サケ白子由来 DNA 加工布が人の皮膚賦活作用に及ぼす影響

富山大学人間発達科学部 諸岡晴美
奈良女子大学大学院 長岡千紗
(株)日生バイオ 西村太輔
出光テクノファイン(株) 伊藤 一
奈良女子大学生生活環境学部 諸岡英雄

Effects of Processed Fabric with Eggshell Membrane on Human Skin Properties

Harumi Morooka^{*1}, Chisa Nagaoka^{*2}, Daisuke Nishimura^{*3}, Hajime Ito^{*4}, and Hideo Morooka^{*5}

^{*1} Faculty of Human Development, University of Toyama, Toyama 930-8555, Japan

^{*2} Graduate School of Humanities and Science, Nara women's University, Nara 630-8506, Japan

^{*3} Nissei Bio Co., Ltd., 1-13, Meguminokita, 3-chome, Eniwashi, Hokkaido 061-1374, Japan

^{*4} Idemitsu Technofine Co., Ltd., 1-6-1, Yokoami, Sumida-ku, Tokyo 130-0015, Japan

^{*5} Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's University, Nara 630-8506, Japan

Abstract : This study aims to clarify the effects of deoxyribonucleic acid (DNA) processed knitted fabric on human skin activity. We used two kinds of DNA, that is, the nucleoprotein extracted from salmon milt and the oligoDNA treated nucleoprotein with enzyme. The oligoDNA contains over 85% DNA. To determine the effects of oligoDNA application, the first experiment was a direct application method that applied an aqueous solution of oligoDNA powder directly to the inside of the upper arm for 14 weeks. The condition of the skin, measured by the water content of the skin, water evaporation from skin, tensile recovery, the microscope images of the replicas of skin surface and subjective feeling showed good results. Therefore, the second experiment applied the oligoDNA by using fabric. Arm bands were made of the knitted fabric processed with the oligoDNA solution and wearing tests were conducted. But this processed fabric was not useful. So, we used the nucleoprotein instead of the oligoDNA and modified the concentration of the solution. The nucleoprotein contains about 40% of DNA and about 60% of protamine. The results showed that the condition of human skin was affected by the modified processed fabric. The effects of the processed fabric on the skin condition were found in the water content of the skin, tensile recovery and the microscope images of the replicas of skin surface after four weeks had passed.

(Received 4 March, 2009 ; Accepted 27 March, 2009)

1. 緒 言

ストレス社会、高齢社会を迎え、健康で快適な生活の遂行が希求され、“人にやさしい”製品の開発が求められている。それに伴いアパレル産業においても、高度技術を駆使した高付加価値化に注目が集まっており、多種多様な加工を施した製品が上市されている[1]。しかしその中には、効果を立証することが難しいものがある。皮膚の保湿向上やアトピー・アレルギー対応を謳った、いわゆるスキンケア加工がその一つである[2]。

既報において筆者らは、卵殻膜がコラーゲンに含まれるアミノ酸を多く含有し、古くから創傷や火傷に治癒効果が認められていることに着目し、これを布に付与した場合に正常な人の皮膚にも効果を及ぼすのか否かを検討

した。その結果、適切な加工方法による加工布が冬季の皮膚の乾燥を抑制するなど、皮膚性状に及ぼす影響を明らかにした[3]。

本研究では、卵殻膜と同様に、産業廃棄物であるサケ白子を精製、乾燥して得た核酸(DNA)粉末を用いて、布への効果的な加工方法と加工布が皮膚の賦活作用に及ぼす影響を定量的に明らかにすることを目的として行った。

サケ白子は、年間 10,000t 以上が産業廃棄物として処理され、DNA はそこから 1,000t 以上生産される[4]。DNA の効果に関しては、外用核酸の一部が表皮上で核酸(DNA, RNA)の単位成分であるヌクレオチド(NT)やヌクレオシド(NS)に分解されること[5]、NT や NS が表皮から吸収され表皮細胞を賦活することなどが報告されている[6]。また、ラットの創傷皮膚[7]で検証したものなどがある。

