

누에실샘 미세분말을 이용한 기능성 색조용 파우더 개발

전정우 · 권해용 · 조유영 · 여주홍 · 박명기¹ · 손용호¹ · 이희삼*

농촌진흥청 국립농업과학원 잠사양봉소재과, ¹포쉬에화장품

Development of functional cosmetic powder using silk gland powder of silkworm

Jeong-Woo Chon, HaeYong Kweon, You-Young Jo, Joo-Hong Yeo,
Myung-Ki Park¹, Yong-Ho Son¹, and Heui-Sam Lee*

Sericultural & Apicultural Materials Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Korea

¹*Peauciel Co. Ltd., 33-21, Sodong-ri, Eumbong-myeon, Asan, 336-864, Korea*

ABSTRACT

In this study, silk gland powder of silkworm were investigated to see possibility for cosmetic powder materials. To test possibility as a baby powder cosmetics, total content rate of amino acids, DPPH free radical scavenging assay, MTT assay, and clinical trial were done. According to the result of the analysis of the amino acids of silk gland powder, serin (26.77%) content was the highest and asparatic acid (15.47%), and glycine (9.62%) were followed. DPPH free radical scavenging activity of silk gland powder was lower than vitamin C by 82.3% and 97%, respectively, which is relatively good. And the moisture and elasticity effect were increased in silk gland powder compared to control cosmetics by 210% and 185%, relatively. Thus, these results suggest that silk gland powder of silkworm may have beneficial properties as a material for cosmeceuticals.

Key word : Silk gland, Antioxidant, Moisture, Elasticity effect

서 론

기원전 3,000년경부터 인간은 누에를 기르기 시작하였으며 누에에서 합성되는 누에고치는 직물의 재료로 사용하였다. 이러한 직물은 매우 귀한 물건으로 분류되어 일부 귀족과 왕족들만 이용하였다. 따라서 누에의 유용한 점을 활용하고자 조선시대에는 누에를 사육하는 종상법을 개정하여 누에사육을 장려하였다. 이후 누에 산업은 점점 쇠퇴하다가 1953년부터 국가의 소득증대사업으로 다시 시작되어 누에 산업이 활성화 되었다(Aramwit and Sangcakul 2007). 이러한 누에 산업은 2억 달러 이상의 규모를 가지는 수출사업으로 발전하여 국가의 고부가가치 산업으로 자리 잡고 있었다(Cho et al. 2006, Choi and Park 2004).

누에의 체내에는 견 단백질을 합성하는 한 쌍의 실샘이 용액상태로 존재한다. 실샘은 크게 전부, 중부, 후부로 구분되며 전부실샘의 경우 길이는 2 cm 이며 250개의 세포로 구성된다. 중부실샘의 경우 길이는 7 cm이며 300개의 세포로 구성되며 내층, 중층, 외층 세리신 단백질을 합성

한다. 후부실샘의 경우 길이가 15 cm이며 500개의 세포로 구성되며 피브로인 단백질을 합성한다(Choi et al. 2005). 이러한 천연 견 단백질은 누에의 체내에 존재하는 실샘으로부터 합성되어지며 누에의 토사구를 통해 누에고치 형태로 만들어진다. 이러한 누에고치는 섬유형태의 피브로인과 그 주변을 감싸고 있는 세리신으로 이루어져 있다(Dyakov et al. 2011, Daithankar et al. 2005, Dash et al. 2008). 견 단백질은 70%가 피브로인, 30%가 세리신으로 구성되어 있다(Gamo et al. 1977). 피브로인의 분자 구조는 이황화 결합을 구성하는 heavy chain (H)과 light chain (L)으로 구성된다(Gstraunthaler 2003).

이러한 구조를 가진 피브로인은 Gly-X 잔기를 가지고 있으며 X 잔기에는 Ala (64%), Ser (22%), Tyr (10%)로 구성되어 있다. 또한 이차구조는 실크 I 과 실크 II로 구분된다. 실크는 α -helix와 random coil구조를 형성하고 있으며 실크 II는 역 평행 β -sheet 구조를 형성하고 있다(Grzelak 1995). 세리신은 일반적으로 누에고치의 정련 과정에서 제거되어 버려진다. 그러나 최근에는 버려지는 세

*Corresponding author. E-mail: lhsam@korea.kr

리신을 이용하여 화장품 원료로서 이용하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 이러한 세리신은 구조적으로 크게 α -세리신과 β -세리신으로 구분되며, 용해도는 α -세리신이 β -세리신보다 우수한 것으로 알려져 있다.

