또한 모표피의 들뜸 현상이 부분적으로 확인되었다. 그러나 과산화수소에 꽃송이버섯 발효액을 첨가하여 처리한 모발(FM1)은 모표피가 느슨해진 현상은 관찰되었지만 들뜸 현상이 확인되지 않아 모표피가 안정적으로 보였다. 선행연구에서 펌 제에 항산화능이 높은 편백 정유를 첨가한 용액으로 시술된 모발은 모표피의 구멍이 적게 관찰되고 문리가 안정적으로 확인되었다 이러한 이유는 펌 과정 중의 산화작용에 있어서 과산화반응에 의한 모발의 손상을 항산화제가 완화시키고 정유가 모발 구성성분의 유출을 방지하는 역할을 한다고 하였다(하 & 고, 2012). 민 et al.(2016)은 화학적 시술은 모표피의 세포를 느슨하게 해주므로 단백질과 오일 등이 모표피의 손상을 줄일 수 있다고 하였다. 이러한 결과는 펌 시술 시 모표피 세포 사이를 연결하고 있는 세포막복합체(cell membrane complex, CMC)분리에 의해서 생긴 틈으로 펌 제가 침투되면서 동시에 첨가물질이 모발 내부구조의 단백질 유실을 예방하여 모발 조직의 손상을 줄일 수 있는 것으로 기존의 산화제를 단독으로 사용하는 것 보다 항산화능이 있거나 단백질, 오일이 함유된 재료의 첨가는 펌 과정에서 모표피의 탈락이나 박리현상을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

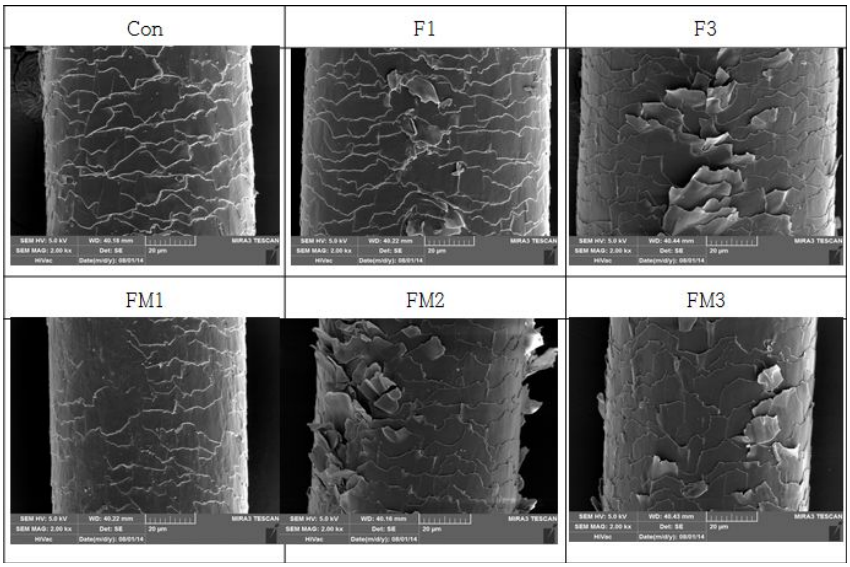


Fig. 52. SEM images of the hair cuticle with treated fermented *Sparassis latifolia.* SPF: fermented *Sparassis latifolia* solution. Con: Virgin hair, F1: treated with H_2O_2 oxidizer, F3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer, FM1: treated with H_2O_2 oxidizer + SPF, FM2: treated with SPF, FM3: treated with $NaBrO_3$ oxidizer + SPF.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

6. 통계처리

본 실험으로 얻은 연구 결과의 통계분석는 제 2장 1절과 동일하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 고찰

꽃송이버섯을 유산균에 접종한 발효액을 펌 처리과정에 이용하여 웨이브 효율과 모발 손상방지 효과를 확인하였다. 꽃송이버섯 발효액는 펌 2제인 전통적인 과산화수소 함유산화제에 추가하거나 브롬산나트륨 산화제에 추가 또는 단독으로 적용하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 꽃송이버섯에 4종의 유산균 균주를 접종시킨 발효물의 항산화능 측정 결과 *L. helveticus* (KCTC 3545) 균주로 접종하여 발효시킨 시료는 DPPH radical scavenging activity에서 항산화활성이 가장 높은 것으로 확인되었으며, ABTS radical scavenging activity 결과와 일치하였으며, IC_{50}값은 각각 5.14 mg/ml, 21.70 mg/ml이었다. SOD radical 소거능을 확인한 결과에서도 SOD가 높은 것으로 확인되었으며, 발효액의 IC_{50}은 0.73 mg/ml으로 항산화 활성이 높게 측정되었다. Hydroxyl Radical 소거효과 측정에서도 같은 결과로 IC_{50}값은 0.3 mg/ml 이었다. 또한 2차 발효물의 폴리페놀 함유량도 매우 높은 함유량을 나타내어 모발의 펌 제에 적용하였다.
2. 꽃송이버섯 발효액의 단백질분해효소 활성은 발효액 농도범위 20 mg/ml과 50 mg/ml에서 측정하였다. SAP법으로 20 mg/ml 농도에서 118.03 unit/min, HUT법으로 20 mg/ml 농도에서 109.11 unit/min, Plant법 20 mg/ml농도에서 144.57 unit/min로 활성이 확인되었다. SAP법 50 mg/ml 농도에서는 195.50 unit/min, HUT법 50 mg/ml 농도에서는 160.36 unit/min, Plant법 50 mg/ml 농도에서는 192.36 unit/min로 꽃송이버섯의 효소활성이 확인되었다.
3. 펌 효율 측정을 위한 웨이브 형성율은 모발의 길이 수축률(S)로 산출하였다. FM2는 −12.2% 수축하여 가장 높은 웨이브 형성율을 나타내었으며, F1이 −3% 수축하여 가장 낮은 웨이브 형성율을 얻었다. 24시간 후 펌 유지율(Sc)은 FM1과 FM2는 +5.4% 길이가 증가하여 형성된 웨이브의 풀림현상으로 가장 증가하였고, F1은 +1.6% 길이증가로 형성된 웨이브의 풀림현상이 낮아 가장 높은 유지율을 나타내었다. 4주 후의 펌 유지율(Sp)은 FM1이 +4.9% 길이 증가로 형성된 웨이브의 풀림현상도 증가하여 가장 낮은 유지율을 나타내었고, F1은 +1% 길이의 웨이브 풀림현상이 확인

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

되어 가장 높은 유지율을 나타내었다. 그러나 최종적으로 초기의 펌 형성 전 모발 길이로 회복될 가능성을 비교한 직선 회복율(Sd)은 브롬산나트륨 처리모발(F3)이 초기 펌 형성 길이에 비하여 −1%로 직선 회복율을 나타내었고, 꽃송이버섯 발효액 단독 처리모발(FM2)은 −6%로 가장 낮은 직선 회복율을 나타내어 높은 펌의 효율이 확인되었다.

4. 모발 굵기 측정에서 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)이 0.058mm로 정상모발 0.065mm에 비하여 −10.77%의 낮은 굵기 감소율을 나타내었다. 그러나 기존의 산화제 처리모발은 −13.85%~23.08%의 높은 감소율을 나타내었다.
5. 인장강도 특성 결과 브롬산나트륨 처리 모발(F3)은 56,524±570 Mpa, 강성을 나타내는 Young's module은 5642538±4068775로 가장 증가된 값을 나타내어 유사한 결과를 얻었다. 그러나 인장신도는 꽃송이버섯 발효액을 단독으로 처리한 모발(FM2)이 26.71±5.064로 가장 높게 확인되었다.
6. 전자현미경 관찰 결과 과산화수소에 꽃송이버섯 발효액을 처리한(FM1) 모발이 가장 모표피가 안정적으로 확인되었다.

이상의 결과를 종합하면, 항상화 측정에서 매우 우수한 꽃송이버섯 발효물 꽃송이버섯 발효액은 모발의 펌 과정에서 산화제에 적용하여 펌의 효율과 손상방지를 평가한 결과, 모발의 길이 수축율이 높게 확인되어 펌 형성율이 높고, 직선으로의 회복율이 낮아 웨이브의 풀림현상이 감소되어 높은 펌의 효율이 확인되었다. 펌 과정 중의 손상방지 평가를 측정한 모발의 굵기 측정과 전자현미경을 이용한 모표피 관찰에서는 긍정적인 결과를 나타내었으나 인장강도 측정결과에서는 브롬산나트륨 처리모발이 높은 결과를 얻었고, 꽃송이버섯 발효액 처리 모발은 인장신도가 높게 확인되었다. 이러한 이유로 본 연구에 사용된 꽃송이버섯 발효액 꽃송이버섯 발효액은 펌을 위한 산화제의 적용에 잠재적인 효과가 있는 것으로 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 장 생화학 완충제의 적용

Ⅰ. 서론

완충제(buffer)는 반응 혼합물의 pH를 조절하는데 사용하는 물질로 완충용액(buffer solution)이라 한다. 만약 완충용액이 없는 용액은 약간의 산이나 염기에 의해서도 pH가 높아지거나 낮아지지만 완충작용이 있는 용액은 강산이나 강염기를 소량 또는 적당량을 첨가하였을 때 pH의 변화를 견뎌내는 경향이 있다. 이러한 완충용액은 약산과 그 짝염기의 혼합물로 구성된다. 완충제는 화학적 분야, 분자생물학적 실험방법에서 매우 유용한 물질이지만 인간의 신진대사 및 항상성 유지를 위한 pH 조절제로도 매우 중요한 구실을 한다. 또한 신체 혈액의 pH가 일정하게 유지되는 이유도 혈액의 완충작용 때문이다. 이러한 완충제는 유기체의 성장과 생육에 관계되며, 조직의 세포 체액에서 완충제는 산과 염기의 균형을 조절한다. 완충제의 사용 범위는 세포의 배양에서 대사산물로 인해 발생되는 pH의 변화를 줄이기 위해 사용되고, 의료용으로 주사액, 생리식염수가 있으며, 수영장의 pH를 유지하여 박테리아 성장억제를 위해서도 사용되며, 종균의 증식이나 효소 반응의 수행에서 일정한 pH를 유지하기 위해서도 사용된다. 따라서 완충제는 살아있는 생명체의 시스템으로 많은 생화학 실험과 세포 배양의 방법에서 사용되어 왔다(Mohan, 2003).

지금까지 펌 용액의 산화제에 사용 된 제품은 브롬산염, 요오드, 붕산염, 산성 과산화수소, 모노 퍼 설페이트, 그리고 한때는 공기산화 또는 금속촉매 공기산화도 있었다. (Robbins, 2012). 시판된 브롬산 염류인 제품으로는 브롬산칼륨($KBrO_3$), 브롬산나트륨($NaBrO_3$)이 있다. 브롬산칼륨은 물에 용해가 어렵고 침전 등의 불편함으로 인하여 거의 사용되지 않고 있으며, 지금은 브론산나트륨이 함유된 산화제가 사용되고 있으나 모발을 뻣뻣하게 할 수 있다. 현재 산화제의 사용실태는 과산화수소와 브롬산나트륨 함유 산화제가 74.2%로 주류를 차지한다(김 et al., 2014). 이러한 브롬산염은 무색, 무취, 무미의 특징을 가진 무기염이다(이 et al., 1998).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

산화제는 화학식에서 나타나듯이 산소가 풍부하게 방출되는 구조를 지닌다. 과산화수소 함유 산화제는 반응의 속도가 빠르고 반응 후 물로 분해되기 때문에 사용이 증가하고 있다. 그러나 모발을 약하게 하는 원인과 탈색이 이루어지고 있으므로 주로 건강모발에 사용되고 있다. 따라서 전통적인 일반 콜드 펌이나 손상모 중심의 펌에서는 과산화수소 산화제에 비하여 브롬산계열의 산화제 선호도가 더 높다고 할 수 있다(김 et al., 2014).

