脱脂乾燥鶏皮の経口摂取による皮膚状態改善効果

川村 純^{1,2}, 琴浦 聡¹, 奥山孝子¹, 古本真理¹, 府中英孝^{1*},
三明清隆¹, 杉山雅昭¹, 大西正男^{2,3}

¹ 丸大食品株式会社中央研究所

² 岩手大学大学院連合農学研究科

³ 帯広畜産大学食品科学研究部門

Effect of Oral Administration of Defatted Chicken Skin Powder on Dry Skin in Humans

Jun Kawamura^{1,2}, Satoshi Kotoura¹, Takako Okuyama¹, Mari Furumoto¹, Hidetaka Fuchuu^{1*},
Kiyotaka Miake¹, Masaaki Sugiyama¹ and Masao Ohnishi^{2,3}

¹ Central research institute, Marudai Food Co., Ltd, 21-3 Midori-cho, Takatsuki, Osaka 569-8577

² The United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University, 3-18-8, Ueda, Morioka, Iwate 020-8550

³ Department of Food Science, Obihiro University of Agriculture and
Veterinary Medicine, Inada-cho, Obihiro, Hokkaido 080-8555

We investigated the effects of defatted-dried chicken skin powder (DCS) containing sphingomyelin (SM) on human facial skin conditions. A placebo-controlled, double-blind 12-week study of DCS (1 g/day ; SM2 mg/day) was conducted on 36 female volunteers who tend to have dry skin. In the DCS group, the moisture of the stratum corneum of cheek tended to increase after 12 weeks. In the subjects whose moisture of cheek was less than 35 arbitrary unit, the DCS group was significantly higher than the placebo group. After 12 weeks, skin elasticity showed significantly increase in the DCS group compared with 0w. These results indicate that the ingestion of DCS improves dry facial skin.
(Received Nov. 15, 2012; Accepted Jan. 28, 2013)

Keywords : defatted chicken skin powder, sphingomyelin, skin moisture content, skin elasticity

キーワード : 脱脂乾燥鶏皮, スフィンゴミエリン, 皮膚水分量, 皮膚弾力性

鶏舎単位で全群更新方式が採用されて以来、産卵率の低下した20ヶ月齢の成鶏が一度に数万羽単位で採卵廃鶏（廃鶏）となる¹⁾。廃鶏の肉としての利用は減少傾向にあり、平成22年における食鳥処理量は肉用若鶏が183万トンで全体の90%以上を占めるのに対して、廃鶏は15万8千トンと全体の約8%に留まっている¹⁾。このように廃鶏は畜産資源として有効に利用されていないのが現状であり、その有効利用方法が求められている。Yunokiらは廃鶏の表皮部がスフィンゴ脂質の一種であるスフィンゴミエリン（SM）の供給源として有用であることを報告している²⁾。我々はこの知見に基づいて廃鶏の有効利用法について研究を行っており、これまでに廃鶏表皮を効率的に脱脂し、SMを濃縮した脱脂乾燥鶏皮粉末（defatted-dried chicken skin, DCS）を開発している³⁾。SMはスフィンゴイド塩基と脂肪

酸からなるセラミドにリン酸コリンが結合した構造を有しており、高等動物の細胞膜、神経組織、ヒトの表皮にも存在が認められている⁴⁾。

ヒトの皮膚は表皮、真皮および皮下組織に分けられるが、表皮の最上部である角質層の細胞間脂質の約50%を占めているセラミドは水分保持や異物侵入防止など皮膚の維持に重要な役割を果たしている⁵⁾⁶⁾。角質層のセラミドは、角質層の下に存在する顆粒層に蓄積されているSMとグルコシルセラミド（GlcCer）がスフィンゴミエリナーゼ等により加水分解されることによって生成することから、SMはセラミドの前駆体として皮膚の保湿機能に重要な役割を果たしていると考えられている⁷⁾⁸⁾。

