

락툴로스 함유 듀올리고 섭취에 의한 피부개선 효과

홍양희·정은영*·서형주**·한성희***†

수원여자대학교 미용예술과, *전주대학교 가정교육과,
고려대학교 바이오시스템의과학부, *고려대학교 생물신소재연구소
(2016년 10월 11일 접수, 2016년 11월 14일 수정, 2016년 12월 5일 채택)

Skin Health Effect of DuOligo Intake Containing Lactulose

Yang-Hee Hong, Eun Young Jung*, Hyung Joo Suh**, and Sung Hee Han***†

Department of Beauty Art, Suwon Women's University, 72 Onjeong-ro, Gwonseon-gu, Suwon, Gyeonggi-do 16632, Korea

*Department of Home Economic Education, Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

**School of Biosystem and Biomedical Science, Korea University, Seoul 02841, Korea

***Institute for Biomaterials, Korea University, Korea University, Seoul 02841, Korea

(Received October 11, 2016; Revised November 14, 2016; Accepted December 5, 2016)

요약: 본 연구에서는 락툴로스(lactulose) 51.67%와 갈락토올리고당(galactooligo saccharides) 15.8%로 이루어진 듀올리고(DuOligo)의 섭취를 통하여 피부개선 효능을 조사하였다. 40 ~ 60 대의 건강한 여성 37명을 대상으로 대조군(덱스트린)과 실험군(듀올리고군)으로 나누어 각각 8주 동안 섭취 후, 수분보유량, 경피피수분손실량, 멜라닌지수, 홍반지수와 주름지수를 측정하였다. 그 결과, 듀올리고 섭취 8주 후의 수분 보유량은 대조군에 비하여 수분 보유량이 38.22% 유의적으로 증가하였다($p < 0.01$). 대조군의 경피수분손실량은 8주후 3.39 g/h/m²로 감소한데 비하여 듀올리고군의 경피수분손실량은 8주후 5.32 g/h/m² 감소하였다. 대조군의 멜라닌 지수는 시간에 따라 그 값이 유의적으로 증가하였으나, 듀올리고군의 멜라닌 지수는 시간에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다. 또한, 듀올리고군은 대조군에 비하여 주름의 총 넓이, 총 주름의 길이, 주름의 수 및 주름의 깊이가 확연하게 감소하였다($p < 0.05$). 듀올리고의 피부개선 기능성 소재로서의 응용 가능성을 확인하였다.

Abstract: In this study, the skin-improving effect was investigated through the oral intake of DuOligo (51.67% lactulose and 15.8% galactooligosaccharides). Thirty seven healthy women (40 ~ 60 in ages) were divided into placebo group (dextrin) and treatment group (DuOligo group), and each group was given a sample for oral intake for 8 weeks. After that, corneometer value, transepidermal water loss (TEWL), melanin index, erythema index, and wrinkle index were measured. As a result, moisture content of DuOligo group increased 38.22% than control group after 8 weeks significantly ($p < 0.01$). The TEWL of control group decreased by 3.39 g/h/m² after 8 weeks but the TEWL of DuOligo group decreased by 5.32 g/h/m² after 8 weeks. The melanin index of the control group was significantly increased with times, but the melanin index of the DuOligo group did not show any significant difference with times. The total wrinkles, length of total wrinkles, number of wrinkles, and depth of wrinkles significantly decreased ($p < 0.05$) compared to the control group. These results suggested that the applicability of DuOligo as a skin improving functional material was confirmed.

Keywords: DuOligo, lactulose, human skin, wrinkle, whitening

1. 서 론

노화에 따른 변화는 피부를 구성하는 세포들의 회복 작용 저하에 의하며, 이들 변화의 원인은 나이에 따른 노화의 과정으로 일어나는 내인성 노화와 지속적인 자외선 노출에 의하여 야기되는 광노화로 분류된다[1,2]. 내인성 노화의 임상적 특징은 미세한 주름, 진피의 위축, 피하지방층의 감소 등이 관찰되며, 광노화의 임상적인 특징은 굵고 깊은 주름이 발생하며, 멜라닌세포의 활성 증가로 불규칙한 색소침착이 발생하며, 피부가 매우 거칠고, 건조해지며, 탄력성이 감소하여 심한 경우 피부가 처지는 증상을 나타낸다[3]. 이들 내인성 또는 광노화의 두 가지 요인은 공통적으로 활성산소를 생성하며 적절하게 제거되지 못한 활성산소가 피부의 회복작용을 방해하여 피부노화를 가속화시킨다는 것이다[4].

최근 들어, 연구의 중심이 되고 있는 소재 중 하나가 천연 올리고당이다. 올리고당은 대부분 장에서 비피더스균을 선택적으로 증식시켜 많은 프리바이오틱스(prebiotics) 효능을 나타내므로 이들의 작용기전이나 영양소와의 상호작용 및 면역활성 등 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있다[5-7]. 그중에서도 락툴로스(lactulose)와 같은 경우는 정장적용에 도움을 주며, 이로 인해 인체 내 사이토카인(cytokines)의 변화를 초래함에 따라 피부건강을 개선할 수 있을 것으로 추정하고 있다[8].