실크의 천연 단백질은 생체적합성 및 기계적 물성이 우수하며, 항산화(Hwang et al. 2011), 보습(Hwang, et al. 2009), 미백(Jo et al. 2011, kato et al. 1998), 항노화(Kim et al. 2012, Mondal et al. 2007) 및 세포사멸억제(Morikawa et al. 2009, Ohnishi et al. 2012)와 관련된 효과가 우수한 것으로 알려져 있다(Prasong et al. 2009).

누에를 이용한 생체소재의 개발은 매우 오래전부터 이루어져 왔다. 근래에 들어서 누에를 이용한 양잠산업은 동충하초, 누에그라, 누에화장품, 실크비누, 실크화장품, 실크인공고막 등 실용화 소재가 개발되고 있고, 이에 따라 점차 안정적인 산업 기반을 확대하고 있다.

이러한 지속적인 양잠산업의 발전을 위해서는 양잠산물이 가지고 있는 새로운 가능성을 구명한 실용화 소재 개발로 양잠산물의 수요창출이 절실하게 필요하다(Sarovart et al. 2003, Sasaki and Nakagaki 1980, Sasaki et al. 1987).

또한 본 연구에서는 독성이 없으면서 순도변화가 적은 누에실샘 미세분말을 포함하는 기능성 색조용 파우더를 개발하여 피부 보습성 및 피부 탄력성을 확인하여 소비자에게 사용 가능한 화장품 소재로서의 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시약 및 기기

본 연구에 사용된 시약은 3-(4,5-dimethyl-thiazol)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT), dimethyl sulfoxide (DMSO), 아미노산 표준시료(18종)는 Sigma-Aldrich co. (St.Louis, MO, USA)로부터, Human epidermal keratinocyte-neonatal (HEK_n), Human keratinocyte growth supplement (HKGs), Epilife medium, penicillin-streptomycin, trypsin/EDTA, Phosphate buffered saline (PBS)는 Invitrogen Co. (Carlsbad, CA, USA)에서 구입하여 사용하였다. 측정 기기로는 원심식초미세분쇄기(HKP-5, Korea Energy Technology Co., Korea), 자동아미노산분석기(Pharmacia Biotech. Biochrom 20 Plus, USA), ELISA reader (Molecular Device Corp., VERSAmax, Sunnyvale, CA, USA), 피부 수분량 측정기(corneometer CM 825, Courage-Khazaka Electronic, Cologne, Germany), 입자측정기 (Particle size analyzer) (Mastersizer S MAM 5004, Malvern Instruments, Worcestershire, UK) 등을 사용하였다.

Table 1. Formulation of functional cosmetic powder containing to silkglad powder

Chemical name	Content (%)	
	Control	Experimental
Silkglad powder	-	10
Light magnesium caronate	0.96	0.96
Kaolin	0.09	0.09
Pigment	0.87	0.87
preservative	0.1	0.1
Perfume	0.1	0.1
Talc	97.8	87.8
total	100	100

2. 누에실샘 미세분말 및 색조용 파우더 제조

본 연구에서 사용한 누에(금옥잠)는 농촌진흥청에서 사육하여 동결건조한 후에, 실샘을 분리하였다. 분리한 실샘을 원심식초미세분쇄기에 투여하여 미세분말로 가공하여 600~1,000 mesh(10~20 μ m)의 입도를 갖는 누에실샘 미세분말로 제조하여 실험재료로 사용하였다.

색조용 파우더는 전체중량 대비 10 wt%의 누에실샘 미세분말을 포함하고 나머지 성분으로 경질 마그네슘카보네이트(light magnesium carbonate), 카올린(kaolin), 방부제(preservative), 향료(perfume) 및 툤크(talc)를 넣어 총 100 g의 누에실샘 미세분말을 포함하는 색조용 파우더 시험제형(experimental cosmetics)을 제조하였고, 비교제형(control cosmetics)은 누에실샘 미세분말을 제외하고 나머지 성분을 첨가하여 제조하였다(Table 1).