皮膚保湿効果を訴求した商品に利用されている「セラミド」素材の大部分は米、こんにゃく、小麦、トウモロコシ等の植物性原料由来のGlcCerである。これまでにGlcCerの経口摂取による皮膚への効果が検討されており、皮膚水分量の増加や経皮水分蒸散量の低下作用による皮膚保湿能の改善効果が認められている⁹⁾。また、動物性原料由来の

¹ 〒569-8577 大阪府高槻市緑町21-3

² 〒020-8550 岩手県盛岡市上田3-18-8

³ 〒080-8555 北海道帯広市稲田町西2線11

* 連絡先 (Corresponding author), fuchuu_hidetaka@marudai.co.jp

表 1 DCS の栄養成分値

	含有率 (%)
水分	2.6
タンパク質	63.1
脂質	33.4
灰分	0.9
コラーゲン	39.7
スフィンゴミエリン	0.2

表 2 試験食品の栄養成分値

	プラセボ摂取群	DCS 摂取群
エネルギー (kcal)	3.880	4.050
タンパク質 (g)	0.002	0.095
脂質 (g)	0.056	0.084
炭水化物 (g)	0.843	0.729
灰分 (g)	0.040	0.041
スフィンゴミエリン (mg)	0	0.250
コラーゲン (g)	0	0.038

錠剤一粒 (1g) あたりの成分値

「セラミド」含有素材は牛乳由来の SM が上市されており、GlcCer と同様に経口摂取によって皮膚保湿機能が改善する報告例がある¹⁰⁾。しかし、牛乳由来の SM では脂肪酸とスフィンゴイド塩基の構造が廃鶏表皮由来の SM と異なっており¹¹⁾、皮膚に対して同様の効果を発揮するかは不明である。そこで、我々は廃鶏表皮由来の SM を含む DCS を用いてヒト経口摂取試験を実施し、その肌状態に及ぼす影響について検証することで廃鶏表皮の食品素材としての有効性を検討した。

実 験 方 法

1. 被験者

対象となる被験者は肌の乾燥を自覚している 31 歳から 59 歳の健康な成人女性を対象として募集し、頬の皮膚水分量が 50 arbitrary unit (a.u.) 以下、且つ前腕の水分量が 35 a.u. 以下である 38 名が被験者としてエントリーされた。なお、本試験では測定機器メーカーである Courage + Khazaka Electronic GmbH 社の参考資料に基づき頬の水分量 50 a.u. 未満を「大変乾燥」、50~60 a.u. を「乾燥」とした。本研究ではこの 38 名を無作為に二群（プラセボ摂取群、DCS 摂取群）に割り付け、群間で頬の皮膚水分量、平均年齢に有意差がないことを確認した。試験期間中に自己都合による脱落や使用している化粧品の変更が確認された 2 名を解析対象から除外して、最終的に解析の対象となった被験者数は 36 名であった。本試験の実施に際しては常に被験者の人権保護に配慮し、ヘルシンキ宣言の主旨に従い、疫学研究に関する倫理指針（文部科学省・厚生労働省告示）を遵守した。なお、本試験は医療法人社団快晴会田奈整形外科・

表 3 被験者背景

	プラセボ摂取群	DCS 摂取群
被験者数	19	17
年齢	38.5±5.4	38.2±4.5
皮膚水分量	34.7±6.7	36.0±8.8
経皮水分蒸散量	16.7±4.8	14.7±3.8
皮膚弾力性 (R7)	0.2±0.0	0.3±0.0

外科倫理審査委員会の審査を受け、皮膚の評価測定は医療法人社団快晴会新横浜篠原口整形外科・皮膚科新横浜スキンラボセンター（神奈川県横浜市）の協力を得て実施した。

2. 脱脂乾燥鶏皮粉末の調製

廃鶏皮は農事組合法人エヌチキン（鹿児島県南九州市）より入手し、48mm のミンチにした後、加熱処理による脱脂を行った。加熱にはアクアガス加熱装置 hi-LOHS-R（タイヨー製作所、北海道北斗市）を用いて、装置内温度 105℃、15 分間の条件下で加熱した³⁾。冷却後、凍結乾燥と粉碎工程を経て DCS を得た。DCS の栄養成分値を表 1 に示す。なお、上述の方法で生鶏皮ミンチ 100 kg から DCS 12.5 kg を得た。