듀올리고(DuOligo)는 유당을 원료로 하여 제조한 dual type oligosaccharide로 51.67%의 락툴로스(lactulose)와 15.80%의 갈락토올리고당(galactooligo saccharides)으로 구성되어 있으며, 모유성분이 함유되어 있어서 생리기능성이 우수한 기능성 감미 소재로 알려져 있으나 이에 대한 기반 연구가 매우 빈약한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 임상실험을 통하여 듀올리고 섭취가 피부건강을 개선할 수 있는 식이 소재로의 활용에 과학적 기반을 마련하고 그 기능성을 증명하여 화장품으로의 적용 범위 확대를 도모하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

실험에 사용된 듀올리고는 락툴로스 51.67%, 갈락토

올리고당 15.80%, 락토오스(lactose) 14.22%, 포도당과 갈락토오스 혼합물(mixture of glucose and galactose) 12.32% 및 기타 첨가물(other ingredient) 12.32%로 구성되어 있다. 실험재료 중 위약은 덱스트린(dextrin)을 이용하여 시료와 동일한 포장 안에 담아 제공하여 연구대상자로 하여금 위약과 시험시료를 구분하지 못하도록 하였고, 이는 (주)네오크레마(Neo Crema Co., Ltd., Korea)로부터 제공받았다.

2.2. 대상자 선정 및 배정방법

본 연구를 위하여 40 ~ 60 대의 건강한 여성을 연구대상자로 하였고, 이들은 연구목적과 내용 등에 대한 충분한 설명을 청취하고, 자발적으로 임상실험 동의서에 서명한 지원자들이다. 실험기간 동안 추정관찰이 가능한 36명을 대상으로 선정하였으나, 개인사정으로 중도 탈락한 2명을 제외한 34명을 대상으로 한 측정결과를 통계 분석하였다.

실험에 적합한 대상자 선정은 식품의약품안전처에서 제공하는 기능성화장품의 유효성 평가를 위한 가이드라인을 기준으로 선정하였다. 대상자는 특별한 질환이 없는 40세 이상의 건강한 비흡연자로, Fitzpatrick[9]가 분류한 피부타입 중 II과 III에 해당하는 자로 정했다. 제외 대상자의 기준은 다음의 10가지로 하였다. (1) 피부타입 I·V, 알레르기, 광선과민증, 화상, 일광 화상, 대사성 질환, 피임약을 제외한 약물 복용, 알코올을 과하게 소비하는 자 (2) 임신, 수유 중이거나 3개월 이내에 계획을 가진 자 (3) 최근 6개월 이내 피부질환 치료를 위해 스테로이드가 함유된 피부외형제를 시험부위에 1개월 이상 사용자 (4) 피부질환, 안과질환, 고열, 만성 소모성 질환(암, 간염, 고혈압, 천식 등)을 가진 자 (5) 동일한 실험에 참가한 뒤 4주가 경과하지 않은 자 (6) 연구 시작 전 3주 이내에 시험부위에 주름개선 또는 미백 기능성 화장품을 사용한 자 (7) 시험부위에 점, 여드름, 홍반 등으로 인해 정확한 판단에 지장을 주는 병변을 갖은 자 (8) 연구시작 6개월 전 피부박피수술, 주름제거시술, 조직검사 등을 받은 자 (9) 연구시작 전 3개월 이내에 락툴로스나 갈락토올리고당 추출물이 들어있는 화장품이나 식품을 사용한 자 (10) 그 외 연구책임자의 판단으로 시험에 부적합하다고 생각되는 자 등과 같은 제외 기준을 두어 선정하였다.

2.3. 연구설계 및 측정부위

본 임상연구는 전주대학교 생명윤리위원회 승인(jjIRB-160415-HR-2016-0608)하에 진행되었다. 텍스트린과 듀올리고 시료는 각각 17명씩 두 그룹으로 나눈 연구대상자들에게 지급하였다. 연구대상자들은 8주 동안, 1일 1회 취침 전 액상으로 제공된 시료를 하루 총 4.5 g을 섭취하도록 하였다.

측정부위의 피부 및 주름 측정 전에 동일한 세안제로 세안을 한 후 항온(22 ~ 25 °C)과 항습(40 ~ 60%) 조건에서 30 min 정도 안정을 취하게 한 후 측정하였다. 매일 동일한 위치에서 측정하기 위해, 안구 외측 영역(crow's feet)은 외측 눈꼬리(lateral canthus)에서 1 cm 거리에서 수분보유량, 경표피수분증발량, 멜라닌 지수와 홍반지수를 1회에 3번씩 측정하였고, 같은 부위에서 모사판을 획득하였다. 연구자의 개인 차이에 의한 오차를 제거하기 위하여 실험기간 동안 동일연구자가 측정하였다. 피험자의 수분보유량, 경표피수분손실량, 멜라닌지수와 홍반지수는 2주 간격으로 8주 동안 1차 측정방법과 동일한 방법으로 총 5회(0, 2, 4, 6, 8주)에 걸쳐 측정하였으며, 주름은 실험 시작(0주)과 마지막(8주)에 총 2주에 걸쳐 측정하였다(Figure 1).