그동안 선행연구에서 펌제의 산화제 연구는 피부 자극과 접촉성 피부염(Gottlöber et al., 2001), 산화제 사용으로 인한 직업성 피부염(김 et al., 1998 ; 박, 2006), 산화제의 사용시간, 온도, 시술방법에 의한 모발의 손상(김 & 전, 2005), 산화제 복용중독(이 et al., 1998), 미용업종사자들의 피부, 호흡기 및 근골격계 자각증상에 관한 유병률(강 et al., 1999) 등의 연구가 다양하게 보고되었다. 결과적으로 이러한 연구들은 산화제의 부작용과 단점을 나타내고 있다. 기존의 산화제는 모발 염색제와 펌 환원제로 사용되는 치오글리콜산과 마찬가지로 피부 부작용을 일으키는 원인 물질의 하나로 인식되어 그에 대한 대처 방법으로 헤어미용사들은 폴리글러브를 착용하여 시술하여 왔다(김 et al., 2014). 과산화수소는 펌제, 탈색제, 염색제의 산화제로 사용되고 있으며 반응의 속도가 신속하여 손상모 보다는 건강모에 주로 사용되고 있다. 그러나 과산화수소에 의한 탈모가 보고되었으며(Seo et al., 2012), 직업성 피부염의 주원인으로 인식되고 있다(김 et al., 1998). 브롬산류 산화제는 피부 접촉에 대한 부작용이 과산화수소 산화제에 비하여 인식은 낮게 나타나지만 섭취 시에는 신장 기능장해, 췌장염, 청력의 소실을 나타낸다고 보고되었다(이 et al, 19980). 그러나 지금까지의 산화제를 대체할 수 있는 적용의 연구는 부족한 실정이다. 특히 펌 웨이브는 미용실에서 고소득으로 인식된다. 그동안 2000년~2014년 사이에 발표된 펌에 대한 연구주제는 모발손상과 펌 효율 관련연구가 48.7%, 펌 기구와 펌 용제에 관련된 연구는 28.2%로 보고된다(김, 2014). 이러한 이유는 펌으로 인한 모발손상과 펌 효율에 대하여 관심의 비중이 높고 새로운 펌 기구와 펌 용제의 개발이 절실하기 때문으로 사료된다.

그러므로 본 연구는 전통적인 산화제 이외에 완충제를 기존 산화제의 대체용액으로 적용하고자 한다. 따라서 전통적인 산화제와 완충제를 펌 시술에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

적용하여 펌 효율과 손상도를 비교 평가하여 산화제 제품 개발에 활용할 수 있는 가능성을 확인하고자 하였다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1. 1. 시료 모발

모발은 인도 산 휴먼헤어 어두운 갈색 피스 약 18cm(17.97 ± 0.29 ~ 18.02 ± 0.29)로 커트하여 상단부를 실리콘으로 고정하여 사용하였다. 시료 모발의 사전 처리과정은 제2장 1절 Alcalase 펌 과정과 동일하다.

1. 2. 완충제 제조

1. 2. 1. 글리신 완충제 제조

글리신 완충제는 0.2M Glycin ($C_2H_5NO_2$ $HO_2CCH_2NH_2$, Sigma Aidrich)에 0.2M NaOH로 pH 9.2로 조정하여 4℃로 냉장 보관하여 사용하였다.

1. 2. 2. 보레이트 완충제 제조

보레이트 완충제는 0.05 mol/L Borax Anhydrous ($Na_2B_4O_7$, Sigma Aidrich)에 0.1 mol/L HCl을 첨가하여 pH 9.2로 조정한 다음 981 ml를 1ℓ volum flask에 옮기고 DW로 1L가 되도록 조정하였다.

1. 3. 펌 시술 방법

펌 시술은 열 펌 공정에 의하여 시술하였으며, 공정의 내용은 제2장1절 Alcalase 펌 공정과 동일하다. 환원제는 Thioglycolate Ammonium (C2H7NO2S)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

을 함유한 열 펌 전용 CREATE Co의 제품의 pH 9.32를 사용하여 모발에 도포 후 연화하였으며, 산화제 과정은 모두 6 종류를 처리하였다.

1. 4. 펌 시술모발의 분류

생물학적 완충제을 산화제로 적용하여 펌 시술된 모발의 분류는 Table 30에 표기하였다. 산화제의 처리 온도는 F1, F2, F3, F4는 기존 제품의 사용방법에 따라서 상온에서 처리하였으며, F5, F6는 제2장1절 Alcalase 펌 과정과 동일하게 50℃에서 처리하였다. 그 외의 환원제 처리과정는 제2장1절 Alcalase 펌 과정과 동일하다.

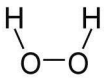
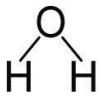
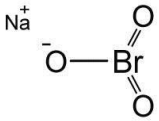
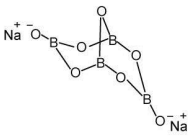
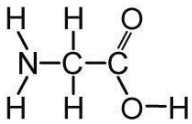
Table 30. Classification list of applied to buffer oxidation.

Name	Explain
V	Control virgin hair
F1	Oxidizing process treated by hydrogen peroxide (H_2O_2, pH ±3.5, Fine Cosmetics Co, Korer)
F2	Treated by distilled water(DW, pH 6.8)
F3	Oxidizing process treated by sodium bromate ($NaBrO_3$, pH 5.0, Create. co)
F4	Oxidizing process treated by sodium bromate ($NaBrO_3$, pH 4.5, Amoshair. co)
F5	Oxidizing process treated by borax buffer solution (pH 9.2, Sigma)
F6	Oxidizing process treated by glycin buffer solution (pH 9.2, Sigma)

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 31. Applied solutions used in this study

Conventionnal solution		Applied solution	
Hydrogen peroxide (H_2O_2)		Distilled water (H_2O)	
Sodium bromide ($NaBrO_3$)		Borax Anhydrous ($Na_2B_4O_7$)	
		Glycine ($C_2H_5No_2$)	

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 실험 방법

2. 1. 펌 효율 측정(수축률, 유지율, 직선회복율)

펌 효율 측정은 제2장1절 Alcalase 펌 과정의 측정 방법과 동일하다.

2. 2. 모발 굵기 측정

제 3장 꽃송이버섯 발효펌 처리의 측정 방법과 동일하다. 모발시료는 세척 후 건조하여 18가닥을 DM으로 측정 후 평균값과 표준편차를 구하였으며, 측정지점은 퍼머넌트가 완료된 모근부에서부터 5㎝ 지점 사이로 하였다.

2. 3. 인장 특성

모발의 인장특성 측정방법은 제 3장 꽃송이버섯 발효펌 처리의 측정 방법과 동일하다.

2. 4. 다공성 측정

메칠렌블루를 이용한 모발 손상도 측정은 제2장1절 Alcalase 펌 과정의 측정 방법과 동일하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅲ. 실험 결과

1. 펌 효율 측정

효소를 포함하지 않은 완충제 단독 처리의 펌 효율을 알아보기 위하여 2종류의 pH 9.2 보레이트 완충제와 글리신 완충제를 펌 산화제 과정에서 처리하였다(Fig. 54). 펌 효율은 160℃ 열 펌에서 pH가 낮은(pH 3.2~5.0) 3종의 기존 제품 산화제 및 중성의 증류수(pH 6.8)와 비교하였다. 초기 웨이브 형성정도를 알 수 있는 수축율(S)은 펌 전의 모발과 펌 직 후의 모발 길이를 비교하였다(Table 32 & Fig. 53).

S는 F2 〉 F5 〉 F1 〉 F4 〉 F3 〉 F6로 보레이트 완충제(F5)는 (-) 19.15% 수축하여 기존의 과산화수소 및 브롬산 염류의 산화제 보다는 13.7% ~ 4.79% 높은 수축율을 보였으나 증류수를 이용한 모발에 비하여는 12.86% 낮은 수축율을 나타냈다. 그러나 글리신 완충제(F6)는 실험대상 산화제 중에서 가장 낮은 수축율을 나타내었다.

유지율 Sc는 펌 형성 24시간 경과 후 샴푸된 모발길이의 증가 현상을 측정하였다. Sc 측정에서 길이 증가가 낮아 풀림 현상 또한 낮게 나타나는 순서는 F1 〉 F3 〉 F6 〉 F4 〉 F5 〉 F2로 기존제품 과산화수소 함유 산화제(F1) 모발이 3.90%로 가장 낮아 유지율이 높게 측정되었으며, 증류수를 이용한 모발(F2)은 32.82% 증가하여 가장 낮은 유지율이 측정되었다.

유지율 Sp는 펌 형성 48시간 경과 후까지의 샴푸된 모발길이의 증가 현상을 측정하였다. Sp 측정에서 길이 증가가 낮아 풀림 현상 또한 낮게 나타나는 순서는 F3 〉 F5 〉 F4 〉 F1〉 F6 〉 F2로 기존 제품 브롬산나트륨 산화제(F3)가 3.15%로 가장 낮은 길이증가를 나타내어 48시간 동안의 유지율이 높았으며, 증류수를 이용한 모발(F2)이 가장 높은 길이증가를 나타내어 48시간 동안의 유지율은 낮았다.

초기상태 펌 전의 길이와 48시간 경과 후의 길이를 비교하여 펌 형성된 모발이 초기 직선 상태로의 회복율(Sd)이 낮은 순서는 F2 〉 F5 〉 F3 〉 F1〉 F6 〉 F4로 증류수를 이용한 모발(F2)이 가장 높게 수축된 (-) 19.61% 결과를

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나타내었고, 기존의 브롬산나트륨류(F4)가 (-) 5.38%의 가장 낮은 수축 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 기존제품 3종의 산화제 중에서 과산화수소 산화제 pH 3.5는 초기 웨이브 형성율은 낮으나 컬의 풀림현상이 낮으므로 유지율에서 높은 결과를 나타내었고, 브롬산나트륨의 산화제 pH 5.0과 pH 4.5는 각각 컬의 풀림현상이 높아 유지율에서 낮은 결과를 나타내었다. pH 6.8 증류수를 처리한 모발은 초기 길이 수축률이 낮게 감소되어 펌 형성율이 높고 직선 회복율이 감소되어 지속율을 높일 수 있었다. 실험용액 보레이트 완충제는 초기 수축율과 직선 회복률 평가에서 기존제품 산화제에 비하여 높은 결과를 얻었으며 글리신 완충제는 초기 펌 형성율이 낮았으나 풀림현상은 증류수에 비하여 낮은 결과를 나타내었다. 따라서 보레이트 완충제의 펌 효율이 증류수에 비하여 낮지만 기존제품의 산화제보다는 높다고 확인되었다.