しかし、ヒトの正常な皮膚に対する効果については不明である。

2. オリゴ DNA の水溶液を用いた塗布実験

本実験では、サケ白子を抽出・精製、乾燥させて得られたヌクレオプロテインを酵素処理したオリゴ DNA(日生バイオ社製)を用いた。この粉末は水溶性であり、85%以上が DNA 成分、他は水などである。この水溶液を皮膚に直接塗布することによって、火傷や創傷のない人の正常な皮膚に対して DNA そのものが賦活効果を示すのかどうかを明らかにすることを目的に行った。

2.1 実験方法

2.1.1 塗布方法

年齢 21 歳~22 歳の女性 10 名を被験者として、1 日 1 回入浴後にオリゴ DNA 粉末 0.015g を水 0.2ml に溶解させ、被験者のいずれか一方の上腕内側部の約 40cm²(周方向約 8cm×長方向約 5cm)に塗布した。これを 14 週間継続して行った。塗布する上腕は、被験者毎にランダムとした。無塗布側の上腕をコントロールとして比較検討した。

2.1.2 測定項目および測定方法

皮膚賦活作用を把握するための特性値として、皮表角層水分量(以後、水分量)、経表皮水分蒸散量(以後、蒸散量)、皮膚の吸水特性、皮膚粘弾性の測定を行った。これらの測定には COURAGE+KHAZAKA electronic GMBH 社製の機器を用いた。

水分量の測定は、皮膚の電気容量を測定することにより間接的に測定することのできる CORNEOMETER CM 825 を用いて左右各 5 回ずつ行った。蒸散量の測定には、プローブ内部の温湿度センサーにより皮膚表面から垂直方向の 2 点間の蒸気圧差により間接的に測定する TEWAMETER TM300 を使用し、各 3 回ずつ測定した。また、同測定機を用いて吸水量の測定を行った。吸水量の測定方法は、既報の卵殻膜パウダーによる皮膚性状への影響に関する研究において用いた方法[3]と同様とした。すなわち、水分率 150% の湿潤綿布(長さ 35cm×幅 5cm)を 2 つ折にして上腕内側部にかけ、下端に 100g の一定荷重をかけて 30 秒間設置した後、即座に取り去り、過度的な水分蒸散挙動を 3 分間測定した(以後、この方法を Wet 法とする)。この水分蒸散量積分値は湿潤布から皮膚が水分を吸水する迅速性の度合いを示すものと判断し、この水分蒸散量積分値を吸水量とした。皮膚粘弾性の測定は、CUTOMETER MPA580 を用いて、2mmφ の孔から 350mbar の吸引力で 2 秒間吸引後、解除して 2 秒間の皮膚の残留伸びひずみから伸長回復率を算出した。

また、皮膚表面の皮溝の状態を観察するために、測定部位のレプリカをスンプ法[8]により採取した。さらに、かゆみ感・しっとり感・つるつる感・肌荒れ感・粉ふき感について 5 段階 SD 法による主観評価を行った。

2.1.3 測定手順

被験者は、温度 25℃・湿度 50%RH の中立温域にコントロールした実験室内に入室し、測定部位を調湿空気に暴露させた。約 15 分経過後、水分量、蒸散量、皮膚の伸長回復性の測定を行った。このとき、測定個所に印を入れて毎回同一箇所になるように配慮した。これらの測定および主観評価は、塗布実験開始から 1 週間毎に行った。

また、実験最終日には、Wet 法による吸水性の測定および皮膚表面レプリカの採取を行った。吸水量測定とレプリカ採取については、実験途中段階での測定が、以後の測定結果に影響を与える可能性があったため、塗布実験開始前と最終日のみの測定とした。実験期間は、皮膚が乾燥し始める 9 月中旬~12 月下旬の向寒期とした。