2.4. 피부상태 측정

피부표면수분량은 Corneometer CM825 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Germany)를 이용하여 측정하였다. 감지기를 측정 부위 피부 표면에 밀착시킨 후 가볍게 누르면 나타나는 수치를 측정치로 사용하였다. 경표피수분손실량(trans-epidermal water lose, TEWL)은 Tewameter TM300 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Germany)를 이용하였다. 피검부위는 반드시 지면에 대하여 수평을 유지하여 측정하였고, 측정치는 수치가 안정된 값을 가질 때 필터 단추를 눌러 최종값으로 결정하였으며, 측정계수는 g/h/m²이다. 멜라닌지수(melanin index, MI)와 홍반지수(erythema index, EI)는 피부색조분석에 가장 적합한 멜라닌과 혈액소에 대응하는 서로 다른 3종의 파장대를 갖는 광원 16개가 원형으로 배치된 센서 probe (narrow-band reflectance spectrophotometric measurement)를 특징으로 하는 Mexameter MX18 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Germany)를 이용하여 측정하였다[10]. 피부모사판(replica)은 실리콘 용액 Siliflo (flexico LTD, England)를

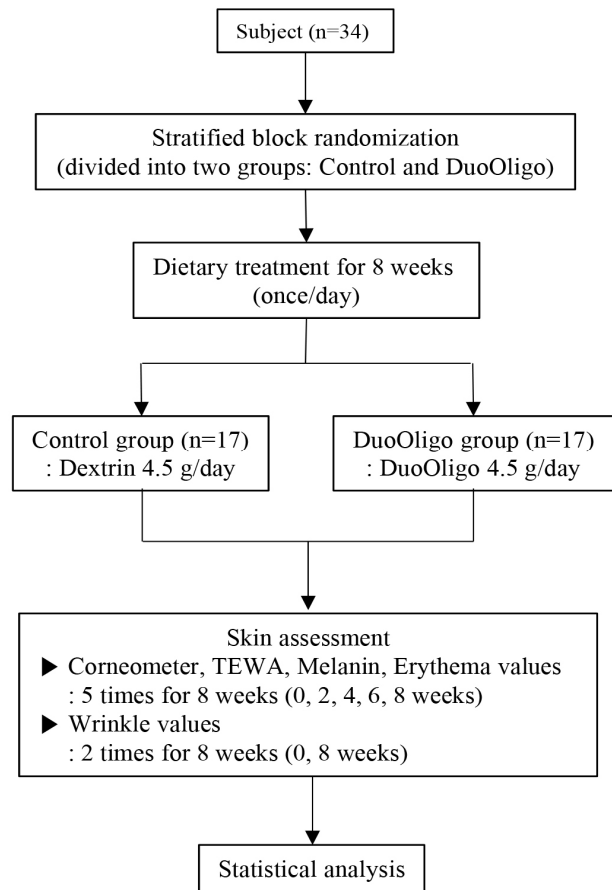


Figure 1. Study design.

이용하여 좌측 안면부 안각(lateral cathus)의 1 cm 지점에서, 실리콘 용액 5 g에 촉매제를 1 ~ 2 방울 떨어뜨린 후 균일하게 혼합하여 혼합용액을 떠서 눈꼬리 외측 1 cm 부위에 도포하였다. 도포과정 중 기포가 발생하지 않도록 하였고, 약 5 min 경과 후 실리콘 용액이 경화되면 광대뼈 쪽의 끝부분부터 모사판을 떼어냈다. 제작된 모사판의 형태와 기포 발생 여부 등을 확인한 후에 상온에서 보관하였다. 실험 기간 동안 제작된 모든 모사판은 Visioline[®]VL650 (Courage & Khazaka electronic GmbH, Germany)을 사용하여 동일한 조건에서 지표를 분석하였다.

2.5. 통계분석

실험결과는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였으며, 모든 측정항목에 대해 평균(means)과 평균의 표준오차(standard error of the means,

Table 1. Changes in Skin Value Index for 8 Weeks of Treatment of Formulations Containing DuOligo

Variable index	Control group (N = 17)				
	0 Week	2 Weeks	4 Weeks	6 Weeks	8 Weeks
Moisturizing	72.59 ± 2.21	71.10 ± 2.64	76.87 ± 2.16	76.62 ± 2.41	76.93 ± 2.90
TEWL (g/h/m ²)	22.29 ± 3.42	21.60 ± 2.19	18.31 ± 2.25	18.93 ± 2.41	18.91 ± 2.23
Melanin	158.82 ± 9.74	161.53 ± 9.50	171.16 ± 8.38**	172.08 ± 9.06**	178.49 ± 9.46**
Erythema	251.08 ± 11.59	248.67 ± 14.09	248.86 ± 10.37	253.76 ± 9.61	257.78 ± 10.61
Variable index	DuOligo group (N = 17)				
	0 Week	2 Weeks	4 Weeks	6 Weeks	8 Weeks
Moisturizing	67.60 ± 2.46	74.30 ± 2.69**	80.73 ± 1.83***	77.75 ± 2.09***	78.98 ± 2.33***
TEWL (g/h/m ²)	20.94 ± 2.56	20.16 ± 2.05	16.80 ± 1.57	15.59 ± 1.39*	15.62 ± 1.44*
Melanin	153.24 ± 6.02	155.33 ± 6.04	156.76 ± 6.04	159.94 ± 7.47	158.59 ± 6.05
Erythema	262.69 ± 13.19	271.80 ± 14.25	259.61 ± 11.41	263.59 ± 10.52	264.00 ± 10.54

Asterisk indicates a significant difference ($*p < 0.05$, $**p < 0.01$, $***p < 0.001$) between baseline and at each week by a repeated measure ANOVA followed by Bonferroni-adjusted pairwise comparisons within groups. Values are means ± S.E.M for subjects, respectively. TEWL; transepidermal water loss.