3. 누에실샘 미세분말의 유리 아미노산 분석

누에실샘 미세분말을 0.01 N NaOH 10 ml로 4시간 동안 처리한 후 0.1 N HCl 10 ml를 가하여 전체가 20 ml이 되게 하였다. 이 용액을 membrane filter(acrodic 0.5 μ m)로 여과하여 아미노산 분석 시료로 사용하였다. 아미노산 조성분석은 자동아미노산분석기(Pharmacia Biotech. Biochrom 20 Plus, USA)를 이용하여 18종 아미노산 표준 시료(Sigma-Aldrich)에 대한 유리 아미노산 조성을 분석하였다.

4. 항산화 효과 측정

누에실샘 미세분말의 항산화 활성은 DPPH 라디칼의 소거능으로 확인하였다. 메탄올에 용해시킨 0.2 mM DPPH 용액 1 ml에 에탄올 1 ml를 첨가하고 누에실샘 미세분말 1 ml을 첨가하여 섞은 다음 25°C에서 30분 동안 반응시킨 후 원심분리시켜 상등액을 취하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 그 활성 크기는 시료를 넣지 않은 경우를 대조군으로 하고 시료를 넣은 것을 실험군으로 하여 다

음 식에 의해 DPPH의 활성 저해율을 나타내었다. 한편 누에실샘 미세분말 자체 흡광도를 고려하여 517 nm에서의 누에실샘 미세분말 흡광도를 측정하여 그 값을 보정 해주었다. 기존 항산화제와 비교를 위하여 15% 비타민 C를 이용하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거활성 (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 517 nm에서 시료 흡광도

B: 517 nm에서 대조군 흡광도

5. 피부 세포독성 측정

본 실험에서 사용한 Human epidermal keratinocyte neonatal (HEKn)는 1% Human keratinocyte growth supplement (HKGs)와 1% penicillin/streptomycin을 포함하고 있는 Epilife 배지로 37°C, 5% CO₂ 배양기에서 계대배양하여 실험에 사용하였다. 본 실험에 사용된 누에실샘 미세분말이 HEKn의 독성을 나타내는지 알아보기 위해서 MTT assay 실험을 수행하였다. 96 well plate에 1 × 10⁴ cells/well의 농도로 분주하였으며, 24시간 동안 배양한 후 농도별로(0, 0.1, 0.5, 1, 5, 10, 50, 100, 500, 1000 µg/ml) 누에실샘 미세분말을 처리하여 24, 48, 그리고 72시간 동안 배양하였다. 각 실험 시간동안 배양한 후 MTT (5 mg/ml) 용액을 각 well에 첨가하여 3시간 동안 반응시켰다. MTT 용액을 제거하고 각 well에 DMSO를 넣고 formazan을 용해한 후 570 nm에서 흡광도를 측정하고 그 결과를 control 값에 대한 비율로 나타내었다.

6. 색조용 파우더 입도 측정

누에실샘 미세분말을 포함하는 색조용 파우더 시험제형(experimental cosmetics)과 비교제형(control cosmetics)의 입자 안정성을 측정하기 위하여 광학현미경을 이용하여 입자를 관찰하였고 입자 크기를 측정하기 위하여 실온에서 3개월 보관한 화장품을 15배 희석하여 입자측정기(Particle size analyzer)를 이용하여 30회 반복하여 각각의 분산 입자크기를 측정하고 평균값을 나타내었다.

7. 피부 보습력 측정

시험대상은 정상피부, 지성피부, 건성피부를 갖는 20~50대 성인 여성 총 30명을 대상으로 하였다. 1일 1회씩 총 3주간 안면 좌측은 누에실샘 미세분말을 포함하는 시험제형을 바르고 안면우측은 비교제형으로 하는 대조군을 화장하여 시험 종료에 색조용 파우더에 대한 피부보습력을 확인하였다. 피부보습력은 피부수분량 측정기(Corneometer)를 이용하여 실험자의 피부보습력을 측정하였으며, 평가 기준은 개선없음(0 = 0), 약간향상(+ = 1), 다소향상(++ = 2),

명확하게 향상(+++ = 3), 매우 명확하게 향상(++++) = 4)으로 평가하였다. 실험은 실내온도 24.2 ± 2.3°C, 상대습도 43.3 ± 2.5%에서 이루어졌다.