2.2 結果および考察

実験データは、個人差や個人内の両腕間の差を考慮して、塗布実験開始前(以後、塗布 0 日目とする)の皮膚の状態を基準として、水分量の変化率 Δr [$= (r_n - r_0) / r_0 \times 100$] および蒸散量の変化率 ΔE [$= (E_n - E_0) / E_0 \times 100$] を算出して検討した。ここで、添字 n は塗布日数、0 は塗布 0 日目を示す。

2.2.1 皮表角層水分量、経表皮水分蒸散量および吸水量の変化

水分量 Δr の変化挙動を Fig. 1 に示す。 Δr はコントロール側で 10 週目頃までは減少し、その後若干増加傾向を示しているが、実験期間を通して負である。DNA 塗布側では 2 週目よりやや Δr が上昇し、4 週目で $p < 0.05$ 、5 週目以降は $p < 0.01$ で有意にコントロール側よりも Δr が高く、DNA 水溶液の塗布が皮膚の水分量を増加させることがわかった。一方、両者の相違は塗布日数の増加とともに大きくなるものの、実験期間中の Δr の変化挙動はコントロール側と類似している。これは、生活環境の気候(温湿度)変化による影響と考えられる。

蒸散量については、水分の蒸散が少なく水分が皮膚に保持されていることが保湿性に繋がるため、 ΔE の減少が望ましいことが既報で行った市販の保湿剤実験で確認されている[3]。本実験の結果については、両者の差に大き

Fig. 1 Differences in moisture content (Δr) of skin between DNA application and control. Δr is the change of moisture content from week 0. (*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$)

な相違はみられず、1週毎の検定では有意差はみられなかった。そこで、3週間を1タームとしてターム毎に検定を行った結果、最終ターム(12~14週目)で有意差が認められ($p<0.05$)、DNA塗布側において蒸散量の増加抑制効果が認められた。

吸水量 A_b (水分蒸散量積分値)については、検定結果は有意でなかったが、コントロール側で 3.38 g/m^2 、塗布側で 4.46 g/m^2 と、塗布側でコントロール側よりやや吸水性が良くなる傾向を示した。

2.2.2 皮膚の伸長回復率の変化

測定例を Fig. 2 に示す。吸引されたときの皮膚の最大伸長量を U_t 、吸引解除 0.1 秒後および 2 秒後の伸長回復量を U_a 、 U_b とした。ここでは、以下の式により、皮膚の伸長回復率 $R(\%)$ を算出した。

$$R(\%) = U_b / U_t \times 100 \quad (1)$$

前述と同様に塗布 0 日目からの変化挙動 ΔR を Fig. 3 に示す。両者ともに 6 週目までは減少傾向をたどり、その後上昇し、12 週目以降再び減少傾向を示したが、全体としては回復率が 0 日目よりも減少し、皮膚性状が悪くなる

Fig. 2 The behavior of the elongation and recovery during vacuum force application and release.

Fig. 3 Differences in recovery (ΔR) of skin between DNA application and control. ΔR is the change of recovery from week 0. (* : $p < 0.05$)

る傾向がみられた。これは、向寒期のためと推察される。また、実験期間中を通して塗布側がコントロール側よりも ΔR の減少を抑制する傾向がみられたが、その差は大きくなく、1週毎では有意差はみられなかった。しかし、ターム毎に検定した結果、9 週目以降において $p<0.05$ で有意に塗布側で ΔR が大きくなることがわかった。

2.2.3 皮膚表面レプリカによる判定と主観評価

実験前後の被験者 A の皮膚表面レプリカ写真を Fig. 4 に示す。それぞれ右側が明視野画像、左側が暗視野画像である。明視野画像では、円形皮丘・不整皮丘、皮溝消失等の異常形態が観察され、その出現度合いを視覚判定した[8]。その結果、10 人中 7 人の被験者で DNA 塗布側の方が良好であると判断された。また、暗視野画像では、皮溝が深化した異常皮膚(陥凹皮溝)の場合には太い白い線が観察される[8]。また、皮膚が荒れている場合も角層が剥がれてその部分が白く撮影されることから、その出現度合いを二値化して面積比率を算出した。その結果、コントロールとの間に有意差はみられなかったが、DNA 側でやや肌荒れ面積が少ない傾向がみられた。