3. 供試食品

供試食品には 1 粒あたり DCS が 125mg 含有するように配合した錠剤を調製した。プラセボ食品は DCS の代替として市販のコーンスターチを配合した錠剤を用いた。錠剤は原料を混合した後、直径 1.5 cm、1 g となるように打錠したものを用いた。試験食品の栄養成分値を表 2 に示した。供試食品とプラセボ食品は外見上識別が不可能であり、試験期間を通して各被験者に成分を開示しなかった。

4. 試験デザイン

試験実施期間は 2011 年 12 月から 2012 年 3 月の 12 週間とした。試験方法はプラセボを対照とした二重盲検並行群間比較試験を採用した。試験群は供試食品を摂取する DCS 摂取群（DCS 摂取量 1 g/日、SM として 2 mg/日）とプラセボ食品を摂取するプラセボ摂取群の二群を設定した。

割付責任者は乱数表に基づいて被験者の無作為割付を行った後、割付表を封緘し、試験終了時まで保管した。なお、割付表の開封はすべての試験終了後に行った。試験期間中は被験者に対して下記の注意事項を遵守させた。

- ① 健康食品の摂取を中止する。また、肌改善効果を標榜した食品を通常以上に摂取しない。
- ② セラミド素剤を含有した化粧品を使用しない。
- ③ 極端に日焼けをする行為を行わない。
- ④ 使用する化粧品を変更しない。

上記の注意事項を厳守させるとともに試験食品の摂取状況や体調、自覚症状、食事内容等を毎日日誌に記録させた。

5. 検査方法

(1) 測定条件

皮膚水分量、経皮水分蒸散量および皮膚弾力性の測定は

摂取開始前, 摂取4週間後, 摂取8週間後および摂取12週間後に実施した。測定時の条件を同一に保つため, 被験者は指定された方法で洗顔を行った後, 室温 $21 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度 $50 \pm 5\%$ に設定した室内で40分間安静状態にした後, 各項目を測定した。皮膚水分量, 経皮水分蒸散量および皮膚弾力性は左頬(目尻からおろした鉛直線と鼻の頂点を通る水平な線の交点)を測定部位とした。

(2) 測定方法

i) 皮膚水分量

皮膚水分量は Corneometer CM850 (Courage+Khazaka Electronic GmbH 社) を用いて測定した。測定部位を8回測定し, 最大値と最小値を棄却した平均値を評価に用いた。

ii) 経表皮水分蒸散量

経表皮水分蒸散量 (transepidermal water loss: TEWL) は Tewameter TM300 (Courage+Khazaka Electronic GmbH 社) を用いて測定した。測定部位を8回測定し, 最大値と最小値を棄却した平均値を評価に用いた。

iii) 皮膚弾力性 (R7)

皮膚弾力性評価には Cutometer MPA50 (Courage+Khazaka Electronic GmbH 社) を用いた。測定部位の皮膚表面を陰圧でプローブ開口部に引き込み, 開口部に引き込まれた皮膚長をプリズムを用いて測定した。吸引・解放することによる伸展・退縮後の皮膚の高さの復元率 (R7) を皮膚弾力性指標とした。

iv) 肌状態のアンケート調査

各被験者の皮膚の自覚症状として, 摂取4週間後, 摂取8週間後, 摂取12週間後に顔の肌状態に関するアンケート調査を実施した。調査項目は「乾燥」, 「しっとり感」, 「柔らかさ」, 「透明感」, 「ハリと弾力」, 「ふっくら感」, 「キメの粗さ」, 「毛穴が目立ち」, 「たるみ」, 「しわ」, 「シミ」および「化粧のり」とした。同時に体の肌状態に関する「乾燥」, 「赤み」, 「かゆみ」および「肌の調子」についてアン