S.E.M)를 산출하였다. 두 가지 시료 간의 시간에 따른 수분보유량, 경표피수분증발량, 멜라닌지수와 홍반지수에 대한 군내의 변화측정 비교는 유의수준 $p < 0.05$ 에서 repeated measurement ANOVA로 분석하였으며, 군간의 변화는 Δ 값을 이용하여 independent t -test로 분석하였다. 또한 모사판을 통한 군내의 주름측정 비교는 paired t -test로, 2가지 시료의 군간 비교는 Δ 값을 이용하여 independent t -test로 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수분보유량 변화

피부 표면 수분보유량 결과는 Table 1과 Figure 2에 나타냈다. 피부 표면의 수분 보유량을 측정하기 위하여 corneometer를 사용하였는데, 피부 표면에 접촉하는 전극 간격을 통해 전도되는 전류의 정전부하용량(capacitance)을 측정하는 원리를 이용한 기기로 피부의 수분보유량과 정전부하용량은 서로 비례하므로 피부의 보습도가 높을수록 corneometer로 측정되는 수치가 높게 나타나게 된다. 측정단위는 피부습도의 상대적 인 arbitrary unit (AU)로 나타낸다[11]. 텍스트린을 섭취한 대조군은 0주(72.59 AU)와 비교하여 2주(71.10 AU), 4주(76.87 AU), 6주(76.62 AU)와 8주(76.93 AU)로 수분보유량이 2주를 제외하고는 4주부터 각각 4.28

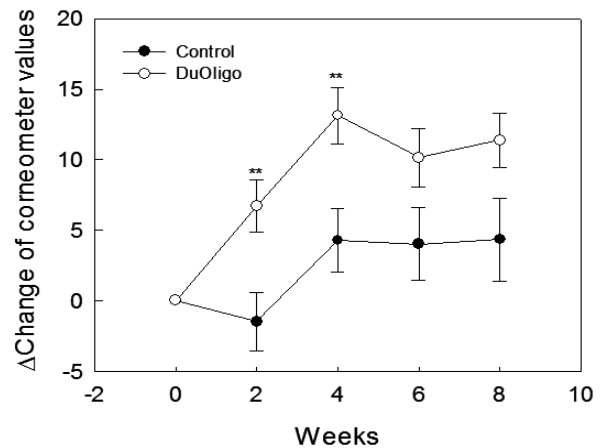


Figure 2. Changes in corneometer value for 8 weeks of treatment of formulations containing DuOligo. Significant differences were indicated by asterisk ($**p < 0.01$ and $*p < 0.05$) between Δ changes in two groups at each week by t -test. Values are means ± S.E.M for subjects, respectively.

AU, 4.03 AU, 4.35 AU 증가하는 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 그러나, 듀올리고군은 0주(67.60 AU)와 비교하여 2주(74.30 AU), 4주(80.73 AU), 6주(77.75 AU)와 8주(78.98 AU)로 수분보유량이 2주 후부터 각각 6.70 AU, 13.13 AU, 10.15 AU, 11.38 AU 증가하는 경향을 나타내어 통계적으로 유의하게 나타났다. Δ 값을 이용한 대조군과 듀올리고군의 수분

보유량에 대한 두 군간의 비교는 Figure 2에 나타냈다. 듀올리고군이 대조군에 비하여 2, 4주 후에는 피부의 수분보유량이 통계적으로 유의하게 증가하였다 ($p < 0.01$). 듀올리고군 섭취 4주 후 피부의 수분보유량은 대조군에 비하여 무려 67.4% 증가한 결과를 나타냈다 ($p < 0.01$).

Isawa 등에 의하면 락툴로스와 갈락토올리고당과 같은 프리바이오틱스의 섭취는 변비 증상을 완화시키는 것뿐만 아니라, 여성의 피부 건조를 완화시키는 효과가 있다고 보고하였다[12]. 따라서 듀올리고의 섭취군에서 수분보유량이 유의적으로 증가함으로써 피부 보습에 긍정적인 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

3.2. 경표피수분손실량의 변화

경표피수분손실량은 Table 1과 Figure 3과 같다. 경표피수분손실량은 각질층의 수분을 직접적으로 나타내는 지표는 아니지만, 장벽기능과 피부 표면에서 공기 중으로 수분이 Fick의 법칙에 의해서 확산하는 것에 의하여 증기압을 구하여 표피로부터 증발하는 수분량을 산정하는 것이다. 각질층을 통한 수분의 증발은 수동확산으로 피부의 건조 상태 시 역동적으로 변화하는 표피의 생리에서 30 ~ 50 s 내에 증발량 ($g/h/m^2$)을 얻을 수 있다[13]. 대조군과 듀올리고군의 8주 동안 경표피수분손실량 변화는 Table 1에 나타냈다. 경표피수분손실량은 그 수치가 낮을수록 피부장벽의 변화를 가져와 피부 내부의 수분손실량이 감소되므로 피부방어능력이 높아짐을 의미한다. 대조군은 0주에서 8주 사이에 군내의 유의적인 변화는 없었다. 반면에 듀올리고군은 0주와 비교하여 경표피수분증발량이 각각 $0.78 g/h/m^2$, $5.36 g/h/m^2$, $5.32 g/h/m^2$ 으로 감소하는 경향을 나타냈고, 6주와 8주에는 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). Δ 값을 이용한 대조군과 듀올리고군의 경표피수분손실량의 두 군간의 비교한 결과(Figure 3), 듀올리고군이 대조군에 비하여 58% 정도 낮은 수치를 나타냈으므로, 듀올리고군의 피부방어능력이 대조군에 비하여 증가하는 경향을 나타내었다.