일반적으로 높은 pH와 열의 영향은 모발의 손상을 일으킨다고 알려져 있으며, 단백질의 비결정영역의 폴딩과도 관련된다. 따라서 젖은 상태에서 높은 pH와 열은 섬유의 구조를 변화시키고 상대적으로 소형의 구조는 보다 유연하고 무질서한 폴리펩타이드 사슬을 이루게 된다. 단백질은 알칼리 조건하에서 가열처리에 의해 나타나는 아미노산의 일종인 라이시노알라닌(lysinoalanine)단백질이 시스틴(Cystin)잔기에서 생성하는 dehydroalanin 잔기에 Lysin 잔기의 ε-아미노기 부가반응에 의해 생성되며 단백질 분자의 가교를 형성한다(Istrate et al., 2013). 이러한 이유로 pH 9.2 보레이트 완충제와 글리신 완충제를 50℃에서 30분 동안 처리하는 과정에서 케라틴의 수용성 단백질의 열변성 결과는 섬유의 구조가 변화되고 케라틴의 상호링크에 의하여 컬의 형성력이 증가된다고 사료된다. 따라서 기존제품의 산화제보다 펌 효율이 높은 완충제의 적용은 고려할 만한 펌 제라고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 32. Wave forming, maintenance ability and straightness degree of hair waving by 6 type solution

samples	Length (㎝)				Shrinkage (%)			
	L_O	L_1	L_2	L_3	S	S_C	S_P	S_d
F1	17.98 ±0.27	15.4 ±0.68	16 ±0.56	17 ±0.26	14.35^{c} (-)	3.90^{a} (+)	10.39^{bc} (+)	5.45^{c} (-)
F2	18 ±0.26	12.22 ±0.31	16.23 ±0.34	14.47 ±0.15	32^{a} (-)	32.82^{d} (+)	18.41^{d} (+)	19.61^{a} (-)
F3	18.02 ±0.21	16.5 ±0.23	17.18 ±0.37	17.02 ±0.33	8.44^{d} (-)	4.12^{a} (+)	3.15^{a} (+)	5.55^{c} (-)
F4	18.02 ±0.29	15.53 ±0.42	17.2 ±0.4	17.05 ±0.36	13.82^{d} (-)	10.75^{b} (+)	9.79^{b} (+)	5.38^{c} (-)
F5	17.97 ±0.33	14.53 ±0.10	17.28 ±0.17	15.93 ±0.18	19.14^{b} (-)	18.93^{c} (+)	9.64^{b} (+)	11.35^{b} (-)
F6	18 ±0.23	15.03 ±0.16	15.92 ±0.48	17.02 ±0.12	5.44^{bc} (-)	5.92^{a} (+)	13.24^{c} (+)	5.44^{c} (-)

L_O: Untreated hair length, L_1: The hair after permanent, L_2: After 24 h, L_3: After 48 hours, S: Formative rate, S_c: maintenance rate of the after 24 h, S_p: maintenance rate of the 48 h. Treated by F1: H_2O_2 (pH ±3.5), F2: DW (pH 6.8), F3: $NaBrO_3$ (pH 5.0), F4: borax buffer solution (pH 9.2), F5: glycin buffer solution (pH 9.2). Mean±SD (n=6). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig 53. Comparison of images of the heating perm wave styles by 6 type solution. Treated by F1: H_2O_2 (pH ±3.5), F2: DW (pH 6.8), F3: $NaBrO_3$ (pH 5.0), F4: borax buffer solution (pH 9.2), F5: glycin buffer solution (pH 9.2).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 모발 굵기 측정

모발의 굵기를 측정한 결과 정상모발인 대조군에 비하여 각각의 실험용액을 처리한 시료모발의 굵기 감소율은 F1 (23.64%) 〉 F5 (7.27%) 〉 F2 (5.45%) ≒ F3 (5.45%) ≒ F4 (5.45%) 〉 F6 (3.64%)의 감소율을 나타냈다(Table 33 & Fig. 56). 펌 제 또는 염모제 같은 알칼리제는 모발의 굵기를 얇게 만드는 원인으로 모발은 정상모발에 비하여 퍼머넌트 시술 후 굵기가 가늘어지며 이러한 이유는 모표피와 모피질의 손상도가 커지기 때문이다(이 & 조, 2010). 펌의 환원공정은 pH가 9.0보다 높은 알칼리성 물질을 포함하여 팽윤을 한다. 이러한 과정에서 모발 표피세포와 표피세포, 표피세포와 피질세포, 표피와 피질의 세포간 시멘트 역할을 담당하는 물질인 세포막복합체(Cel membrane complex)가 펌 절차에 의하여 파열된다. 산화공정은 이황화결합을 복구시키고 세포막복합체의 파열을 복구시킨다고 알려졌다. 환원공정에서 팽창된 모발은 모발의 가교 밀도가 낮아지므로 산화공정에서 첨가된 펩타이드 및 오일 등의 침투와 확산을 보다 용이하게 하고 결과적으로 색상과 광택을 향상시키고 손상을 감소한다고 보고되었다. 특히 열은 이러한 제품의 침투와 확산을 증가시키므로 적절히 이용된다(Dias, 2015). 그러나 과산화물은 옥시 라디칼 형성을 유발한다. 이러한 변화는 일반적으로 자외선에 의한 것으로 보고된다. 지금까지 수퍼옥사이드(superoxide)는 양모의 광노화, 강도의 손실, 세포막 복합체 약화의 원인으로 연구되었다. 모발의 산화는 손상을 최소화하기 위하여 통상적으로 첨가제를 사용해 왔다(Lee, 2009). 이러한 이유로 이 & 함(2014)은 펌 시술시 히야루론산 또는 글리세린을 처방한 펌 제의 모발 굵기가 증가 하여 펌 제 또는 산화제에 단백질을 첨가하였을 시 모발의 굵기 등을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 차(2013)는 환원과정과 산화과정 전처리에 글리신과 글리세린이 첨가된 트리트먼트를 제조 사용하여 극손상된 모발을 개선하였다고 보고하였다.

결과적으로 기존제품 3종의 산화제 중에서 과산화수소가 처리된 F1은 모발 굵기가 가장 감소되어 브롬산염류를 사용한 F3과 F4보다 높은 모발 손상을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 미용현장에서 손상모발 보다 건강모발에

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

과산화수소 산화제를 사용하는 이유로 확인된다. 보레이트 완충제 F5는 브롬산류의 산화제 보다는 굵기가 증가하였으나 과산화수소 산화제에 비하여 낮은 굵기를 나타내었다. 그러나 특별하게 글리신 완충제를 처리한 모발 F6은 시료모발 중에서 가장 높은 굵기 값을 나타내므로 글리신 완충제는 모표피와 모피질의 손상도를 낮게 할 수 있는 것으로 확인되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 33. Thickness change of perm-treated hair by 6 type solution

Samples	Treated solution	Ave (mm)	Stdev	Decreaserate (%)
V	virgin hair	0.055	± 0.008	-
F1	H_2O_2 (pH 3.5)	0.042	± 0.007	23.64
F2	D·W (pH 6.8)	0.052	± 0.006	5.45
F3	$NaBrO_3$ (pH 5.0)	0.052	± 0.013	5.45
F4	$NaBrO_3$ (pH 4.5)	0.052	± 0.010	5.45
F5	Borax buffer (pH 9.2)	0.051	± 0.008	7.27
F6	Glycine buffer (pH 9.2)	0.053	± 0.010	3.64

Mean±SD (n=18). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3. 인장 특성

모발은 염색의 산화과정 또는 펌 과정이 반복될수록 손상이 가중되며 인장강도가 저하된다(Robins, 2012). 본 연구에서는 펌 과정에서 2종의 완충제를 이용하여 산화제를 대용 처리한 시료모발의 기계적 특성을 기존제품 3종의 중화제와 물을 처리한 시료를 비교하였다. 각각의 시료는 손상의 정도와 강도를 확인하기 위하여 인장강도 측정을 Table 34와 같이 나타내었다. 측정결과 인장강도는 F6 〉 F5 〉 F4 〉 F2 〉 F1 〉 F3으로 확인됐다. 대조군 (V: 47459±6300 Mpa)에 비하여 실험시료인 보레이트 완충제 (F5: 52243±1066 Mpa)와 글리신 완충제 (F6: 52890±6068 Mpa)를 사용한 모발의 강도가 10.08% ~11.44% 증가하였다. 기존제품 3종의 산화제 F1, F3, F4는 V에 비하여 9.32%~5.18% 강도가 감소하였다. 물을 사용한 시료는 기존의 3종 산화제와 특별한 차이가 없었다. 그러나 보레이트 완충제 시료와 글리신 완충제 시료는 과산화수소를 사용한 시료에 비하여 21.40%~22.90%로 현저하게 증가하였다.

모발의 인장신도는 F6 〉 F5 〉 F3 〉 F2 〉 F4 〉 F1로 나타났다. 모발의 인장신도는 대조군 모발(V)이 가장 낮은 측정값을 나타냈으며, 보레이트 완충제와 글리신 완충제 처리모발의 인장신도는 대조군에 비하여 17.26~17.42% 증가 되었으며, 과산화수소 처리모발(F1)에 비하여 13.97%~14.12% 증가하였다. F2, F3, F4 또한 인장신도가 증가하였으나 인장신도의 비교만으로는 손상을 판단하기 어려웠다. 인장신도의 감소는 모표피와 모피질의 조직력과 세포간의 결합력과도 관계가 있다(Ji, 2015). 선행연구에서 하 & 고(2012)는 펌 과정에서 편백정유를 이용한 모발의 인장강도와 인장신도가 증가하여 모발의 손상도가 낮은 것으로 확인하였으며, 장 et al.(2014)는 황칠나무 잎을 이용하여 펌 과정에서 후처리 트리트먼트를 거친 모발의 인장강도가 가장 높게 측정되어 모발의 손상예방에 효과가 있다고 보고하였다. 조 & 이(2010)는 pH 9 이상의 펌 환원제와 기존의 브롬산염류 산화제를 사용한 모발과 알칼리성 염모제를 기존의 과산화수소 산화제와 각각 처리하여 반복적으로 사용한 결과, 모발은 알칼리에 의해 손상이 증가한다고 보고하였다. 이러한 이유로 알칼리

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제는 쉽게 모발의 팽윤과 연화를 일으켜 약액이 피질내부로 침투하여 화학적 변화를 나타내기 때문이다(장 et al., 2006). 그러나 본 연구에서 알칼리제의 완충제를 적용하여 인장강도가 증가된 결과는 비록 알칼리액 일지라도 손상은 반드시 알칼리액 뿐만 아니라 펌 과정과 염모제에서 처리되는 산화제의 영향으로 손상이 증가될 가능성이 크다고 사료된다. 이러한 이유는 과산화수소 같은 산화제에 의한 노출은 세포막복합체에 영향을 주고 더 부가적인 처리에서 특성이 변화되기 때문이다(Robins, 2012). 결과적으로 본 연구에서 pH가 낮은 과산화수소 함유 산화제 F1의 인장신도가 가장 낮게 측정되어 손상이 확인되었으며, 실험시료인 pH 9.2의 보레이트 완충제와 글리신 완충제는 인장강도와 인장신도가 모두 증가하여 모발의 손상도가 낮은 것으로 확인되었다. 따라서 pH가 높은 알칼리제 완충제를 이용한 펌 처리는 모발손상에 특별하게 영향을 주지 않은 것을 확인할 수 있었다.