8. 피부 탄력도 측정

시험대상은 정상피부, 지성피부, 건성피부를 갖는 20~50대 성인 여성 총 30명을 대상으로 하였다. 1일 1회씩 총 3주간 안면 좌측은 누에실샘 미세분말을 포함하는 시험제형을 바르고 안면우측은 비교제형으로 하는 대조군을 화장하여 시험 종료에 색조용 파우더에 대한 피부탄력도를 확인하여 3주전 후의 차이를 계산하였다. 피부 탄력도는 피부진단 시스템기(Etude System)를 확인하였다. 피부 탄력도 실내온도 24.2 ± 2.3°C, 상대습도 43.3 ± 2.5%에서 이루어졌다.

9. 통계처리

본 연구의 실험 결과들은 3회 반복하였고, 모든 자료의 통계분석은 SPSS 18.0을 사용하여 실시하였다. 이 때 분산분석은 ANOVA test로, 각 시험구간의 평균 차이에 대한 유의성 검증은 Duncan multiple range test를 이용하여 p < 0.05 수준일 때 유의한 차이가 있는 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

1. 누에실샘 아미노산 조성

누에실샘 미세분말의 아미노산 조성에 대한 분석 결과를 Table 2에 나타내었다. 누에고치 분말에서는 glycine(38.10%) > alanine(27.50%) > serine(17.8%) 등의 순으로 조성되어 있으며, 누에실샘 미세분말에서는 serine(26.77%) > aspartic acid(15.47%) > glycine(9.62%) 등의 순으로 아미노산 조성을 확인하여 누에실샘 미세분말에서는 보습효과가 우수한 아미노산인 serine, aspartic acid 조성이 상위 조성 비율을 나타내어 보습효과가 탁월할 것으로 사료된다.

2. 항산화 효과

활성산소종(ROS, reactive oxygen species)에 의해 개시된 지질과산화 반응은 피부 면역력을 억제하고 염증을 유발시켜 피부 탄력 감소, 주름, 기미 등의 각종 피부질환을 야기하여 피부 노화를 가속화시키는 원인이 된다. 따라서 생체 내 뿐만 아니라 피부에서 생성되는 활성산소나 지질라디칼의 연쇄반응을 종결시키는 vitamin, carotenoid, flavonoids 등의 항산화 물질은 피부 노화를 지연시키는 주요 수단이 되기에 DPPH 반응을 통하여 항산화 활성을 알아볼 수 있다(Ngawhirunpat et al., 2010). 누에실샘 미세분말과 비타민 C의 free radical 소거활성 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 누에실샘 미세분말의 free radical 소거활성은 비타민 C

Table 2. The amino acids composition of silkglad powder.

구분	sigma-Aldrich	silk powder	silkglad powder
Asparatic acid	18.61	2.23	15.47
Glutamic acid	4.58	1.73	7.15
Serine	30.26	17.80	26.77
Glycine	9.40	38.10	9.62
Histidine	2.43	0.18	1.75
Arginine	4.20	0.33	3.42
Threonine	9.52	-	6.96
Alanine	3.83	27.50	4.86
Proline		5.01	0.78
Tyrosine	2.14	2.26	4.05
Valine	3.75	1.45	2.74
Methionine	-	0.18	0.13
Cystine	0.87	-	0.54
Isoleucine	0.72	0.23	0.84
Leucine	1.15	0.53	1.79
Phenylalanine	1.39	0.30	0.77
Lysine	3.74	0.73	5.54

Table 3. The particle size of functional cosmetic powder containing to silkglad powder

	Experimental	Control
Particle size (μm)	11.5	14.5

(97%) 보다 낮은 활성을 보였지만 82.3%로 높은 수준의 항산화 활성을 보유하고 있음을 확인할 수 있었다.

3. 피부 세포독성 확인

누에실샘 미세분말 농도에 의한 세포 생존율을 Fig. 2에 나타내었다. 시간별, 농도별 의존적으로 세포 생존율의 감소를 나타냈다. 24시간 후 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 3.43% 감소하였고, 72시간 후에는 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 5.71% 유의적으로 세포 생존율이 감소되었다. 하지만 누에실샘 미세분말 농도가 시간별, 농도별 증가하여도 IC_{50} 이하의 값을 나타내므로 누에실샘 미세분말이 피부 세포에 강한 독성이 없음을 확인하였다.