Iizuke 등은 phenol과 p-cresol이 각질세포의 분화와 설치류의 피부 축적에 영향을 미치며[14], 여성을 대상으로 한 임상실험에서 프리바이오틱스의 섭취가 혈중

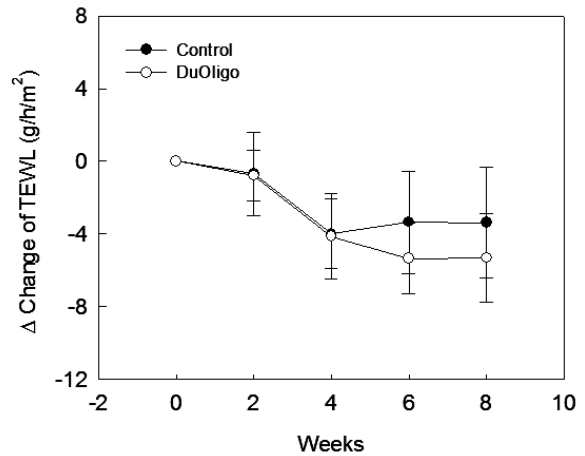


Figure 3. Changes in TEWL value for 8weeks of treatment of formulations containing DuOligo. Values are means \pm S.E.M for subjects, respectively. TEWL; transepidermal water loss.

phenol 수준을 감소시킬 뿐만 아니라 피부 보습 상태 개선에도 효과가 있음을 보고하였다[15].

3.3. 멜라닌지수와 홍반지수의 변화

피부의 평가에 대한 여러 가지 물리적 요소 중 피부색은 임상적으로 가장 중요한 요소이고, 피부에 존재하는 멜라닌과 헤모글로빈에 의해 결정된다. 피부색은 넓게 redness와 darkness로 구분할 수 있으며, redness는 주로 피부자극 정도 혹은 알레르기를 나타내는 홍반을 측정하기 위해 사용되고, darkness는 미백효과를 측정하는데 사용되고 있다[16]. 멜라닌지수와 홍반지수는 멜라닌과 혈색소에 대응하는 파장대의 빛을 흡수하고 반사되는 양을 측정하여 계산한다. 대조군과 듀올리고군의 8주간 섭취 후 멜라닌지수와 홍반지수의 변화는 Table 1, Figure 4와 5에 나타내었다. 멜라닌지수가 낮아졌다는 것은 피부의 멜라닌 생성이 감소되어 미백효과가 있음을 의미하는데, 듀올리고군의 멜라닌지수는 2주 후부터 2.10 MI, 3.53 MI, 6.71 MI, 5.35 MI로 증가하는 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 그러나 대조군의 멜라닌지수는 0주에는 158.82 MI에서 2주 후에는 161.53 MI, 4주 후에는 171.16 MI ($p < 0.01$), 6주 후에는 172.08 MI ($p < 0.01$), 그리고 8주 후에는 178.49 MI ($p < 0.01$)로 각각 2.71 MI, 12.33 MI, 13.25 MI, 19.67 MI로 4주 후부터 통계적으로 유의하게 증가하였다. Δ 값을 이용한 대조군과 듀올리고군의 멜라닌지수를 두 군간에서

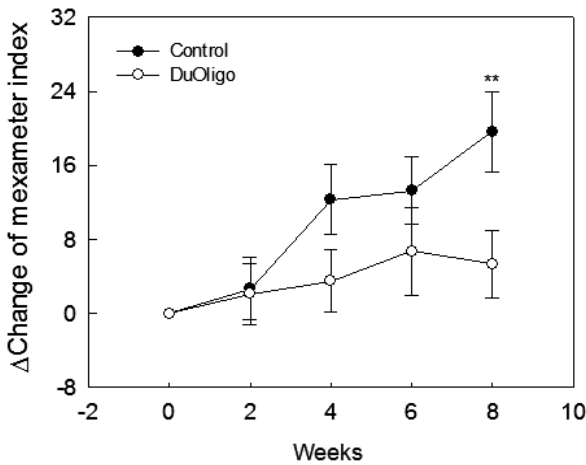


Figure 4. Changes in melanin index for 8 weeks of treatment of formulations containing DuOligo. Significant differences were indicated by asterisk (** $p < 0.01$) between Δ changes in two groups at each week by t -test. Values are means \pm S.E.M for subjects, respectively.

비교한 결과, 듀올리고군이 대조군과 비교하여 8주 후에 ($p < 0.01$) 통계적으로 유의적인 차이를 나타냈다 (Figure 4).

홍반지수 역시 낮은 수치는 피부의 붉음증이 감소되었음을 의미하는데, 홍반은 각질세포 및 진피세포들이 관여하여 진피 혈관을 확장시키는 반응으로 UV의 파장, 광량, 피부의 조건, 환경조건 등에 따라 달라진다. 대조군은 0주부터 8주까지(251.08, 248.67, 248.86, 253.76, 257.78 EI)와 듀올리고군은 0주부터 8주까지(262.69, 271.80, 259.61, 263.59, 264.00 EI) 비교하여 각각 감소와 증가하는 경향은 나타내었고, 통계적으로 유의하지는 않았다. Δ 값을 이용한 대조군과 듀올리고군의 홍반지수의 두 군과의 비교 결과, 듀올리고군이 대조군에 비하여 4주 이후부터 낮은 경향을 나타냈으나, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Figure. 5).