主観評価については、塗布面積が少なく、判定が難しかったとの被験者からの意見が聞かれたが、Fig. 5 に示すように、13 週目以降において初めて、すべての項目において良好と評価される傾向がみられた。特に評価項目「しっとりしている」と「つるつるしている」では有意に良好と判断された($p < 0.05$)。

2.2.4 オリゴ DNA 塗布による皮膚賦活作用について

DNA の効果に関しては、西らの多くの研究がみられる[9-11]。西らは、DNA-コラーゲン複合線維膜を調製し、ラットの背部の表皮欠損創を用いて、その治癒効果を評価している。その結果として、DNA-コラーゲン複合線維膜が無処置に比べて、痂皮形成を抑制し、肉芽組織形成を促進したと報告している[7]。また、牛皮よりペプシンで消化して得られたコラーゲン溶液を中性化して線維化させる際に DNA を共存させると驚異的な線維構造をもつコラーゲン線維が形成されること、DNA がコラーゲン線維に対して静電的に結合していること、コラーゲンの構造を変化させるだけでなくコラーゲンの細胞外マトリックスとしての機能に対しても影響を及ぼすことを見出したと述べている[10]。

本研究においても表皮上のコラーゲン線維がオリゴ DNA によって前述の影響を受けたと推察され、DNA の皮膚賦活作用が皮膚性状を向上あるいは冬場の皮膚性状の

Fig. 4 Replica image of the skin (subject A).

Fig. 5 Evaluation of subjective feelings after week 13. (*: $p<0.05$)

悪化を抑制したものと考えられる。なお、西らは、ラットの表皮欠損創の場合には5日目で効果が現れたと報告しているが、本研究では、測定項目によって異なるが、4週～13週目で漸く効果が現れ、継続的な塗布が必要であることがわかった。

そこで次に、本オリゴDNA粉末を薬剤として布に付与加工し、加工布の皮膚組織賦活作用を検討した。

3. オリゴDNA加工布を用いた着用実験

3.1 加工方法

前項において、オリゴDNAの水溶液を直接塗布した実験において皮膚賦活作用が認められたので、同様のオリゴDNAを加工薬剤として用いた。処理剤中の薬剤濃度をTable 1に示す。オリゴDNA濃度は1.3wt%である。

加工処理剤の浴中に布(綿90%・ポリウレタン10%)を投入し、絞り率83~91%でマングル絞りをを行った。その後、オープン乾燥を50℃で30分間、さらに110℃で30分間行った。絞り率から算出した布地100g当たりのオリゴDNA理論付着量は1.07~1.19gであったが、加工後にDNA主鎖のリン酸エステルに由来するリン量を電子吸光法で測定した固着値は0.70gであった。

この加工布を用いて、各被験者の上腕囲寸法に合わせてサポータを作製した。また、コントロールとして、バインダーのみで加工したブランクサポータを用いた。

3.2 実験方法

3.2.1 測定項目

前項と同様の方法で、皮膚の水分量、水分蒸散量、吸

Table 1 Concentration of oligoDNA powder in treatment liquid.