Table 34. Mechanical properties of perm treated hair by 6 type solution

Sampls	Treated solution	Stress at maximum (Mpa)	Percentage strain at maximum(%)
V	virgin hair	47459±6300	21.073±1.88
F1	H_2O_2 (pH 3.5)	43035±5376	21.681±8.75
F2	D·W (pH 6.8)	44029±5747	23.564±3.02
F3	$NaBrO_3$ (pH 5.0)	41397±3460	24.365±2.49
F4	$NaBrO_3$ (pH 4.5)	44999±5312	22.969±2.61
F5	Borax buffer (pH 9.2)	52243±1066	24.710±3.08
F6	Glycine buffer (pH 9.2)	52890±6068	24.743±2.65

Mean±SD (n=8). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4. 다공성 측정

펌 처리에 의한 모발의 화학반응중 이황화결합의 감소, 분해, 중화 및 후속 반응은 아황산 또는 환원공정에 의한 섬유의 방향 변경에 대한 논의가 고려되고 있다(Robbins, 2012). 또한 화학적으로 손상된 모발은 케라틴 단백질의 유실로 더 많은 다공성과 흡수성을 증가시킨다(Syed & Ayoub, 2002). 모발의 특성은 다공성과 흡습성이 있으며(Maria et al., 2009), 따라서 헤어의 흡수성을 이용하여 MB (Methylene blue) 용액을 흡수 및 탈착시켜서 모발손상 정도를 측정할 수 있다. MB 용액을 이용한 모발손상도 측정 선행연구에 의하여 모발의 손상정도를 측정 하였다(송 et al., 2006; 이 & 함, 2010; 오 & 최, 2012). MB 염색 후 모발의 조직에 흡수된 MB 용액을 추출하여 흡광도를 측정하는 방법은 모발의 손상정도가 심한 모발일수록 그 값이 비례하여 증가한다고 보고하였다(오 & 최, 2012). 모발은 퍼머넌트 시술 및 알칼리제를 처리하면 손상도 또한 증가 시킨다(이 & 조, 2010). 본 연구에서는 기존제품인 3종의 산화제 대신 보레이트 완충제와 글리신 완충제를 처리하여 모발의 손상도를 확인하기 위해 펌 처리된 모발을 MB 염색하여 그 결과의 값을 나타내고 그래프로 도식화하였다(Fig. 55). MB 염색법을 이용한 모발 손상도 측정 결과 흡광도 값은 F1 (+)19.72% 〉 F4 (+)11.38 % 〉 F5 (+)8.54 % 〉 F2 (+)6.10 % 〉 F3 (+)5.69 % 〉 F6 (-)18.7% 로 과산화수소를 이용한 모발의 흡광도가 가장 높게 측정되어 손상도가 높은 것으로 나타났다(Table 35). 이러한 모발손상 감소의 선행연구는 갯지렁이 단백질 분해물을 이용한 펌 웨이브의 흡광도 값이 낮아 모발의 밀도를 증가시키므로 손상을 방지한다는 연구와 유사하였다(신 & 강, 2013). 또한 트리트먼트제를 사용하여 펌을 시술할 시 모발의 밀도를 증가시킬 수 있다는 결과와 유사하였다(홍, 2008). 결과적으로 과산화수소 함유 산화제 F1 보다 브롬산염류를 사용한 F2와 F3의 모발 손상이 더 감소된 것이 확인되며 실험시료인 보레이트 완충제와 글리신 완충제를 산화제로 대용한 F5와 F6은 과산화수소 산화제보다 손상도가 낮게 나타났다. 게다가 글리신 완충제를 사용한 F6은 흡광도 값이 가장 낮게 측정되어 펌으로 인한 모발의 다공성이 특별하게 감소되고 이러한 결과는 손상의 감소효과

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

로 확인된다고 사료된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 35. Absorbance changes of perm-treated hair by 6 type solution

Samples	Treated solution	Ave	Stdev	Rate(%)
V	virgin hair	0.492	± 0.127	-
F1	H_2O_2(pH 3.5)	0.589	± 0.082	+ 19.72
F2	D·W(pH 6.8)	0.522	± 0.175	+ 6.10
F3	$NaBrO_3$(pH 5.0)	0.52	± 0.12	+ 5.69
F4	$NaBrO_3$(pH 4.5)	0.548	± 0.103	+ 11.38
F5	Borax buffer(pH 9.2)	0.534	± 0.084	+ 8.54
F6	Glycine buffer(pH 9.2)	0.401	± 0.059	- 18.7

Mean±SD (n=5). a-d Values with different letters are significantly different (p<.05) by ANOVA and Duncan's multiple range tests.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

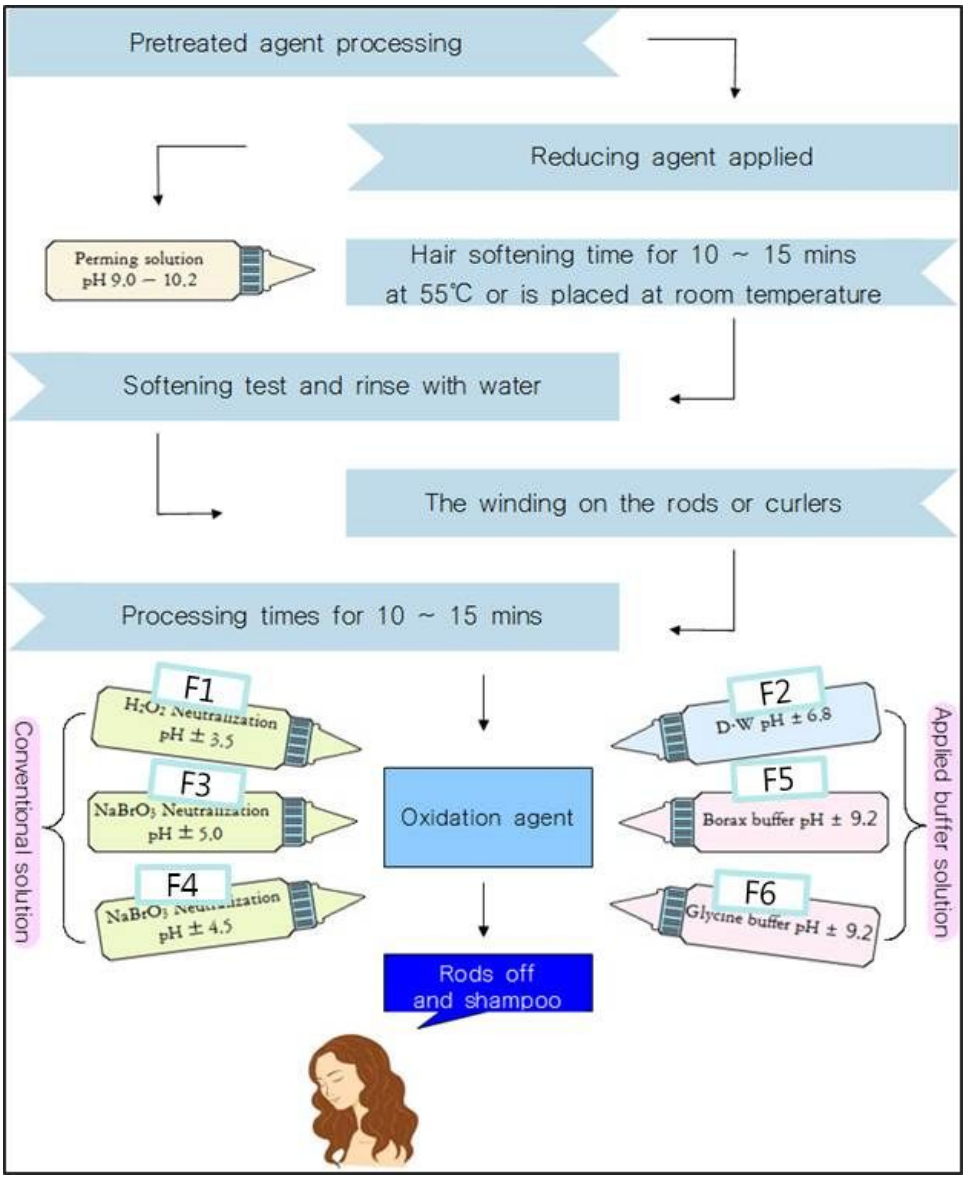


Fig. 54. Perm processing of buffer solution.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

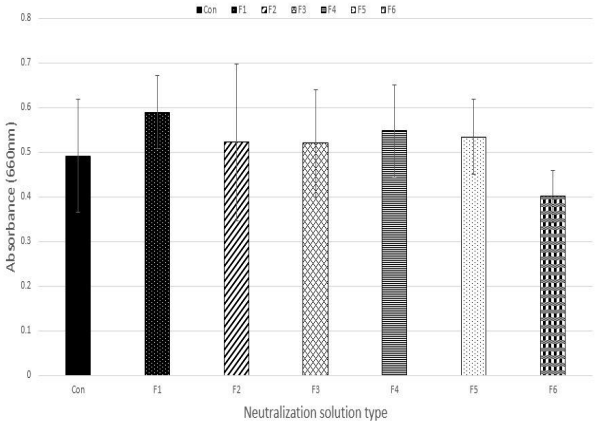


Fig. 55. Changes of hair absorbance in permanent hair by 6 types of solution. Treated by F1: H_2O_2 (pH ±3.5), F2: DW (pH 6.8), F3: $NaBrO_3$ (pH 5.0), F4: borax buffer solution (pH 9.2), F5: glycin buffer solution (pH 9.2).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

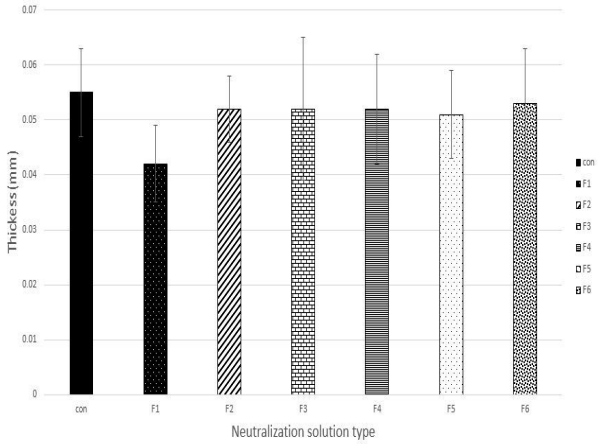


Fig. 56. Change of hair thickness in permanent hair by 6 types of solution. Treated by F1: H_2O_2 (pH ±3.5), F2: DW (pH 6.8), F3: $NaBrO_3$ (pH 5.0), F4: borax buffer solution (pH 9.2), F5: glycin buffer solution (pH 9.2).