피부와 모발의 색은 표피 및 모피질에 존재하는 멜라닌의 양과 분포, 표피의 두께 및 상태에 따라 달라진다. 또한 인종과 지역, 연령 및 개인에 따라 각기 다르며 동일인에 있어서도 부위별, 계절별 차이가 있고 또한 건강상태나 스트레스 등에 의해서도 다르게 나타난다. 이렇게 피부, 머리카락 및 눈동자의 색에 관여하는 색소 중의 하나인 멜라닌은 자외선이 체내로 투과하는

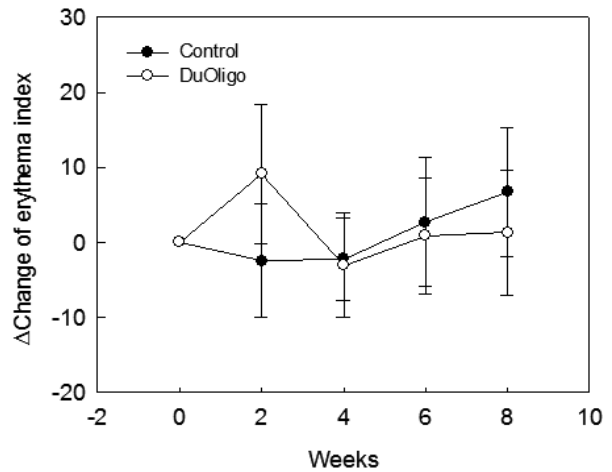


Figure 5. Changes in erythema index for 8 weeks of treatment of formulations containing DuOligo. Values are means \pm S.E.M for subjects, respectively.

것을 막아 피부조직의 유전자의 변형을 막으며, 피부 노화의 주요원인인 자외선으로부터 피부를 보호한다 [16]. 그러나 나이가 들면서 활성산소에 의한 산화방지와 노화 억제에 밀접한 관계가 있는 superoxide dismutase (SOD)는 활성이 감소되면서 햇빛에 의한 멜라닌 생성은 증가하고, glutathione peroxidase (GSH)와 단백질 산화 정도는 나이가 들에 따라 증가하기 때문에 피부노화는 가속화된다고 볼 수 있다[17]. 듀올리고의 섭취에 따른 멜라닌지수의 감소 정도가 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 텍스트린을 섭취한 대조군은 0주와 비교하여 4주 후부터 멜라닌 지수가 통계적으로 유의하게 증가하였고, 군간의 비교에서도 8주 후에 유의적인 차이를 보였기 때문에 듀올리고의 섭취로 인하여 피부 노화의 내인성 인자에 영향을 미쳐서 멜라닌 색소침착의 억제 가능성을 완전히 배제할 수는 없다고 생각된다.

인체의 세포에 존재하는 리소좀(lysosome)과 모세혈관이 UVB 등에 의하여 손상되며, 급성으로 진피혈관이 확장되어 혈류량이 증가하면 피부가 붉어지는 홍반은 자외선과도 밀접한 관계를 나타낸다. 자외선 조사 후 2 ~ 6 h 후에 홍반이 나타날 수 있으며, 주름이나 기미, 주근깨 등의 색소 침착을 유도하는 다양한 피부 장애를 일으킬 수 있다. 유의적인 차이가 크게 나타나지는 않았으나, 듀올리고군이 대조군에 비하여 4주 이후부터 낮은 경향을 보이므로, 이 역시 듀올리고 섭취

Table 2. Changes in Wrinkle Value for 8 Weeks of Treatment of Formulations Containing DuOligo

Variable index	Control group (N = 17)		DuOligo group (N = 17)	
	0 Week	8 Weeks	0 Week	8 Weeks
Total wrinkle area (mm ²)	19.06 ± 1.07	17.23 ± 0.86	18.94 ± 0.93	17.33 ± 0.88
Percentage of wrinkle area (%)	82.13 ± 4.62	74.23 ± 3.72	86.13 ± 3.05	77.69 ± 3.25*
Number of wrinkles	241.06 ± 56.13	241.06 ± 56.17	266.00 ± 66.73	157.06 ± 29.23
Total length (nm)	13.56 ± 4.85	12.61 ± 3.66	11.91 ± 4.58	7.53 ± 1.92
Wrinkle depth (μm)	2292.04 ± 726.41	2562.07 ± 672.16	3043.08 ± 1000.67	1980.00 ± 423.26
Mean form factor	0.88 ± 0.01	0.87 ± 0.01	0.88 ± 0.01	0.90 ± 0.01

Asterisk indicates a significant difference ($p < 0.05$) between baseline and at each week by a repeated measure ANOVA followed by Bonferroni-adjusted pairwise comparisons with in groups. Values are means ± S.E.M for subjects, respectively.

가 홍반 억제에 긍정적인 효과를 나타낼 수 있으리라는 가능성을 기대할 수 있다고 판단된다.

3.4. 모사판을 이용한 피부주름의 변화

피부주름을 보다 객관적으로 분석하기 위해 Visioline[®]VL650을 이용하여, 주름의 총 넓이(total wrinkle area), 주름의 분포율(percentage of wrinkle area), 주름의 수(number of wrinkles), 총 주름의 길이(total length), 주름의 깊이(wrinkle depth)와 주름의 물리화적인 형태인자(mean form factor) 등의 6가지 지표를 측정하였다. 피부표면의 변화를 측정하기 방법으로는 입체사진(stereo-photography) 등을 이용한 사진법, 피부조직을 절개한 후 측정하는 방법, 피부모사판을 사용하는 방법 및 피부표면박리법(skin surface stripping) 등이 알려져 있다[18]. 이 중에서 피부모사판은 매우 민감하게 피부표면을 재생할 수 있고, 안전하며, 3차원적인 영상 표현이 가능하고, 매우 정확하게 표면을 측정할 수 있다. 또한 반복적인 연구를 위한 재사용이 가능한 장점이 있어 피부표면의 구조 연구에 가장 널리 사용되고 있다[19].