ケート調査も実施した。検査時の肌の評価は各項目を5段階 (5: 大変よい, 4: よい, 3: どちらでもない, 4: 悪い, 5: 大変悪い) で自己評価させた。

6. 統計処理

皮膚水分量, 経皮水分蒸散量, 皮膚弾力性指標における有意性の評価は, 群間比較に対応のない t 検定, 摂取前後の比較は対応のある t 検定により行った。アンケート調査結果の二群比較は Mann-Whitney の U 検定を用いて評価した。両側検定で有意水準 5% 未満を有意性ありと評価した。

実験結果

1. 被験者の背景因子

摂取試験開始前に, 被験者 36 名の年齢, 皮膚水分量, 経皮水分蒸散量および肌弾力性指標を測定したところ, 群間での有意な差は認められなかった (表 3)。

2. 皮膚水分量への影響

皮膚水分量の初期値を 100% として各測定時の変化率を算出した結果を図 1 に示した。摂取12週間後における皮膚水分量の変化率は, プラセボ摂取群の 113% に対して DCS 摂取群では 121% であったが群間の有意差は認められなかった (図 1a)。さらに, 肌の乾燥が重度な被験者に対する試験食品の効果を調査するため, 解析対象者の皮膚水分量の平均値である 35 a.u. を境界とし, 試験開始直後 (0 週) の検査において皮膚水分量が 35 a.u. 未満の被験者に対して層別解析を行った。その結果, 摂取12週間後における皮膚水分量の変化率はプラセボ摂取群では 122% であったが, DCS 摂取群では 141% であり, 有意 ($p < 0.05$) に高かった (図 1b)。また, 被験者の平均年齢 38 歳を境界として層別解析を行った結果, 38 歳以上の被験者において摂取前と比べ摂取12週間後で改善が認められた ($p < 0.05$)。しかし, この場合は両群間で有意差はなかった。

図 1 皮膚水分量変化率に及ぼす DCS の影響

(a) 全被験者 ($n=36$), (b) 皮膚水分量 35 a.u. 未満の被験者 ($n=15$). ○, プラセボ摂取群; ●, DCS 摂取群.
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (同一群の摂取前後での比較), † $p < 0.05$ (プラセボとの比較). 増減率 = 4, 8, 12 週後の測定値 / 0 週の測定値 $\times 100$ で算出。

3. 経皮水分蒸散量への影響

経皮水分蒸散量の初期値を 100% として各測定時の変化率を算出した結果を図 2 に示した。両群において摂取前と比較して減少する傾向が認められたが（プラセボ摂取群：85%，DCS 摂取群：88%），摂取 12 週間後においてもプラセボ摂取群と DCS 摂取群の間に有意差は認められなかった。また，水分量と同様に解析対象者の水分蒸散量と年齢の平均値を境界として層別解析を行った結果，群間に差は認められなかった（データ未掲載）。

4. 皮膚弾力性への影響

皮膚弾力性指標 R7 の初期値を 100% として各測定時の変化率を算出した結果を図 3 に示した。摂取 12 週間後の R7 の変化率はプラセボ摂取群では 105% であるのに対して，DCS 摂取群では 108% と摂取前よりも有意（ $p < 0.05$ ）に増加した（図 3a）。解析対象者の測定値を境界として層別解析を行った結果，群間差は認められなかった。年齢による層別解析を行った結果，38 歳以上の被験者では摂取 12 週

間後のプラセボ摂取群の変化率が 98% であったのに対して DCS 摂取群では 110% であり，改善傾向が認められた（ $p = 0.056$ ）（図 3b）。

5. 被験者肌状態アンケートの結果

被験者の肌状態に対する自覚症状はアンケートを用いて評価した。12 週間後において，「総合的な満足度」および「しみ」等の計 5 項目のスコアが DCS 摂取群においてのみ増加し，摂取前と比較して有意（ $p < 0.05$ ）な改善が認められた（表 4）。一方，皮膚水分量 35 a.u. 未満の被験者のアンケート結果を層別解析した結果，DCS 摂取群においてのみ「総合的な満足度」，「肌の乾燥」，「肌のかゆみ」など計 13 項目のスコアが上昇しており，摂取前と比べて有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。年齢による層別解析の結果では，DCS の摂取による改善は認められなかった。