Medicine	Concentration (wt%)	
	DNA	Control
OligoDNA	1.3	—
Aqueous polyether urethan binder	9.6	9.6
Water	89.1	90.4

水量、皮膚の伸長回復性の測定、皮膚表面レプリカによる判定、主観評価を行った。

3.2.2 測定手順

年齢21歳~24歳の女性10名を被験者として用いた。被験者には、一方の上腕に加工サポータ、他方の上腕にコントロールを着用させ、1日8時間以上の着用を義務づけた。実験期間を11月下旬~12月下旬として4週間継続して行った。加工およびブランクサポータの着用腕は各々被験者により左右ランダムとし、被験者にはどちらが加工サポータであるかはわからないように配慮した。測定手順は直接塗布法と同様である。

3.3 結果および考察

3.3.1 皮表角層水分量、経表皮水分蒸散量、吸水量の変化

Δr の変化は、コントロール側ではほとんどみられなかったが、3週目、4週目以降においてDNA加工サポータ着用側で若干増加傾向を示した。しかし、有意差は認められなかった。既報[3]において乾燥性の皮膚をもつ人へのみ効果がみられたことに基づいて、コントロール側で Δr が0日目よりマイナスに変化した乾燥性皮膚をもつ被験者のみを抽出して検討した。その結果をFig. 6に示す。1, 2週目および3, 4週目で検定を行った結果、1, 2週目では変化がみられなかったが、3, 4週目において $p<0.05$ と有意に Δr の増加が認められた。

しかし、 ΔE および ΔAb については、加工布とコントロール側で相違はみられなかった。

3.3.2 皮膚の弾性回復および表面レプリカによる判定

皮膚の伸長回復率 ΔR についても、皮膚表面レプリカによる写真判定および二値化による肌荒れ判定においてもコントロールと加工布の相違はみられなかった。

3.3.3 主観評価

主観評価についても、かゆみ感、しっとり感、つるつる感、肌荒れ感、粉ふき感ともに同様の傾向を示し、両者の相違は認められなかった。

3.3.4 オリゴDNA加工布の皮膚賦活作用について

加工布を用いた実験では、乾燥性皮膚をもつ被験者に

Fig. 6 Differences in moisture content of the skin between one or two weeks and 3 or 4 weeks in dry skin. Δr is the change of moisture content from week 0. (*: $p<0.05$)

対してのみ3, 4週目で皮膚角層水分量が有意に増加するものの、他の測定項目ではコントロールとの相違は全くみられなかった。そこで、4週間以降の着用実験を取り止めることとした。

オリゴDNAは、皮膚近傍の環境に近似した30℃、80% RHの雰囲気下で約15%の水分率を示すなどかなり吸湿性のある薬剤であったことが別途実験した結果わかっており、このことが皮膚の水分率に若干の効果を及ぼしたと推察される。しかし、その他の項目では変化がみられず、前項のようなDNAの効果は発現しなかった。この原因の一つとして、オリゴDNA付着量が少なかったことが考えられる。また、DNA単体ではなく、プロテインとの相互作用が重要であることが示唆され、再度、加工薬剤および加工方法を検討した。

4. ヌクレオプロテイン加工布を用いた着用実験

4.1 加工方法

DNAは表皮上で酵素によって分解するため、不水溶性であってもよいとの考え[5]の下、本実験ではサケ白子を抽出・精製、乾燥して得た不水溶性のヌクレオプロテイン(日生バイオ社製)を用いた。ヌクレオプロテインの配合成分はDNAが約40%、プロタミンと呼ばれる塩基性たんぱく質が約60%であり、DNAとタンパク質の相互作用を期待したものである。

加工処理剤中のヌクレオプロテイン濃度を5.0wt%と増量し、ヌクレオプロテインが腐りやすいため防腐剤を混入した。処理剤中の薬剤濃度をTable 2に示す。加工浴中(25℃)に前述と同様の布(綿90%・ポリウレタン10%)を投入した。絞り率83~91%でマングル絞りを行った。その後、オープン乾燥(110℃/5分間)を行い、未反応バインダーを除去するために、すすぎ洗いを1回行った後、25℃の室内で1晩自然乾燥した。ヌクレオプロテインの理論付着量は布地100g当たり4.1~4.5gであったが、電子吸光法で測定の結果は2.6gであった。