4. 입도 측정

본 연구의 시험제형의 입자크기가 비교제형보다 작으 크기임을 확인할 수 있으므로(Table 3), 피부에 자극없이 고르게 퍼 바를 수 있음을 알 수 있었다. 누에실샘 미세분말의 입자크기는 기초화장 후 덧바르는 색조의 발색효과에 영향을 주지 않으면서 추가되는 다른 재료들과 잘 융합되도록 하기 위해서는 입자 크기가 10~20 μm 정도

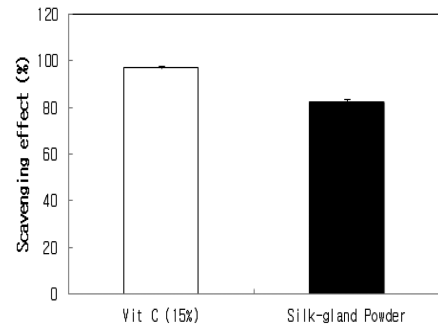


Fig. 1. Antioxidative activity effect of silkglad powder.

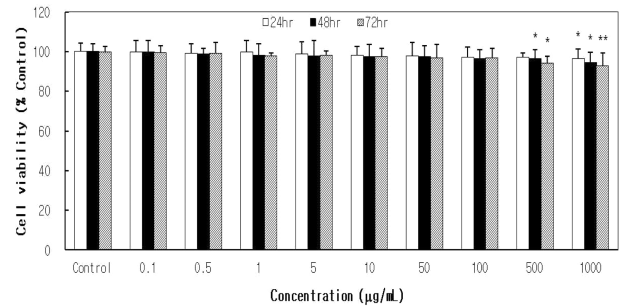


Fig. 2. Effect of silkglad powder on cell viability in HKEn.

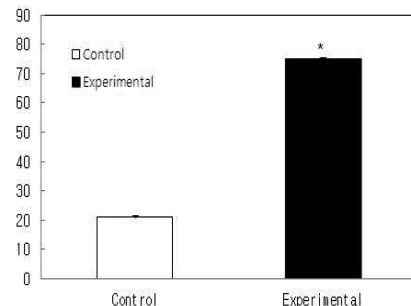


Fig. 3. The moisture effect of cosmetic powder containing silkglad powder.

의 미세분말로 가공된 것이 좋다고 사료된다.

5. 피부 보습성 확인

피부의 보습 개선 효과를 평가하기 위하여 누에실샘 미세분말이 첨가된 시험제형을 이용하여 피부 보습력을 측정된 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 본 연구에서는 에탄올과 같은 용매를 사용하지 않아 피부에 유해하지 않으면서 피부 수분 함량에 있어 보다 높은 증가를 보여주었다. 결과적으로 시험제형이 비교제형에 비해 수치적으로 40이 더 많아서 피부 보습력이 210% 향상됨을 알 수 있었다.

6. 피부 탄력성 확인

일반적으로 널리 알려진 주름 개선제로는 레티놀 및 레

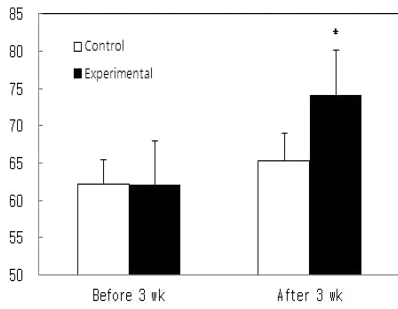


Fig. 4. The elasticity effect of cosmetic powder containing silk gland powder.

티놀 유도체, 토크페롤 및 토크페롤 유도체, 7-데히드록시 콜레스테롤, 우르솔산, 2-데옥시아테노신 등이 사용되고 있다. 그러나 위와 같은 주름개선제는 일반적인 에멀전에 함유시킬 때 산소 및 자외선 등과 같은 외부 환경 요인에 의해 산화되어 그 역할이 소실되어 본래의 기능이 감소된다.

세리신에 수용성 고분자인 polyethylenglycol (PEG)을 결합 시킨 뒤 얻어지는 접합체를 화장품에 첨가하여 피부 주름 개선에 관하여, 세리신 자체의 물리적 특성으로 인해 용매에 잘 녹지 않는 특성을 가지고 있어 양친매성이 우수한 PEG를 화학결합 시키면 유기용매에 잘 녹기 때문에 세리신-PEG 결합체는 유기용매에 녹아 나노입자 형성이 가능하므로 기능성화장품 활용이 가능한 새로운 자기-집합(self-assembled) 나노입자를 제조하는 연구가 되었다.