6. 摂取に伴う有害事象

試験食品を摂取した 38 名のうち 17 名に 27 件の自覚症状が発現した。そのうち DCS 摂取群には 19 名中 10 名（発現頻度 52.6%）に 16 件発現し，プラセボ摂取群には 19 名中 7 名（発現頻度 36.8%）に 11 件発現した。DCS 摂取群では腹痛 3 件，感冒症状 8 件，腰痛 2 件，胃腸痛 1 件，頭痛 1 件，インフルエンザ 1 件であった。プラセボ摂取群では腹痛 1 件，感冒症状 5 件，腰痛 2 件，肩こり 1 件，湿疹 1 件，かぶれ 1 件であった。これらの症状の程度はすべて軽度であり，いずれも試験食品摂取期間中に消失した。すべての有害事象について，試験責任医師が試験食品との関連はなしと判定した。

考 察

脱脂乾燥鶏皮粉末（DCS）を含有する錠剤（DCS 摂取量 1 g/日，SM 換算 2 mg/日）の経口摂取がヒトの肌状態に及ぼす影響を検証するため，12 週間の二重盲検並行群間試験を行った。全被験者を対象として解析したところ，DCS 摂

図 2 経皮水分蒸散量変化率に及ぼす DCS の影響

全被験者（ $n=36$ ）。○，プラセボ摂取群；●，DCS 摂取群。
* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ （同一群の摂取前後での比較）。
増減率=4，8，12 週後の測定値 / 0 週の測定値 $\times 100$ で算出。

図 3 皮膚弾力性の変化率に及ぼす DCS の影響

(a) 全被験者（ $n=36$ ），(b) 38 歳以上の被験者（ $n=20$ ）。○，プラセボ摂取群；●，DCS 摂取群。
* $p < 0.05$ ，** $p < 0.01$ （同一群の摂取前後での比較）。
増減率=4，8，12 週後の測定値 / 0 週の測定値 $\times 100$ で算出。