피부모사판을 이용하여 측정한 대조군과 듀올리고군의 피부주름의 지표의 변화는 Table 2와 Figure 6과 같다. 듀올리고 섭취 후의 주름의 분포율은 0주 86.33 mm²과 8주 77.69 mm² ($p < 0.05$)로 나타나 유의적으로 감소하는 결과를 보였다. 주름의 총 넓이, 총 주름의 길이, 주름의 수 및 주름의 깊이는 감소하는 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 그러나 대조군과 듀올리고군의 두 군간의 비교 결과에서

주름의 물리화적인 형태인자는 1에 가까울수록 주름이 완화되는 것을 의미하는데, 듀올리고군은 대조군에 비하여 유의적으로 높게 나타났으며($p < 0.05$), 8주 후에 그 값이 0.02 증가하였다. Hong 등은 UV 조사에 의하여 피부 주름이 형성된 hairless mice에 갈락토올리고당 섭취가 주름 개선에 효과가 있었으며, 이것은 Bifidobacterium cell 또는 갈락토올리고당이 tissue inhibitor of metalloprotease (TIMP), matrix metalloproteinase (MMP) 또는 collagen expression levels의 증대에 의해 주름 생성을 방지하는 것으로 보고하였다[20].

4. 결 론

본 연구는 임상시험을 통해 락툴로스과 갈락토올리고당을 함유한 듀올리고의 섭취가 피부개선 효과에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 듀올리고를 복용한 40 ~ 60대 여성의 피부에서 수분보유량, 주름의 분포율 등에 긍정적인 변화를 확인할 수 있었으며, 이런 결과를 토대로 듀올리고가 보습, 미백과 주름완화의 기능성 소재로써 적용하기에 유용한 원료라고 사료된다.

Acknowledgement

이 연구는 2016년 산업통상자원부 연구비 지원으로 수행되었습니다.

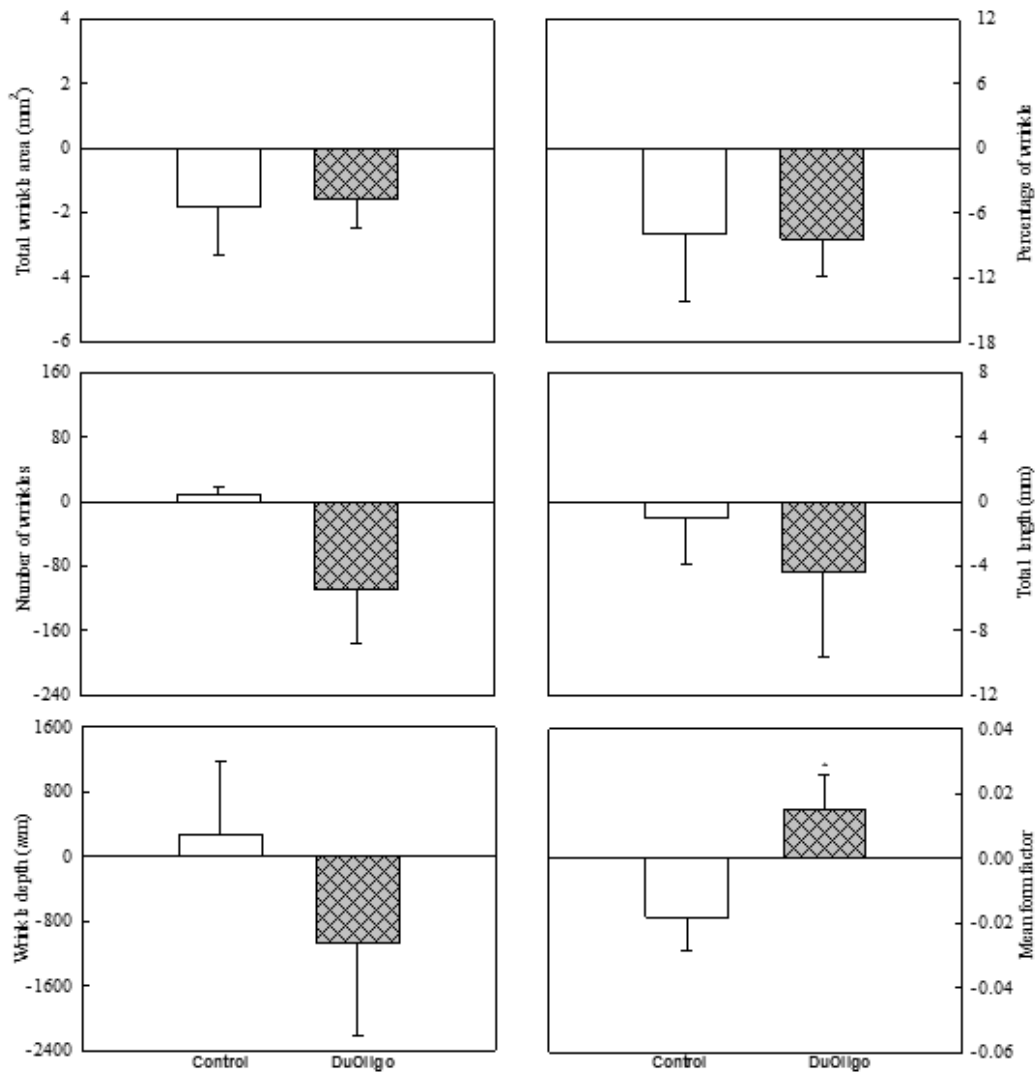


Figure 6. Changes in wrinkle index for 8 weeks of treatment of formulations containing DuOligo. Significant differences were indicated by asterisk ($p < 0.05$) between Δ changes in two groups at each week by t -test. Values are means \pm S.E.M for subjects, respectively.