그러나 세리신을 pH 8~10의 염기성 완충 수용액에서 반응시켜 PEG-세리신 결합체를 제조한 후 유기용매 내에서 투석에 의해 입자를 제조하여 에탄올, 메탄올, 디메틸 포름아미드, 테트라히드로푸란 등의 유기용매에 용해시키므로 인체에 유해할 가능성이 높게 존재하는데, 본 연구에서는 유해 용매를 사용하지 않고 실험대상 화장품이 비교대상 화장품에 비해 그 차이가 182의 수치적 차이가 나타났으므로, 피부 탄력성이 185% 향상됨을 알 수 있었다 (Fig. 4).

결 론

본 연구에서는 익은누에를 동결건조하여 실샘을 분리하여 미세분말로 가공한 후에 이를 포함한 기능성 색조용 파우더 화장품의 특성을 조사하고, 항산화 활성, 세포독성, 피부 보습성 및 피부 탄력성을 평가하였다.

정상 피부의 각질층은 약 30% 정도의 수분이나 수용성 성분을 함유하고 있지만 수분함량이 20% 이하로 떨어지면 피부 각질화가 나타나는데 이를 예방하기 위해 피부

는 수분을 함유할 수 있도록 각질층 내에 아미노산, 당류와 같은 천연보습인자(NMF, natural moisturizing factor)를 가지고 있어 수분 유지에 중심적 역할을 한다(Robinson et al. 2010). 천연보습인자 성분 중 아미노산은 나이에 따라 뚜렷하게 감소하는데 이는 keratohyalin 입자에서 유래되는 profilaggrin의 합성이 줄어들어 피부장벽의 기능 감소를 가속화시킨다(Hatano et al. 2011). 이처럼 각질층에 함유되어 있는 일정 성분 비율의 아미노산은 보습, 탄력 및 원활한 각질화 등에 관여하는 매우 중요한 성분으로, 실크단백질은 피부 각질층을 구성하는 아미노산과 유사한 glycine, alanine, serine, threonine, aspartic acid 등을 풍부히 함유하고 있어 피부 친화성이 매우 높은 것으로 보고되어 있다(Vasconcelos et al. 2008). 누에실샘 미세분말과 누에분말의 아미노산 조성은 대부분 비슷한 조성 비율을 보였으며, 피부 친화적인 아미노산 성분들은 전체 아미노산 비율에서 상위의 조성 비율을 나타내었다. 특히 누에실샘 미세분말의 아미노산 중 보습인자인 serine과 aspartic acid는 누에분말보다 전체 아미노산 중 높은 조성 비율로 함유하고 있고, OH기를 지닌 serine, threonine 같은 아미노산을 함유하고 있기 때문에 보습효과가 뛰어난 화장품 소재로서 유효할 것으로 사료된다. 또한 단백질 분자량을 저하시키면 단백질 크기도 작아지면서 표면적이 증가하게 되어 보다 많은 친수성 아미노산이 표면에 위치할 가능성이 높으며, 소수성 아미노산은 저분자화로 인하여 표면으로 노출될 가능성이 높을 것이다. 아미노산 중에 항산화능이 우수한 아미노산은 cystine, histidine, lysine, tryptophan, tyrosine 등이 존재하는데 (Manosroi et al. 2010), 그 중 세리신의 아미노산 조성에서 histidine과 lysine은 친수성 아미노산으로 단백질 표면에 존재하며, tryptophan과 tyrosine은 소수성 아미노산이지만 변성에 의해 표면으로 노출되어 더 우수한 항산화능이 있다는 보고가 있다(Kim et al. 2009). 누에실샘 미세분말은 항산화 물질인 비타민 C보다는 낮은 free radical 소거활성을 나타냈지만 항산화능이 있는 아미노산을 다수 보유하고 있어서 비교적 우수한 항산화 효과가 있는 것으로 사료된다.

누에실샘 미세분말과 누에분말의 아미노산 분석 결과 보습인자인 serine (26.77%)의 조성이 전체 아미노산 조성 비율에서 상위의 조성을 나타내었지만 누에실샘 미세분말이 누에분말보다 150% 이상 함유하고 있어 보습효과가 우수할 것으로 사료된다. 누에실샘 미세분말을 함유한 시험제형이 함유하지 않은 비교제형보다 입자 크기를 확인하였고, 이는 화장품의 분산도 향상 및 효율을 향상시켜 기초화장 후 고르게 발라지고 특히 색조발색에 영향을 주지 않아 화사한 피부색을 표현할 수 있을 것으로 사료된다.