この加工布を用いて、各被験者の上腕囲寸法に合わせてサポータを作製した。また、コントロールとして、バインダーのみで加工したプラנקサポータを用いた。

4.2 実験方法

年齢19~23歳の女子大学生14名を被験者として用い、11月上旬~1月中旬を実験期間として、1日8時間以上の着用を義務づけ、一方の上腕に加工サポータ、他方の上

腕にコントロールサポータを着用させた。これを10週間継続して行った。測定手順および測定項目は前項までと同様である。

4.3 結果および考察

前項までと同様に1週毎に測定を行ったが、第8週目は冬休み期間に当たり測定できなかったため、データが欠損している。

4.3.1 表角層水分量、経表皮水分蒸散量、吸水量の変化

Δr の結果をFig. 7に示す。それぞれの週では有意差がみられなかったが、3~4週ごとのタームに分けて検定を行った結果、最終タームで有意差が認められ($p < 0.01$)、DNA側で有意に水分率が增加することがわかった。なお、特に、乾燥性皮膚をもつ被験者で効果が大きかった。

蒸散量については、実験期間が冬季ということもあり、コントロール側とDNA側の双方において蒸散率が増加し、両者の相違はみられなかった。

吸水量Abの結果をFig. 8に示す。縦軸にAb、横軸に着用前(0日目)、着用14週間後を示す。着用前に比べ着用後において、コントロール側で $p < 0.05$ 、DNA側で $p < 0.01$ とともに有意に吸水量が増加した。

4.3.2 皮膚の弾性率変化

皮膚の粘弾性測定では、前項までと同様の測定機で吸引と解除を連続10回繰り返した。測定が不安定な最初回と最終回を除く2~9回目のデータの平均値として解析した。

しかし、全変形量 U_t に対する吸引解除2秒後の回復率 ΔR を検討したが加工とコントロールとの間に有意差はみられなかった。そこで、吸引解除2秒後の回復量 U_b に対する0.1秒後の回復量 U_a の比である瞬間回復量 ΔT を用いて検討した(Fig. 2参照)。

結果をFig. 9に示す。コントロール側の ΔT は徐々に減少率が大きくなっているが、DNA側の皮膚では ΔT の低下はみられず、初期の瞬間回復率を保持していることがわかる。やはり週毎では有意差はなかったが、ターム毎

Fig. 7 Differences in moisture content (Δr) of skin between DNA band and control. Δr is the change of moisture content from week 0. (**: $p < 0.01$)

Table 2 Concentration of oligoDNA powder in treatment liquid.

Medicine	Concentration (wt%)	
	DNA	Control
Nucleoprotein	5.0	—
Acrylic binder	20.0	20.0
Preservative	0.1	0.1
Water	74.9	79.9

Fig. 8 Differences in how quickly the skin absorbed water from the wet fabric. (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

で検定を行った結果、第2タームでは危険率 $p < 0.05$ であった。最終タームでは $p = 0.055$ であり、わずかに危険率 5% を越えたが、第2ターム以降で DNA サポート着用側で瞬間回復率の減少抑制効果があると判断できた。

4.3.3 皮膚表面レプリカによる判定

顕微鏡の明視野画像において、円形皮丘・不整皮丘、皮溝消失の異常形態の出現について肉眼で判定を行ったが明確な相違は見出せなかった。

また、暗視野画像を用いた二値化処理による肌荒れ面積を算出した。皮溝が深化した場合や剥離した場合には白くなる。この白い面積を肌荒れ面積と定義し、結果を Fig. 10 に示す。両者の肌荒れ面積 S は、0 日目にはほとんど同じであったが、10 週間後には DNA サポート着用側でのみ有意に減少することがわかった。

4.3.4 主観評価

左右の上腕を比較して主観評価を行った結果、DNA 着用側で「かゆくない」、「肌荒れ感」の評価がやや良い傾向がみられたが、その点数差は小さかった。この原因として、上腕サポータの面積が小さく、評価がし難かったことが一因していると推察された。