表4 皮膚状態アンケート結果

	全被験者				皮膚水分量 35a.u.未満の被験者			
	プラセボ摂取群		DCS 摂取群		プラセボ摂取群		DCS 摂取群	
	0 週	12 週	0 週	12 週	0 週	12 週	0 週	12 週
顔								
総合的な満足度	1.9±0.5	2.2±0.7	1.8±0.4	2.4±0.6*	2.0±0.0	2.1±1.0	1.6±0.5	2.6±0.5*
乾燥	1.5±0.5	2.0±0.7*	1.5±0.5	2.3±0.8*	1.8±0.5	2.0±0.9	1.6±0.5	2.4±0.8*
肌のしっとり感	1.9±0.5	2.4±0.7**	1.7±0.5	2.4±0.7**	1.6±0.5	2.4±0.7*	1.7±0.5	2.6±0.8*
肌やわらかさ	2.4±0.7	2.6±0.9	2.4±0.6	2.6±0.6	2.5±0.9	2.1±0.8	2.3±0.5	2.7±0.8
肌の透明感	1.9±0.8	2.1±0.6	1.9±0.6	2.4±0.6*	1.6±0.7	1.9±0.6	2.0±0.8	2.6±0.5*
肌のハリや弾力	1.8±0.7	2.3±0.9*	1.8±0.6	2.3±0.8**	1.8±0.9	2.3±0.9	1.7±0.8	2.4±1.0*
肌のふっくら感	1.9±0.6	2.6±0.8**	2.1±0.7	2.6±0.6*	1.9±0.8	2.5±1.1	1.9±0.7	2.9±0.7*
肌のキメの粗さ	2.1±1.0	2.3±1.0	1.7±0.5	2.1±0.6**	2.0±0.9	1.8±0.7	1.6±0.5	2.1±0.7*
毛穴の目立ち	1.6±0.8	2.0±1.0*	1.4±0.5	1.9±0.5*	1.3±0.5	1.8±0.9	1.1±0.4	2.0±0.6*
肌のたるみ	1.5±0.6	2.1±0.9**	1.6±0.7	1.9±0.9	1.4±0.5	2.0±0.8	1.6±0.5	2.4±1.0*
しわ	1.5±0.6	1.9±0.7*	2.1±0.9	2.5±0.9*	1.5±0.5	2.0±0.5	2.1±0.9	2.9±0.9
しみ	1.6±0.7	1.8±0.7	1.6±0.8	1.9±0.9*	1.8±0.9	1.9±1.0	1.6±0.8	2.1±0.9*
化粧ノリ	2.1±0.6	2.4±0.8*	2.1±0.8	2.6±0.8*	2.0±0.5	2.1±0.8	1.6±0.5	2.7±1.0*
体								
肌の乾燥	1.7±0.6	2.2±0.9	1.7±0.5	2.2±0.7*	1.9±0.6	1.9±1.0	1.7±0.5	2.4±0.8
肌の赤み	2.9±1.2	3.3±1.3	3.2±0.9	3.4±1.1	3.0±1.1	3.4±1.1	3.1±0.7	3.7±1.0
肌のかゆみ	2.6±1.0	3.4±1.2*	2.6±0.9	3.4±0.8**	3.0±1.2	3.4±1.2	3.0±0.8	3.7±0.8*
肌の調子	2.3±0.7	2.8±0.9*	2.3±0.6	3.1±0.7**	2.4±0.7	2.6±0.9	1.9±0.4	3.0±0.6*
合計スコア	33.4±6.00	40.4±10.2**	33.6±5.4	42.1±6.9**	33.3±7.1	38.0±11.5	32.0±6.2	45.3±6.8*

平均値±標準偏差, 全被験者 (n=36), 皮膚水分量 35a.u.未満の被験者 (n=15).

* $p<0.05$, ** $p<0.01$ (同一群の摂取前後での比較). 表中の数値は各項目を5段階で自己評価した平均値 (5点: 大変よい, 4点: よい, 3点: どちらでもない, 2点: 悪い, 1点: 大変悪い).

摂取群では摂取前と比較して皮膚水分量は改善を示した。しかし、プラセボ摂取群においても DCS 摂取群と同様の傾向が認められ、群間での有意差は認められなかった。一方、被験者の中から左頬の皮膚水分量が 35a.u.未満の被験者 15 名を対象に層別解析を行ったところ、摂取 12 週間後の皮膚水分量において DCS 摂取群はプラセボ摂取群と比較して有意な増加が認められた ($p<0.05$)。さらに、皮膚水分量が 35a.u.未満の被験者においてはアンケート調査において「顔の乾燥」項目が DCS 摂取群において改善した。38 歳以上の被験者における解析結果では、DCS 群において試験前後の水分量が有意に改善していたが、群間差は認められず、自覚症状においても顕著な改善は認められなかった。以上の結果から、DCS の摂取は皮膚の乾燥が重度な人の皮膚水分量を改善し、顔の乾燥状態を改善することが示唆された。経皮水分蒸散量は DCS 摂取群で減少傾向を示したが、プラセボ摂取群においても同様の傾向が認められ、DCS の摂取による明確な改善効果は認められなかった。

ヒトの肌の水分保持には角質層が重要な役割を担っており、角層は表皮角化細胞が分化した角層細胞とその細胞間に充満する細胞間脂質から構成される。細胞間脂質はコレステロール、脂肪酸、セラミドを主成分とし、ラメラ構造を形成することで細胞間に水分を保持し、皮膚の保湿に寄