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 통계처리

본 실험으로 얻은 연구 결과의 통계분석는 제 2장 1절과 동일하다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Ⅳ. 고찰

펌 과정에서 보레이트 완충제와 글리신 완충제를 이용한 모발의 펌 효율과 손상방지 효과를 기존제품과 비교하여 산화제로의 대용 가능성을 확인하고자 하였다. 또한 기존 산화제와 완충제 대신 물을 이용한 시료도 비교하였다. 실험시료는 기존제품 3종인 H_2O_2 를 함유한 중화제 F1과 브롬산나트륨을 주성분으로 한 F3 와 F4는 pH가 낮은 산성의 액상이며, 중성의 물 F2 그리고 pH가 높은 알칼리성 보레이트 완충제 F5, 글리신 완충제 F6이다.

1. 펌 효율 평가결과 펌 웨이브 형성력을 알 수 있는 수축율 S는 F2 〉 F5 〉 F1 〉 F4 〉 F3 〉 F6로 보레이트 완충제가 기존제품 3종에 비하여 높은 수축율을 나타내어 펌 웨이브 형성력이 높은 것을 확인하였다. 펌 형성 24시간 후의 풀림현상을 나타내는 유지율 Sc는 F1 〉 F3 〉 F6 〉 F4 〉 F5 〉 F2로 기존제품 과산화수소 함유 산화제의 모발의 풀림현상이 3.90%로 가장 낮게 나타나므로 F1의 유지율은 높게 측정되었다. 48시간 후의 풀림현상을 나타내는 유지율 Sp는 F3 〉 F5 〉 F4 〉 F1〉 F6 〉 F2로 F3의 유지율이 높게 측정되었다. 그러나 직선회복율 평가에서 Sd가 낮은 순서는 F2 〉 F5 〉 F3 〉 F1〉 F6 〉 F4로 나타나 F2가 (−) 19.61% 수축을 나타냈으며, F4가 (−) 5.38%의 가장 낮은 수축 결과를 나타내었다. 결과적으로 펌 효율을 다양하게 측정하는 방법에서 보레이트 완충제는 기존의 과산화수소에 비하여 수축율이 높고 직선회복율이 낮아 산화제의 적용 가능성을 얻을 수 있었다. 그러나 글리신 완충제는 높은 펌 효율을 나타내지 않았다.
2. 모발의 굵기를 측정한 결과 정상모발인 대조군에 비하여 각각의 실험용액을 처리한 시료모발의 굵기 감소율은 F1 (23.64%) 〉F5 (7.27%) 〉F2 (5.45%) ≒ F3 (5.45%) ≒ F4 (5.45%) 〉 F6 (3.64%)의 감소율을 나타내어 글리신 완충제는 모표피와 모피질의 손상도를 낮게 할 수 있는 것으로 확인되었다.
3. 인장강도는 F6 〉 F5 〉 F4 〉 F2 〉 F1 〉 F3으로 나타났다. 대조군 (V: 47459±6300 Mpa)에 비하여 실험시료인 보레이트 완충제 (F5:

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

52243±1066 Mpa)와 글리신 완충제 (F6: 52890±6068 Mpa)를 사용한 모발의 강도가 10.08% ~11.44% 증가하였다. 인장신도는 F6 〉 F5 〉 F3 〉 F2 〉 F4 〉 F1로 나타났다. 보레이트 완충제와 글리신 완충제 처리모발의 인장신도는 대조군에 비하여 17.26~17.42% 증가 되었으며, 과산화수소 처리모발(F1)에 비하여 13.97%~14.12% 증가하였다.

4. 모발 다공성정도 측정결과 흡광도 값은 F1 (+)19.72% 〉 F4 (+)11.38 % 〉 F5 (+)8.54 % 〉 F2 (+)6.10 % 〉 F3 (+)5.69 % 〉 F6 (-)18.7% 로 과산화수소를 이용한 모발의 흡광도가 가장 높게 측정되어 손상도가 높은 것으로 나타났다. 글리신 완충제를 사용한 F6 은 흡광도 값이 가장 낮게 측정되어 펌으로 인한 모발의 다공성이 특별하게 감소되고 이러한 결과는 손상의 감소효과로 확인된다고 사료된다.

이상의 결과를 종합하면 보레이트 완충제는 펌 효율이 높고 모발의 굵기, 인장강도, 인장신도, 흡광도 측정에서 손상을 예방하는 효과를 나타냈으며, 글리신 완충제는 펌 효율은 낮으나 손상도 평가에서 특별히 높은 효과를 나타내었다. 지금까지 알려진 산화제는 pH 가 낮은 액상을 선택하여 환원제로 알칼리화된 모발을 중화하는 역할을 하고 모발 내부의 황결합을 회복시킨다고 알려졌다. 그러나 알칼리액의 완충제를 산화제로 대용한 본 연구에서 펌 효율 및 모발손상 방지효과가 나타나므로 이러한 이유는 환원제로 팽창된 모발에 알칼리액의 완충제가 열에 의하여 침투가 용이하고 모발의 수용성 단백질의 변성으로 인하여 모발 내부의 결합에 가교역할을 할 수 있을 것으로 생각된다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5장 정리 및 제언

헤어스타일은 이미지의 60~70%를 차지할 정도로 중요하며 그 중에서도 펌은 헤어스타일을 간편하게 연출할 수 있는 장점이 있다. 펌 웨이브를 위한 제품은 대부분 1제 환원제와 2제 산화제 2종류로 이루어진다. 지금까지 펌 과정은 첫 번째 환원제 처리 과정으로 치오글리콜산, 시스테인산 등에 알칼리제를 첨가하여 모표피를 팽창시키고 환원반응에 의하여 모발내부 아미노산인 시스틴의 이황화결합을 절단시키는 것이다. 두 번째 과정으로는 롯드에 의하여 성형된 모발에 산소가 풍부한 산성의 산화제를 도포하여 절단되었던 이황화결합의 재결합을 유도하였다. 지금까지 펌 처리에 사용된 산화제는 과산화수소, 브롬산나트륨, 브롬산칼륨 등이 있다. 그러나 기존의 산화제 사용으로 인한 부작용과 모발손상의 예가 보고되고 있는 실정이다. 본 연구는 새로운 천연물기반의 산화제 개발의 필요성을 인식하고 천연물인 효소를 적용하고자 4가지의 시료를 테스트하였다. 첫째 상업용의 알칼리성 단백질분해효소를 모발의 펌 처리과정에 적용하였으며, 둘째 항산화능과 단백질분해효소 활성을 분석하여 활성이 나타난 꽃송이버섯의 효소, 셋째 꽃송이버섯 발효액을 각각 적용하였다. 넷째로 효소활성에 적합한 생화학적 완충제를 적용하여 각각의 시료가 산화제로 적용이 가능한지 펌 효율 측정과 모발손상 방지효과를 평가하였다. 결과는 다음과 같다.

1. 단백질분해효소 처리 결과 펌 효율 평가에서 열펌 160℃, 200℃에서 수축률이 13.61%~20%로 높게 나타났으며, 4주 후의 직선회복율이 (-)8.65~(-)16.76%로 낮게 나타나 기존의 과산화수소 산화제 처리모발보다 높은 펌 효율을 얻었다. 모발손상 방지효과 평가에서는 160℃에서 모발의 굵기가 5.44% 증가를 나타냈으며, 인장특성결과 80℃, 160℃에서 17.74%, 8.66%의 높은 증가를 나타내었다. 다공성 측정에서 160℃에서 단백질분해효소를 산화제로 처리한 모발은 가장 낮은 다공성을 나타내어 손상의 예방효과가 높았다. 전자현미경을 이용한 모표피 관찰에서는 80℃와 160℃에서 효소 적용모발의 손상이 가장 낮게 관찰되었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2. 꽃송이버섯의 효소활성을 검증하기 위하여 SAP법을 이용한 50 mg/ml 농도에서는 66.00 unit/min, HUT법 50 mg/ml 농도에서는 95.73 unit/min, Plant법 50 mg/ml 농도에서는 69.19 unit/min으로 꽃송이버섯은 단백질분해효소 활성이 확인됨을 입증하였다. 꽃송이버섯 효소처리 펌 효율 평가에서는 글리신 완충제와 함께 산화제로 처리된 OSEG가 수축율(S)이 (-) 36.42%로 가장 높게 확인되었으며, 직선회복율(Sd)은 (-)28.46%로 가장 풀림현상이 낮게 평가되어 높은 펌 효율을 얻을 수 있었다.

3. 꽃송이버섯 발효액은 4종의 유산균을 각각 접종하여 항산화능을 측정한 결과 *Lactobacillus helveticus*(KCTC 3545)가 가장 높게 나타났다. 측정값은 DPPH 와 ABTS 결과에서 IC_{50}값은 각각 5.14 mg/ml, 21.70 mg/ml이였으며, SOD결과에서 IC_{50}은 0.73 mg/ml으로 높게 측정되어 펌 처리시료로 사용하였다. 단백질분해효소 활성은 SAP법 50 mg/ml 농도에서는 195.50 unit/min, HUT법 50 mg/ml 농도에서는 160.36 unit/min, Plant법 50 mg/ml 농도에서는 192.36 unit/min 으로 꽃송이버섯 발효액의 효소활성이 확인되었다. 펌 효율 평가결과 꽃송이버섯 발효액 단독 처리모발(FM2)은 수축율(S)이 (-)12.2%, 직선 회복율 (Sd)은 (-)6%로 풀림현상이 낮게 나타내어 높은 펌의 효율이 확인되었다. 모발손상 방지효과 평가를 위한 모발굵기 측정에서 (FM2)는 기존의 산화제에 비하여 가장 낮은 −10.77%의 굵기 감소를 나타내었다. 인장강도는 유사한 결과를 나타내었으며, 인장신도에서는 26.71±5.064%로 높게 나타내었다. 그러나 전자현미경 관찰결과에서는 발효액을 과산화수소에 첨가한 (FM1)모발이 가장 모표피가 안정적으로 확인되었다.

4. 생화학적 완충제 처리 결과 펌 효율 평가에서 보레이트 완충제와 글리신 완충제는 기존의 전통적인 산화제에 비하여 높은 효율을 나타내지는 않았으나 수축율이 높고 직선회복율이 낮아 산화제로 적용의 가능성을 확인할 수 있었다. 모발손상 방지를 나타내는 모발굵기 평가에서 글리

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

신완충제 시료(F6)가 3.64%의 가장 낮은 감소율을 나타내었다. 인장강도 평가에서 보레이트완충제와 글리신 완충제는 대조군(V)에 10.08%~11.44% 증가를 나타내었으며, 인장신도는 17.26~17.42% 증가를 나타내었다. 다공성정도 측정에서 글리신 완충제 시료는 (-)18.7%로 가장 낮게 측정되어 펌으로 인한 모발 손상의 감소효과를 확인하였다.