Fig. 9 Differences in elastic recovery (ΔT) of skin between DNA band and control. ΔT is the change of elastic recovery from week 0. (* : $p < 0.05$)

Fig. 10 Area of rough skin based on image processing of replica of skin surface. (* : $p < 0.05$)

4.3.5 スクレオプロテインの皮膚賦活作用について

不溶性スクレオプロテインを用いての本加工方法において、緩やかではあるものの皮膚性状の向上あるいは悪化抑制が認められた。不溶性粉末であっても効果が発現したことから、DNA が表皮上で分解し、吸収され、表皮細胞を賦活したと推察される。また、西は、DNA は天然に大量に存在する超高分子であり、種々の物質と極めて特異性、選択性の高い機能性物質であると述べていることから[11]、DNA とほぼ同量のプロタミン(塩基性たんぱく質)との相互作用があったことが示唆される。効果の発現には、着用 4 週間以上を要するなど、その効果は非常に緩やかであるが、適切な加工方法による加工布着用により、人の正常な皮膚に対しても賦活作用を示すと判断された。

5. 結 語

サケ白子由来 DNA が人の正常な皮膚に賦活作用を及ぼし、皮膚性状を向上させるのか否かを明らかにすることを目的として皮膚への直接塗布実験および加工布を用いた着用実験を行った。

サケ白子を抽出・精製・乾燥させて得られたスクレオプロテインを酵素処理したオリゴ DNA の水溶液を皮膚に塗布した実験では、水分量の増加、蒸散量の減少、皮膚の伸長回復率の向上が認められた。また、皮膚表面レプリカにおいて、塗布側の皮膚性状が良好であり、主観評価についても有意差がみられた。

そこで、同オリゴ DNA の 1.3wt% の水溶液で処理した加工布で縫製された上腕サポータを用いて着用実験を行った。しかし、乾燥性皮膚をもつ被験者の水分量以外には、全く効果がみられなかった。

次に、スクレオプロテイン(DNA 約 40%、DNA 結合塩基性タンパク質(プロタミン)約 60% を含む)の 5.0wt% で処理した加工布を用いて着用実験を行った。その結果、水分率の増加、瞬間回復率の減少抑制効果、および皮膚表面レプリカの画像解析からも荒れ面積の抑制が認められた。

以上のことより、ヌクレオプロテインを用いて処理した加工布においては、DNA とプロタミンとの相互作用が示唆され、緩やかな効果ではあったが、4 週間以上の継続的な着用によって皮膚賦活作用が現れることがわかった。

文 献

1. Takao Hayashida, *Sen'I Seihin Shohi Kagakkaishi*, **48**, 307 (2007).
2. Tetsuji Nishikawa, *Sen'I Seihin Shohi Kagakkaishi*, **46**, 159 (2005).
3. Harumi Morooka, Masashi Sakamoto, Ryo Sasahara, Hideo Morooka, *Sen'I Gakkaishi*, **64**, 2, 51 (2008).
4. Xiang Dong Liu, Masaji Matsunaga, Norio Nishi, *Kino Zairyo*, **28**, 5 (2008).
5. Masaji Matsunaga, *Fragrance Journal*, **22**, 107 (1995).
6. Masaji Matsunaga, *Fragrance Journal*, **15**, 179 (1996).
7. Norio Nishi, Tomoe Tsuruga, et al., *Seitai Zairyo*, **18**, 146 (2000).
8. Kyozo Kawai, "Kono Michi wo Ayuman Waga Inochi Hateru made", Chap. 2, Dohosha shuppan (1990).
9. Norio Nishi, *Kagaku to Seibutsu*, **36**, 9 (1998).
10. Norio Nishi, Hidemitsu Kitamura, *Kobunshi*, **47**, 398 (1998).
11. Norio Nishi, *Kino Zairyo*, **19**, 5 (1999).