누에실샘 미세분말의 함량이 5 중량%일 경우 피부 보습성 및 탄력성이 낮게 나타나고, 20 중량%를 초과하는 경우에는 색조 파우더용 화장품 제조시 사용되는 통상의 재료들과 혼합이 잘 이루어지지 못해 파우더로 사용하기에 부적합한 사태의 제품으로 생산된다. 또한 항산화 물질인 비타민 C보다 낮은 DPPH 라디칼 소거활성을 나타냈지만 우수한 항산화 활성을 지닌 것으로 확인하였다. 이는 단백질의 분자량을 저하시키면 단백질 크기도 작아지면서 표면적이 증가하게 되어 보다 많은 친수성 아미노산이 표면에 위치할 가능성이 생키며 소수성 아미노산은 저분자화로 인하여 표면으로 노출될 가능성이 높을 것으로 생각된다.

아미노산 중에 항산화능이 우수한 아미노산은 cystine, histidine, lysine, tryptophan, tyrosine 등이 존재하는데, 그 중 세리신의 아미노산 조성에서 histidine과 lysine은 친수성 아미노산으로 단백질 표면에 존재하며, tryptophan과 tyrosine은 소수성 아미노산이지만 변성에 의해 표면으로 노출되어 더 우수한 항산화능을 나타내는 것으로 사료된다. 누에실샘 미세분말을 함유한 시험제형과 함유하지 않은 비교제형의 보습성 및 탄력성을 확인한 결과, 비교제형보다 피부 보습력과 탄력성은 각각 210%와 185% 증가한 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과를 토대로 누에실샘 미세분말을 함유한 화장품은 피부에 매우 우수한 보습 및 탄력 증가에 효과가 있을 것으로 사료된다.

이와 같은 결과들은 기존의 제조방법과 달리 유해한 용매를 사용하지 않으며, 고온 고압의 공정을 사용하지 않고 제조한 누에실샘 미세분말을 함유한 화장품은 피부 세포에 비교적 안정하며, 피부에 항산화, 보습 및 탄력 효과 등을 가지는 것을 확인할 수 있었으며, 미백과 주름개선 등에 대한 효과를 발휘할 수 있도록 보완 연구가 이루어진다면 누에실샘을 기능성 화장품의 소재로서 활용될 수 있는 가능성이 높을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ008559) 지원에 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

인용문헌

Aramwit P, Sangcakul A (2007) The effects of sericin cream on wound healing in rats. *Biosci Biotechnol Biochem* **71**, 2473~2477.
Choi SS, Park TH (2004) Antioxidant activity of silkworm hemolymph extracts. *Theories and Appl of Chem Eng* **10**, 15~23.