이러한 결과들을 종합하면 본 연구에서 상업용의 단백질분해효소, 꽃송이버섯 효소는 펌의 효율을 증진시킬 뿐만 아니라 손상을 감소시키므로 기존의 산화제를 대용할 수 있는 제품으로 가능성이 높을 것으로 생각되며, 꽃송이버섯 발효액은 기존의 과산화수소 산화제에 첨가제로의 사용 가능성을 얻었다. 더불어 생화학적 완충제로 글리신 완충제는 모발손상 감소에서 높게 평가되어 추후 다양한 효소를 이용한 실험의 적용에서도 가능성이 높을 것으로 사료된다. 지금까지 산화제는 산소가 풍부한 산성의 용액을 사용하는 것이 규정처럼 여겨왔다. 그러나 본 연구에서 알칼리조건에서 활성이 높은 단백질분해효소와 생화학적 완충제는 펌 효율 및 손상방지에 높은 효과를 나타내었다. 이러한 이유는 효소가 모발내부의 결합에 가교역할을 할 수 있을 것으로 사료되나 추후 구조의 분석 등을 통하여 mechanism의 규명이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 건강한 1인의 모발로는 다양한 실험의 비교 분석에 한계성이 있었다.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

【참고문헌】

강동묵, 이종태, 강민숙, 박성희, 엄상화, 김성준, 정귀원, 손혜숙, 박봉진. 미용업종사자들의 피부, 호흡기 및 근골격계 자각증상에 관한 유병률. 대한산업의학학회지 11(3): 385-92, 1999.

강영숙, 김한곤. 대구지역 미용사들의 건강실태 및 직업관련 질병에 영향을 미치는 요인. 한국보건사회학회지 9: 5-24, 2001.

강상모, 차민경, 김수진, 권윤정. *Bacilus subtilis* K-54의 단백질 분해효소 처리에 의한 양모와 견의 품질개선 효과. 한국의류산업학회지 8: 239-244, 2006.

김기은. 단백질 분해효소 생산 균주 분리. J. Kor. Soc. Environ. Eng. 36(4): 265-270, 2014.

김금의, 이귀영, 김동희, 함주현, 이재천, 장병수. 퍼머넌트 웨이브의 반복시술에 의한 모발의 형태학적 변화. 한국현미경학회지 39(2): 199-204, 2009.

김서희, 김한식, 왕혜자. 티오글리세롤을 함유한 환원제의 퍼머넌트 웨이브에 대한 형태학적 특성. 한국미용학회지 9(2): 179-193, 2003.

김서희. 퍼머넌트웨이브에 대한 국내 연구동향. 대한미용학회지 10(4): 307~315, 2014.

김성남, 남윤자. 퍼머넌트 웨이브 손상에 관한 형태학적 고찰. 한국의류산업학회지 3(4): 351-356, 2001.

김숙, 김영희, 최원준, 문영숙. 난백과 쑥 추출물을 처방한 매직퍼머넌트제가 모발에 미치는 영향. 코리아뷰티디자인학회지 6(2): 141-151, 2010.

김용렬. 두발용 퍼머 약제인 Thioglycolic Acid의 투과 영향. 한국유화학회지 19: 25-35, 2002.

김민, 이성범, 김기영. 퍼머넌트 웨이브 산화제의 사용실태, 헤어미용사에서 나타는 피부 이상과 대처방법. 한국미용학회지 20(3): 528-536, 2014.

김청운, 전홍성. 탈색시간과 과산화수소 농도에 의한 모발의 손상. 한국생활

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

과학회지 14(3): 433-439, 2005.

김한식, 강민숙, 최영진, 유유정. 부산시내 일부 미용사들의 직업성 피부염의 실태조사. 한국미용학회지 4(1): 187-198, 1998.

김혜숙. *Bacillus* sp. Keratinase의 모발 처리 영향 분석. 건국대학교 박사학위 논문. p. 128-142. 2010.

김홍희. Protease와 Tannic Acid를 함유한 새로운 천연 염모제의 특성. 건국대학교 박사학위 논문 2008.

김홍희, 권태종. 프로테아제 처리가 모발의 염색성 및 형태적 특성에 미치는 영향. 한국염색가공학회지 20(2): 59-65, 2008.

김홍희, 이주영, 이점숙. 식물성 염료와 검은 콩을 이용한 모발 염색에 관한 연구. 한국미용학회지 11(1): 1-8, 2005.

광정무부. 신화장품학. 도서출판 동화기술 p. 84-86, 2004.

노영희, 구자영. 퍼머넌트 웨이브 시술 시 트리트먼트의 효과에 관한 연구. 한국미용 교육포럼학회지 3(6): 65-70, 2003.

민명자, 나명순, 류은미, 차월석. 숭어추출물이 염색과 탈색 모발의 물리적 손상에 미치는 영향. 대한피부미용학회지 9(1): 1-9, 2011.

민명자, 최문희, 김귀철, 신현재. 녹차씨 오일이 염색 및 탈색된 모발의 재손상 및 탈색 방지에 미치는 영향. 한국생물공학회지 28(5): 287-294, 2013.

박두병, 진성남, 민경준, 노병인. 원형 탈모증과 안드로겐성 탈모증 여성의 정신적 특성에 관한 연구. 한국정신신체의학회 13(1): 16-23, 2005.

박성현, 김기회, 김정관, 송지은, 오왕국, 김정화, 이광영. 브롬산나트륨 중독 후 발생한 심한 급성 신부전 예 1. 대한신장학회 30(1): 84-86, 2011.

박지혜. 미용사의 직업성 피부질환; 첩보검사에 대한 고찰. 대한피부과학학회지 44(6): 669-74, 2006.

박혜원, 나명석. 중간린스가 컬 웨이브 형성 및 모발손상에 미치는 영향. 한국인체예술학회지 10(1): 51-61, 2009.

방성호, 정인실. 호알칼리성 *Bacillus pseudofirmus* HS-54가 생산하는 알칼리성 Protease의 특성. 미생물학회지 47(3): 194-199, 2011.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

손부순, 홍은주, 김윤신. 모발 중 미량 금속함량에 관한 조사연구. 한국산업위생학회지 7(2): 233~244, 1997.

송팔용, 임미혜, 최태부, 이승선. 모발의 화학적 처리에 의한 손상도 측정 및 기계적 특성에 대한 연구. 대한피부미용학회지 4(1): 107-1, 2006.

신지은, 강상모. *Bacillus subtilis* K-54의 Protease 조효소액으로 얻은 난백 분해물의 트리트먼트 효과. 대한피부미용학회지 10(4): 783-790, 2012.

신지은, 강상모. 정상모의 퍼머넌트 웨이브 시술 시 분자량 분포도가 다른 갯지렁이(*Marphysa sanguinea*) 단백질 분해물의 전처리 효과. 대한피부미용학회지 11(1): 43-50, 2013.

윤석준, 김성배, 최주홍, 박영철. Inulin의 산 가수분해 반응에 과산화수소가 미치는 영향. 한국생물공학회지 10(3): 298-303, 1995.

오명숙, 최태부. Methylene Blue 염색법을 이용한 모발손상지수의 결정. 한국미용학회지 18(3): 531-537, 2012.

이대희, 김수경, 이승철, 윤병대, 황용일. 유전자조작, 균주개발; *Xanthomonas* sp. YL-37의 Alkaline Protease 유전자의 클로닝. 한국미생물학회지 23(2): 145-149, 1995.

이미순, 리순화. 발효 화장품의 인식 및 한방 화장품과의 만족도 비교 연구. 대한피부미용학회지 8(3): 285-292, 2010.

이상희, 최욱렬, 임채남, 원경헌, 조윤숙, 임선희, 김나영, 이계희. 브롬산염 중독에 의한 급성 췌장염 1 예. 대한소화기학회지 32(6): 824-829, 1998.

이선심, 김혜숙, 강상모. 갯지렁이 자가분해물을 이용한 헤어 컨디셔너 개발. 한국미용학회지 18(4): 798-805, 2012.

이순자, 박주아, 김한식. 퍼머넌트 웨이브 로션 중 환원제의 함량 비율에 따른 모발의 컬 형성과 지속성. 대한미용학회지 5(1): 1~6, 2009.

이정숙, 정소화. 프로테아제와 리파제가 직물의 세척에 미치는 영향. 한국의류산업학회지 2(4): 339-345, 2000.

이종순, 노정애, 장병수. 두피 모발의 굵기에 따른 큐티클의 미세구조적 특성. 대한미용학회지 11(1): 81-87, 2015

이하나. 조희숙. 모발에 알칼리제를 적용 했을시 손상도 연구. 대한피부미용

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

학회지 8(4): 223-235, 2010.

이하나, 함미영. 인삼 추출물을 처방한 환원제 적용에 따른 모발 손상도 및 형태학적 변화. 대한피부미용학회지 8(1): 211-222, 2010.

이하나, 함미영. Glycerin과 Hyaluronic Acid가 첨가된 퍼머넌트웨이브 환원제의 모발손상 경감 효과. 대한미용학회지 10(3): 209-214, 2014.

임창완, 강경규, 유영복, 김병희, 배송환. 유산균 및 홍국균 발효 꽃송이버섯 추출물과 잔사의 식이섬유와 베타 글루칸의 함량. 한국식품영양과학회지 41(12): 1740-1746, 2012.

장병수, 나수경, 이귀영. 자외선 조사에 따른 모발의 물리화학적 변화에 관한 연구. 한국현미경학회지 36(2): 109-118, 2006.

장지연, 임혜자, 고경숙. 황칠나무 잎을 이용한 퍼머넌트 웨이브 모발의 형태학적 변화. 대한미용문화예술학회지 3(2): 52-59, 2014.

정선숙, 김한식. Thiolactic Acid를 함유한 환원제의 퍼머넌트 웨이브 특성. 대한미용학회지 1(1): 43-58, 2005.

정해영, 이정숙. 프로테아제를 응용한 단백질과 지질 혼합오구의 제거. 한국염색가공학회지 13: 18-27, 2001.

지정훈. 퍼머넌트 웨이브 시술시 황칠나무 잎 트리트먼트가 모발에 미치는 효과. 대한미용학회지 11(3): 207-213, 2015.

주현, 한진. 프로테오믹스. 범문사, 서울, p. 81, 2004.

차운호. 헤어 백신트리트먼트의 극손상모발 구조 복구 및 그 효능에 관한 연구. 미용산업연구 4(2) : 35-42, 2013.

최문희, 신현재. 국산 블루베리 착즙액의 항산화 활성 및 멜라닌생성 저해효과. 대한피부미용학회지 13(2): 261-266, 2015.

최원준, 강상모. 키위(*Apteryx australis*) Protease 처리가 염색모에 미치는 영향. 코리아뷰티디자인학회지 6(2): 103-117, 2010.

최원준:.키위 (*Apteryx australis*) 추출물 처리에 의한 두피 · 모발의 품질개선 효과와 만족도에 관한 연구. 건국대학교 박사학위논문 2010.

최은경, 김주혜. 효소를 이용한 전처리 및 가공기술. 섬유기술과 산업 7(3): 292-302, 2003.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

하병조, 김준광. 모발 탈색 및 퍼머넌트 웨이브가 모발의 아미노산 조성에 미치는 영향. 대한화장품학회지 34(2): 143-148, 2008.

하진희, 고경숙. 편백정유를 이용한 퍼머넌트 웨이브의 모발 손상도 및 형태학적 변화. 한국미용학회지 18(6): 1264-1269, 2012.

황희순. Permanent Wave Lotion에 대한 모발의 팽윤. 한국미용학회지 1(1): 37-47. 1995.

홍부일. 헤어 트리트먼트 폼제의 폼 시술시 모발 손상 연구. 한국미용예술학회지 2(1): 127-133, 2008.

Ahn YJ, Won BR, Kang MK, Kim JH, Park SN. Antioxidant activity and component analysis of fermented *Lavendula angustifolia* extract. J. Soc. Cosmet. Sci-entists. Korea 35: 125-134, 2009.