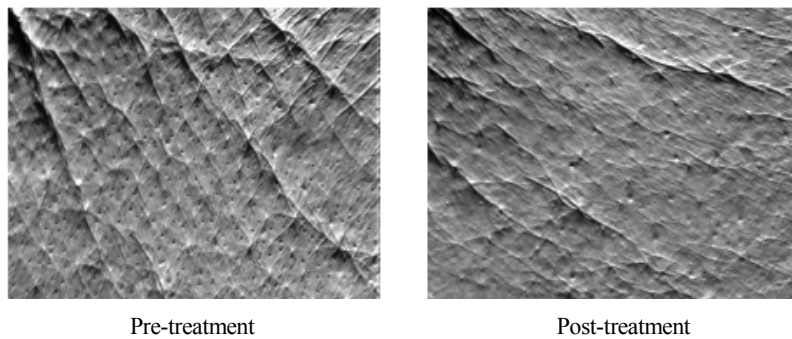


Figure 7. An improved case on replica photography (crow's feet). Replica photographs of a case in which the 8 weeks use of the DuOligo formulation markedly improved wrinkles at the corners of the eyes.

Reference

1. A. A. Achary and S. G. Prapulla, Xylooligosaccharides (XOS) as an emerging prebiotic: microbial synthesis, utilization, structural characterization, bioactive properties, and applications, *Compre. Rev. Food. Sci. FoodSaf.*, **10**(1), 2 (2011).
2. E. H. Choi, Molecular mechanisms of skin aging and age-related diseases, ed. T. Quan, 61, CRC Press, New York Washington, D.C. (2016).
3. S. Park and J. H. Shim, Anti-aging effect of psoraleae fructus extract in UVA-irradiated HaCaT cells, *AJBC.*, **14**(2), 119 (2016).
4. M. Egawa, M. Oguri, T. Kuwahara, and M. Takahashi, Effect of exposure of human skin to a dry environment, *Skin. Res. Technol.*, **8**(4), 212 (2002).
5. E. R. Farnworth, Handbook of nutraceuticals and functional foods, ed. E. C. Wildman, 335, CRC Press, New York Washington, D.C. (2016).
6. S. Collins and G. Reid, Distant site effects of ingested prebiotics, *Nutrients*, **8**(9), 523 (2016).
7. M. M. Kober and W. P. Bowe, The effect of probiotics on immune regulation, acne, and photoaging, *IJWD*, **1**(2), 85 (2015).
8. F. M. Strickland, Immune regulation by polysaccharides: implications for skin cancer, *J. Photochem. Photobiol. B. Biol.*, **63**(1), 132 (2001).
9. T. B. Fitzpatrick, The validity and practicality of sun-reactive skin types I through VI, *Arch. dermatol.*, **124**(6), 869 (1988).
10. M. M. Hristian, Microresurfacing using the variable-pulse erbium: yag laser: a comparison of the 0.5-and 4-ms pulse durations, *Dermatol. Surg.*, **29**(6), 605 (2003).
11. P. G. Sator, J. B. Schmidt, and H. Honigsmann, Comparison of epidermal hydration and skin surface lipids in healthy individuals and in patients with atopic dermatitis, *J. Am. Acad. Dermatol.*, **48**(3), 352 (2003).
12. K. Isawa, T. Noma, M. Yamamoto, K. Kimura, H. Ito, and N. Taketomo, Verifying the ability of yogurt prepared with LB81 lactic acid bacteria to improve skin function, *J. Intest. Microbiol.*, **22**(1), 1 (2008).
13. O. K. Jacobi, About the mechanism of moisture regulation in the horny layer of the skin, *Proc. Scient. Sect. Toil. Goods. Assoc.*, **31**, 22 (1959).
14. R. Iizuka, K. Kawakami, N. Izawa, and K. Chiba, Phenols produced by gut bacteria affect the skin in hairless mice, *Microb. Ecol. Health Dis.*, **21**(1), 50 (2009).
15. S. Vertuani, P. Ziosi, N. Solaroli, V. Buzzoni, M. Carli, E. Lucchi, Determination of antioxidant efficacy of cosmetic formulations by non-invasive measurements, *Skin. Res. Technol.*, **9**(3), 245 (2003).
16. S. J. Kim, K. H. Son, H. W. Chang, S. S. Kang, and H. P. Kim, Tyrosinase inhibitory prenylated flavonoids from *Sophora flavescens*, *Biol. Pharm. Bull.*, **26**(9), 1348 (2003).
17. S. Sonthalia, D. Daulatabad, and R. Sarkar, Glutathione as a skin whitening agent: facts, myths, evidence and controversies, *Indian. J. Dermatol. Venereol, Leprol.*, **82**(3), 262 (2016).
18. D. E. Gormley, and S. Eremia, Quantitative assessment of augmentation therapy, *J. dermatol. Surg. Oncol.*, **16**(12), 1147 (1990).
19. K. Kawai, M. Nakagawa, J. Kawai, and K. Kawai, Evaluation of skin irritancy of sodium laury sulphate: a comparative study between the replica method and visual evaluation, *Contact. Dermatitis.*, **27**(3), 174 (1992).
20. K. B. Hong, M. Jeong, K. S. Han, J. H. Kim, Y. Park, and H. J. Suh, Photoprotective effects of galacto-oligosaccharide and/or Bifidobacterium longum supplementation against skin damage induced by ultraviolet irradiation in hairless mice, *Int. J. Food. Sci. Nutr.*, **66**(8), 923 (2015).