Choi SS, Rhee WJ, Park TH (2005) Beneficial effect of silkworm hemolymph on a CHO cell system: inhibition of apoptosis and increase of EPO production. *Biot-echnol Bioeng* **10**, 1~8.
Cho SW, Kim JD, Lee KW, Choi DG, Han SK, Lee YJ, Cho HK (2006) Stimulation of insulin secretion and immune system in silk peptide and chitosan oligosaccharides. *Kor J Gerontol* **16**, 88~93.
Daithankar AV, Padamwar MN, Pisal SS, Paradkar AR, Mahadik KR (2005) Moisturizing efficiency of silk protein hydrolysate : Silk fibroin *Indian J Biotech* **4**, 115~121.
Dash R, Mandal M, Ghosh SK, Kundu SC (2008) Silk sericin protein of tropical tasar silkworm inhibits UVB-induced apoptosis in human skin keratinocytes. *Mol Cell Biochem* **311**, 111~119.
Dyakonov TC, Yang H, Bush D, Gosangari S, Majuru S, Fatmi A (2011) Design and characterization of a silkfibroin-based drug delivery platform using naproxen as a model drug. *J Drug Deliv* **2012**, 1~10.
Gamo T, Inokuchi T, Laufer H (1977) Polypeptides of fibroin and sericin secreted from the different section of the silkglad in *Bombyx mori*. *Insect Biochem* **7**, 285~295.
Grzelak K (1995) Control of expression of silk protein genes. *Biochem Mol Biol* **110**, 671~681.
Gstraunthaler G (2003) Alternatives to the use of fetal bovine serum : serum-free cell culture. *ALTEX* **20**, 275~281.
Hatano Y, Elias PM, Crumrine D, Feingold KR, Kataqiri K, Fujiwara S (2011) Efficacy of combined peroxisome proliferator-activated receptor- α ligand and glucocorticoid therapy in a murine model of atopic dermatitis. *J Invest Dermatol* **131(9)**, 1845~1852.
Hwang JG, Yun JK, Han KH, Do EJ, Lee JS, Lee EJ, Kim JB, Kim MR (2011) Anti-oxidation and anti-aging effect of mixed extract from korean medicinal herbs. *Kor J Herbology* **26**, 111~117.
Hwang WJ, Jeong SN, Kim YS, Pi SH, You HK, Chung CP, Shin HS (2009) Clinical study of guided bone regeneration of extracted socket with PLA/PGA membrane and silk fibroin membrane. *J Korean Acad Periodontol* **39**, 129~138.
Jo YY, Kweon HY, Lee KG, Nam SH, Lee HS, Yeo JH (2011) The promotion of cell attachment and proliferation on silk fibroin. *J Appl Biol Chem* **54**, 166~170.
Kato N, Sato S, Yamanaka A, Yamada H, Fuwa N, Nomura M (1998) Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Biosci Biotechnol Biochem* **62**, 145~147.
Kim HA, Lim YJ, Park JH, Cho YH (2012) Dietary silk protein, sericin, Improves epidermal hydration with increased levels of filaggrins and free amino acids in NC/Nga mice. *Br J Nutr* **10**, 1~10.
Kim MK, Oh HJ, Lee JY, Lee JY, Lee KH (2009) Enzymatic hydrolysis of silk sericin and its anti-oxidative effect. *J Soc Cosmet Sci Korea* **35(2)**, 135~141.
Manosroi A, Boonpisuttinant K, Winitchai S, Manosroi W, Manosroi J (2010) Free radical scavenging and tyrosinase inhibition activity of oils and sericin extracted form Thai native silkworms (*Bombyx mori*). *Pharm Biol* **48(8)**, 855~860.
Mondal M, Trivedy K, Kumar SN (2007) The silk protein, sericin and fibroin in silkworm, *Bombyx mori* Linn. a review. *Caspian*

- J Env Sci **5**, 63~76.
- Morikawa M, Kimura T, Murakami M, Katayama K, Terada S, Yamaguchi A (2009) Rat islet culture in serum-free medium containing silk protein sericin. J Hepatobiliary Pancreat Surg **16**, 223~228.
- Ngawhirunpat T, Opanasopi P, Sukma M, Sittisombut C, Kat A, Adachi I (2010) Antioxidant, free radical-savenging activity and cytotoxicity of different solvent extracts and their phenolic constituents from the fruit hull of mangosteen (*Garcinia mangostana*). Pharm Biol **48(1)**, 55~62.
- Ohnishi K, Murakami M, Morikawa M, Yamaguchi A (2012) Effect of the silk protein sericin on cryopreserved rat islets. J Hepatobiliary Pancreat Sci **19**, 354~360.
- Prasong S, Yaowalak S, Wilaiwan S (2009) Characteristics of silk fiber with and without sericin component : A comparison between *Bombyx mori* and *philosamia ricini* silks. Pakistan J of Biol Sci **12**, 872~876.
- Robinson M, Visscher M, Laruffa A, Wickett R (2010) Natural moisturizing factors (NMF) in the stratum corneum (SC). I. effect of lipid extraction and soaking. J Cosmet Sci **61(1)**, 13~22.
- Sarovart S, Sudatis B, Meesilpa P, Brian P, Magaraphan R (2003) The use of sericin as an antioxidant and antimicrobial for polluted air treatment. Rev Adv Mater Sci **5**, 193~198.
- Sasaki S, Nakagaki I (1980) Secretory mechanism of fibroin, a silk protein, in the posterior silk gland cells of *Bombyx mori*. Membr Biochem **3**, 37~47.
- Sasaki, T, Kobayashi K, Ozeki T (1987) Interaction of silkworm larval hemolymph antitrypsin and bovine trypsin. J Biochem **102**, 433~441.
- Vasconcelos A, Freddie G, Cavaco-Paulo A (2008) Biodegradable materials based on silk fibroin and keratin. Biomacromolecules **9(4)**, 1299~1305.