Alonso L, Fuchs E. The hair cycle. J. Cell Sci 119(3): 391–3, 2006.

Alpert A, Altenburg M, Bailey DC, Barnes L, Barnes L Beatty D, Brunetti M, Crawford J, Cromeans R, Evirs A, Frangie C, Halal J, Hennessey C, Janssen MB, King N, Lees M, Love T, Mackinder V, Nash C, Roche R, Sammarco T, Sanson S, Schoon D, Schultes SE, Shipman F, Spear J. Milady's standard cosmetology. Thomson Delmar Learning, USA, p. 143-160, 2008.

Anwar A, Saleemuddin M. Alkaline proteases: A review. Bioresorce Technology 64(3): 175-183, 1998.

Blanpain C, Fuchs E. Epidermal homeostasis: a balancing act of stem cells in the skin. Nature Reviews Molecular Cell Biology 10(3): 207–217, 2009.

Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200, 1958.

Bruckner R, Shoseyov O, Doi RH. Multiple active forms of a novel serine protease from Bacillus subtilis. Mol Gen Genet 221(3): 486-490, 1990.

Bruce Fraser RD, Parry DA. The role of disulfide bond formation in the structural transition observed in the intermediate filaments of developing hair. J Struct Biol 180(1): 117-24, 2012.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Capilce E, Fitzgerald GF. Food fermentation: role of microorganisms in food production and preservation. Int. J. Food Microbiol 50: 131-149, 1999.

Chandrasekaran G, Kim GJ, Shin HJ. Purification and characterisation of an alkaliphilic esterase from a culinary medicinal mushroom, *Sparassis crispa*. Food Chemistry 124(4): 1376−1381, 2011.

Chandrashekaran MN, Ranganathaiah C. Chemical and photochemical degradation of human hair: A free-volume microprobe study. J. Photochem. Photobiol. B: Biology 101: 286-294, 2010.

Choi MH, Kim MJ, Jeon YJ, Shin HJ. Quality Changes of Fresh Vegetable and Fruit Juice by Various Juicers. KSBB J 29(3): 145-154, 2014.

Choi SY, Cho HS, Sung NJ. The antioxidative and nitrite scavenging ability of solvent extracts from wild grape (*Vitis Coignetiea*) skin. J. Korean Soc Food Sci Nutr 35(8): 961-966, 2006.

Das T, Ramaswam GN. Enzyme treatment of wool and fibers. Textile Research Journal 76(2): 125-133, 2006.

Dias MFRG. Hair cosmetics. International Journal of Trichology 7(1): 1~15, 2015.

Dario, MF, Pahl R, Castro JRD, Lima FSD, Kaneko TM, Pinto CA, Velasco MVR. Efficacy of *Punica granatum* L. hydroalcoholic extract on properties of dyed hair exposed to UVA radiation. J. Photochem. Photobiol. B: Biology 120(5): 142-147, 2013.

Dawber R. Hair (its structure and response to cosmetic preparations). Clin. Dermatol 14(1): 105-112, 1996.

Evans T, Wickett RR. Practical modern hair science. Allured books. USA. p. 157-172, 2012.

Fernández E, Martínez-Teipel B, Armengol R, Barba C, Coderch L. Efficancy of antioxidants in human hair. Journal of photochemistry and photobiology B: Biology 117(5): 146-156, 2012.

Fraga CG, Galleano M, Verstraeten SV, Oteiza PI. Basic biochemical mechanisms behind the gealth benefits of polyphenols. Mol. Aspects Med 31(6):

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

435-445, 2010.

Fukai T, Ushio-Fukai M. Superoxide Dismutases. Role in Redox Signaling, Vascular Function, and Diseases. Antioxid Redox Signal 15(6): 1583-1606, 2011.

Gao T, Bedell A. Ultraviolet damage on natural gray hair and its photoprotection. J Cosmetic Science 52(2): 103-118, 2001.

Gillespie JM, Marshall RC. Proteins of human hair and nail. Cosmet Toiletries 95: 29-33, 1980.

Gottlöber P, Gall H, Bezold G, Peter RU. Allergic contact dermatitis in beauty parlor clients. Hautarzt 52(5): 401-404, 2001.

Gupta R, Beg QK, Lorenz P. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications. Appl Microbial Biotechnol 59: 15-32, 2002.

Hatch KL. Textile science. West Publishing Company, New York, p. 57-64, 1993.

Hirobe T, Abe H. Genetic and epigenetic control of the proliferation and differentiation of mouse epidermal malanocytes in culture. Pigment Cell Res 12(3): 147-163, 1999.

Horie K, Rakwal R, Hirano M, Shibato J, Nam HW, Kim YS, Kouzuma Y, Agrawal GK, Masuo Y, Yonekura M. Proteomics of two cultivated mushrooms *Sparassis crispa* and *Hericium erinaceum* provides insight into their numerous functional protein components and diversity. Proteome Res 7(5): 1819-1835, 2008.

Holzapfel WH. Appropriate starter culture techonlogies for smal-scale fermentation in developing countries. Int. J. food Microbiol 75: 197-212, 2002.

Hu S, Wang D, Zhang J, Du M, Cheng Y, Liu Y, Zhang N, Wang D, Wu Y. Mitochondria Related Pathway Is Essential for Polysaccharides Purified from Sparassis crispa Mediated Neuro-Protection against Glutamate-Induced Toxicity in Differentiated PC12 Cells. Int. J. Mol. Sci 17(2): 133-146, 2016.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Hur SJ, Lee SY, Kim YC, Choi IW, Kim GB. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. Food Chemistry 160(1): 346-356, 2014.

Huynh NT, Camp JV, Smagghe G, Raes K. Improved release and metabolism of flavonoids by steered fermentation processes. Int. J. Mol. Sci 15(11): 19369-19388, 2014.

Istrate D ,Popescu C, Rafik ME, Möller M. The effect of pH on the thermal stability of fibrous hard alpha-keratins. Polymer Degradation and Stability 98: 542-540, 2013.

Jeong CH, Jang CW, Lee KY, Kim IH, Shim KW. Chemical components and anti-oxidant activities of black currant. Korean. J. Food. Preserv 19(2): 263-270, 2012.

Jeong YS, Jung HK, Youn KS, Kim MO, Hong JH. Physiological activities of the hot water extract from *Eriobotrya japonica* Lindl. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38(8): 977-982, 2009.

Ji JH. Effect of *Dendropanax morbifera* leaf extract treatment on permanent hair waving. J Invest Cosmetol 11(3): 207-213, 2015.

Joo HS, Choi JW. Purification and characterization of a novel alkaline protease from *Bacillus horikoshii*. J. Microbiol. Biotechnol 22(1): 58~68, 2012.

Kim JY, Lim CS, Kim JY, Han YH. The Extracellular Enzyme Activities in Culture Broth of *Sparassis crispa*. The Korean Journal of Microbiology 40(3): 230-231, 2004.

Kochanek KS. Photoaging of the connective tissue of skin: its prevention and therapy, In: antioxidant in disease mechanisms and therapy. Adv. Pharmacol. 38: 639-655, 1996.

Krulwich TA. Bioenergetics of alkalophilic bacteria. Moleccular Microbiology 15(3): 403-410, 1995.

KS K0323. 섬유의 인장 강도 및 신도 시험 방법. 한국산업규격. p. 1-5, 2002.

Kumar CG. Purification and characterization of a thermostable alkaline protease

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

from alkalophilic Bacillus pumilus. Lett Appl Microbiol 34(1): 13-17, 2002.

Kumar CG, Takagi H. Microbial alkaline proteases: From a bioindustrial viewpoint. Biotecholgy Advances 17: 561-594, 1999.

Kwon YJ, Koh JS, Lee SS, Kang SM. Conditioning effect of a hair conditioner containing Lugworm autolysate. Fibers and Polymers 14(12): 2103-2110, 2013.

Kon R, Nakamura A, Hirabayashi N, Takeuchi K. Analysis of damaged components of permed hair using biochemical technique. J. Cosmet. Sci 49: 13-22, 1998.

Landers MC, Law S, Storrs FJ. Permanent-wave dermatitis: contact allergy to cysteamine hydrochloride. Am J Contact Dermat 14(3): 157-160, 2003.

Lee WS. Photoaggravation of hair aging. Int J Trichology. 1(2): 94-99, 2009.

Liu HL, Zhao BY, Yu WD. Structural changes in slenderized yak hair by heat-humidity conditions using Raman spestroscopy. Journal of Molecular Structure 1037: 57-62, 2013.

London N, Movshovitz-Attias D, Schueler-Furman O. The Structural Basis of Peptide-Protein Binding Strategies. Structure 18(2): 188-199, 2010.

Marshall RC. Characterization of the proteins of human hair and nail by electrophoresis. J Invest Dermatol 80(6): 519-524, 1983.

Miyata S, Oda Y, Matsuo C, Kumura H, Kobayashi K. Stimulatory effect of Brazilian propolis on hair growth through proliferation of keratinocytes in mice. J. Agric. Food Chem 62: 11854−11861, 2014.

Mormann M, Eble J, Schwöppe C, Mesters RM, Berdel WE, Peter-Katalinić J, Pohlentz G. Anal Bioanal Chem Fragmentation of intra-peptide and inter-peptide disulfide bonds of proteolytic peptides by nano ESI collision-induced dissociation. Analytical and Bioanalytical Chemistry 392(5): 831-838, 2008.

Mohan C: Buffers. A guide for the preparation and use of buffers in biological

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

systems. CalBiochem® EMO Biosciences. Inc. Germany, p. 10-15, 2003.

Mizuno T. The extraction and development of antitumour-active polysaccharides from medicinal mushrooms in Japan. International Journal of Medicinal Mushrooms 1(1): 9-29, 1999.

Müller-Röver S, Handjiski B, van der Veen C, Eichmuller S, Foitzik K, McKay IA. A comprehensive guide for the accurate classification of murine hair follicles in distinct hair cycle stages. J Invest Dermatol 117(1): 3-15, 2001.

Nadeem M, Qazi JI, Syed Q, Gulsher M. Purification and characterization of an alkaline protease from *Bacillus licheniformis* UV-9 for detergent formulations. Songklanakarin J. Sci. Technol 35(2): 187-195, 2013.

Nishikawa N, Tanizawa Y, Tanaka S, Horiguchi Y, Asakura T. Structural change of keratin protein in human hair by permanent waving treatment. Polymer 39(16): 3835–3840, 1998.

Nishimura EK. Melanocyte stem cell(a melanocyte reservoir in hair follicles for hair and skin pigmentation). Pigment Cell & Melanoma Research 24(3): 401-410, 2011.

Oh HY, Bae SH, Kang GY, Kim MJ, Kim HH, Song MR, Shim MJ Lee SJ, Lee JO, Lee CH, Jung YS. New introduction cosmetology. Ghunminsa, Seoul, p. 132, 2007.

Ohno N, Miura NN, Nakajima M, Yadomae T. Antitumor 1,3-beta-glucan from cultured fruit body of Sparassis crispa. Biol Pharm Bull. 23(7): 866-872, 2000.

Oliver RF, Jahoda CAB. Dermal-epidermal interactions. Clinics in Dermatology 6(4): 74-82, 1988.

Park IH, Chung SK, Lee KB, Yoo YC, Kim SK, Kim GS, Song KS. An antioxidant hispidin from the mycelial cultures of *Phellinus linteus*. Arch. Pharm. Res 27: 615-618, 2004.

Pauling L, Corey RB. Compound helical configurations of polypeptide chains:

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

stucture of proteins of the α-helical type. Nature 171: 59-61, 1953.

Price VT. Testosterone metabolism in the skin(A review of its function in androgenetic alopecia, acne vulgaris, and idiopathic hirsutism including recent studies with antiandrogens). Arch Dermatol 111(11): 1496-1502, 1975.

Robbins CR. Chemical and physical behavior of human hair, 3rd edn. Springer-Verlag, New York, p. 8-41, 1994.

Robbins CR. Reducing Human Hair Including Permanent Waving and Straightening. Chapter Chemical and Physical Behavior of Human Hair. Springer-Verlag, New York, p. 205-262, 1994.

Robbins C.R. Chemical and Physical Behavior of Human Hair, Chapter 4 Reducing human hair including permanent waving and straightening. New York, p. 205-256, 2012.

Robbins CR, Bahl MK. Analysis of hair by electron spectroscopy for chemical analysis. J. Soc. Cosmet. Chem 35: 379-390, 1984.

Robbins CR, Crawford RJ. Cuticle damage and the tensile properties of human hair. J. Soc. Cosmet. Chem 42: 59-67, 1991.

Santos Noqueira AC, Joekes I. Hair color changes and protein damage caused by ultraviolet radiation. J Photochem Photobiol B 74(2-3): 109-117, 2004.

Scanavez C, Silveira M, Joekes I. Human hair: color changes caused by daily care damages on ultra-structure. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 28(1): 39-52, 2003.

Schillinger U, Guigas C, Holzapfel WH. In vitro adherence and other properties of lactobacilli used in probiotic yoghurt-like products. International Dairy Journal 15(12): 1289-1297, 2005.

Seo JA, Bae IH, Jang WH, Kim JH, Bak SY, Han SH, Park YH, Lim KM. Hydrogen peroxide and monoethanolamine are the key causative ingredients for hair dye-induced dermatitis and hair loss, J Dermatol Sci 66(1): 12-19, 2012.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Shin H, Guebitz G, Cavaco-Paulo A. “In situ” enzymatically prepared polymers for wool coloration. Macromol. Mater. Eng 286: 691-694, 2001.

Shin HJ, Oh DS, Lee HD, Kang HB, Lee CW, Cha WS. Analysis of mineral, amino acid and vitamin contents of fruiting body of *Sparassis crispa*. J Life Sci 17: 1290-1293, 2007.

Sivasubramanian S, Manohar BM, Rajaram A, Puvanakrishnan R. Ecofriendly lime and sulfide free enzymatic dehairing of skins and hides using a bacterial alkaline protease. Chemosphere 70(6): 1015-1024, 2008.

Tada R, Harada T, Nagi-Miura N, Adachi Y, Nakajima M, Yadomae T, Ohno N. NMR characterization of the structure of a β-(1→3)-D-glucan isolate from cultured fruit bodies of *Sparassis crispa.* Carbohydrate Research 342(17): 2611–2618, 2007.

Trina Das and Gita N. Ramaswam, Enzyme treatment of wool and specialty hair fiber, Textile research journal 76(2): 126-133, 2006.

Uchida HA, Sugiyama H, Kanehisa S, Harada K, Fujiwara K, Ono T, Yamakido M and Makino H. An elderly patient with severe acute renal failure due to sodium bromate intoxication. Internal Medicine 45(3): 151-154, 2006.

Varela H, Ferrari MD, Belobrajdic L, Vazquez A, Loperena ML. Skin unhairing proteases of Bacillus subtills: production and partial characterization. Biotecbnology Letter 19(8): 177-758, 1997.

Van der Sluis AA, Dekker M, Jager A, Jongen WMF. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year, and storage conditions. J. Agric. Food Chem 49(8): 3606-3613, 2001.

Velasco MVR, Dias TCS, Freitss AZF, Vieira Júnior ND, Pinto CASO, Kaneko TM, Baby AR. Hair fiber characteristics and methods to evaluate hair physical and mechanical properties. Braz. J. Pharm. Sci 45(1): 153-162, 2009.

Wagner RCC, Kiyohara PK, Silveira M, Joekes I. Electron microscopic observations of human hair medulla. J. Microscopy 226(1): 54-63, 2007.

Wang J, Wang HX, Ng TB. A peptide with HIV-1 reverse transcriptase

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

inhibitory activity from the medicinal mushroom *Russula paludosa*. Peptides 28(3): 560-565, 2007.

Wood JM, Decker H, Hartmann H, Chavan B, Rokos H, Spencer JD, Hasse S, Thornton MJ, Shalbaf M, Paus R, Schallreuter KU. Senile hair graying: H2O2-mediated oxidative stress affects human hair color by blunting methionine sulfoxide repair. FASEB J 23: 2065-2075, 2009.

WWW. Electrolysis NYC. com 2006.

Yumoto I. Bioenergetics of alkaliphilic *Bacillus* spp. J. Biosci. Bioeng 93(4): 342-353, 2002.

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

【감사의 글】

논문을 마무리하며, 그동안 이곳 공과대학 lab 공간에 가지런히 정리되었던 수많은 자료들을 주섬주섬 챙기다보니 불현듯 아쉬움과 함께 지난 시간의 기억이 더욱 소중해집니다. 이미 지천명이 지나 대학원에 원서를 내던 그날, 제 이력서를 검토하시던 학과주임교수님은 “나이가 많아서~ 음~” 그리고 고개를 갸우뚱하시면서 우려를 표현하셨습니다. “포기하지 않고 반드시 해내겠습니다.” 그렇게 젊은 날 놓쳤던 학업의 꿈은 마치 서울행 23:00 마지막 열차 탑승자처럼 기회를 얻었습니다. 하지만 화학공학이 아닌 비전공자의 고통은 당연히 어둠속 터널처럼 아득하기만 했습니다. 기초학업을 위하여 중·고등학교 과학, 물리, 화학교재의 노트를 틈틈이 정리하며 35년 전의 기억을 더듬었던 막막한 순간들, 하지만 그런 시간들을 통하여 내 젊은 날을 오래 기억할 수 있었으니 감사할 뿐입니다. 만학도의 학습적응을 위하여 지도교수님은 매주 자체 영어 문법 테스트, 영문 시사정보, 매주 금요일 실시된 journal 발표, 그리고 방학 동안에 진행되었던 매주 토요일 아침의 보충과목 특강까지, 반복되는 점검과 테스트 속에서 작아지는 자신을 스스로 다독이던 시간들, 그 덕분에 실험실 시약 냄새와 paper가 친숙해질 무렵에 보이는 기쁨은 그동안의 과업참여, 논문투고, 특허 등록완료, PCT 출원 진행 등의 값진 경험과 결과를 얻을 수 있었습니다. 혼자가 아닌 지도교수님과 여러 고마우신 분들의 정성으로 더 큰 은혜를 받을 수 있었음에 감사드립니다.

힘들어 할 때마다 “하면 되죠.” “할 수 있습니다.” “가능합니다.” 그렇게 매번 교육자적인 긍정적인 멘트로 용기를 주셔서 감사합니다. 고통과 번민 속에서도 희망의 끈을 이어갈 수 있었습니다. 연구에 몰두할 수 있도록 물심의 지원, 열정적 지도 편달을 아끼지 않으셨던 신현재 지도교수님! 진심으로 깊은 감사를 드립니다. 성장할 수 있도록 베풀어주신 그 감사함을 오래도록 기억하겠습니다. 이곳에 있는 동안 만학도의 애환을 배려해 주시고 유익한 도움으로 지도해 주신 이중헌 교수님! 감사드립니다. 복도에서 행여 마주칠지라도 항상 연구주제에 대하여 관심을 가져주시고 용기를 북돋아주시는 이재욱 교수님! 감사드립니다. 저에게 있어서 가장 어려울 때에 항상 지혜의 말씀과

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

선택의 용기를 주신 미용명장 김진숙 교수님! 감사드립니다. 그리고 먼 길의 번거로움을 흔쾌히 허락하시고 좋은 조언을 해주신 이태호 박사님! 감사드립니다. 무더운 여름날 수고해주신 권용만 교수님! 감사드립니다. 지금은 퇴직하신 김선일 교수님, 조병욱 교수님, 김정규 교수님 감사드립니다. 인생의 성공은 만남이 결정한다고 했습니다. 이곳에서 소중했던 만남들을 깊이 감사하며 살아가겠습니다.

함께 동문수학하며 누구보다도 많은 시간동안 고락과 애환을 나누었던 최문희 박사! 덕분에 학위 과정에서 예쁜 추억을 쌓을 수 있었습니다. 이해와 지원에 대해 감사합니다. 남다른 열정으로 꼭! 원하는 비전을 이루기 바랍니다. 실험실의 구조대원 같은 존재, 넉넉한 풍채와 과묵형의 김세원 박사님! 항상 조용히 연구에 몰두하는 오원정 박사님! 언제나 웃음이 넘치는 검색의 귀재, speed man 김용운 선생님! 늘 조용하면서도 강력한 모나리자! 친절히 도움을 아끼지 않았던 조한교 선생님! 밝은 미소와 상냥함이 베어있는 양승화 선생님! 남다른 부지런함과 스마트함의 소유자 다숑숑~ 김다송! 이곳 실험실 lab member들의 협조와 이해에 감사합니다. 그동안 함께할 수 있어서 행복했습니다. 여러분들의 꿈이 현실로 이루어지시길 기원합니다.

한때 실험실에서 함께하다가 지금은 각자 현장에서 매진하는 최환석 박사님, 김희라 선생님 그리고 매번 자청해서 도움이 되고자 했던 이용조 선생님께도 감사함을 전합니다. 그동안 학위과정에 매진할 수 있도록 많은 인내심과 격려를 아끼지 않았던 사랑하는 나의 가족들께 감사의 마음과 동시에 미안함을 전합니다. 창의력의 발상을 가져다준 멋진 캠퍼스의 4계절 풍광에도 감사를 표합니다. 벚나무 꽃길, 장미정원, 천국의 계단, 오르막길, 미대 후문거리, 국제관 언덕의 자귀나무 꽃, 멧새들의 지저귐, 커피향기와 깔깔거리는 웃음소리들 덕분에 젊음의 에너지를 충전했습니다.

‘어쩔 수 없이 변화하기 전에 내가 먼저 변화하라’(Jack Welch). 변화의 흐름을 파악하고 시대의 요구에 필요한 존재가 되고자 합니다. 매번 꿈꾸고 도전하고 고민하고 극복하는 과정은 실수와 죽을 것 같은 고통을 반복하기도 하지만 살아있는 기쁨을 만들 수 있는 참 행복이라고 생각합니다. 이제 다시 그동안 길들여진 편안한 안주를 벗어나 새로운 변화를 시작할 때입니다. 저

Collection @ chosun

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 경험과 조그만 재능이 사회에서 활용되어 이웃과 함께 상생할 수 있기를 희망합니다. 감사합니다.

2016년 7월 11일

민명자 올림

Collection @ chosun