与している¹²⁾¹³⁾。近年では美容を目的とした機能性食品素材として植物由来の GlcCer や牛乳由来の SM を主成分とした「セラミド」素材が上市されており、これら素材の経口摂取により肌機能が改善した報告例がある。春田らは、牛乳由来 SM をヒトに対して 1 日あたり 22mg の投与量で 6 週間経口投与したところ、皮膚の水分量が改善したことを報告している¹⁰⁾。本試験にて被験者に供試した DCS は 1 日あたり 1g であり、この中に含まれる SM 量は 2mg と上記の知見よりも少ないにもかかわらず皮膚水分量の増加が認められた。牛乳中に含まれる SM は鶏皮中の SM とスフィンゴイド塩基の組成が異なっていることが報告されていることから²⁾¹¹⁾、塩基組成の違いが生体内での利用性に影響を及ぼしている可能性が考えられた。SM の経口摂取による肌への作用メカニズムについては、皮膚におけるセラミド合成の促進¹⁴⁾などが報告されているが、未だ統一した見解が得られていないのが実情である。

経口摂取されたスフィンゴ脂質は消化管内で酵素作用によりスフィンゴイド塩基と脂肪酸に分解された後、一部が吸収されることが知られているが¹⁵⁾、動物性と植物性のスフィンゴ脂質では吸収性が異なると考えられている。動物の主要なスフィンゴ脂質は SM であり、主要なスフィンゴイド塩基は 4-sphingenein である。一方、植物の主要なス

フィンゴ脂質は GlcCer であり、スフィンゴイド塩基は 8-sphingenine や 4,8-sphingadienine 等の 9 種類が確認されている¹⁶⁾¹⁷⁾。Sugawara らは動物由来と植物由来のスフィンゴイド塩基は腸管細胞への取り込み能が異なっており、動物由来と比べ植物由来のスフィンゴイド塩基は小腸粘膜細胞への取り込み量が少ないことを示している¹⁸⁾。Yunoki らは皮膚の SM の主要なスフィンゴイド塩基は 4-Sphingenine であり、哺乳動物と類似した構造を有していることを報告している²⁾。これらのことから、本試験において使用された DCS 中の SM は既存の植物由来 GlcCer より吸収性に優れていることが推測された。

皮膚弾力性指標 R7 の測定結果では摂取前と比較して DCS 摂取群のみで改善が認められた。さらに 38 歳以上の被験者に対して層別解析を行ったところ、摂取 12 週間後の R7 はプラセボ摂取群と比較して DCS 摂取群において顕著な改善傾向が認められた。R7 は真皮の弾性繊維の変化や弾性繊維ネットワークの変化と関係している値であり、加齢に伴って減少することが報告されている¹⁹⁾²⁰⁾。本試験において 38 歳以上の DCS 摂取群の被験者において皮膚弾力性の増加が顕著であったことから、DCS は加齢に伴う皮膚弾力の低下を抑制もしくは改善する可能性が考えられた。

試験食品に使用した DCS は、SM 以外のリン脂質やコラーゲンなどのタンパク質も含んでいる。コラーゲンは真皮の主要な構成成分であり、皮膚のはり・弾力・硬さに関わっている²¹⁾。近年、コラーゲン含有の健康食品は注目を集めてきているが、これはコラーゲンを経口摂取することで皮膚中のコラーゲン合成を促進する美容効果を期待するところが大きいと考えられている。コラーゲン含有食品のヒトによる経口摂取試験では、皮膚弾力性の向上²²⁾、角質水分量の増加が報告されている²³⁾が、これらの報告例は抽出したコラーゲンを酵素処理することで低分子化しており、摂取量も 2.5~10 g/日と本試験の DCS に由来するコラーゲン量 (300 mg/日) よりも多い。よって本試験において認められた皮膚弾力性や皮膚水分量の増加は DCS 中のコラーゲンに由来するものとは考え難い。スフィンゴ脂質において、ビート由来 GlcCer 1.8 mg をヒトに対して 8 週間経口摂取させることで頬部皮膚の弾力性の改善²⁴⁾が認められていることから、本試験にて認められた皮膚弾力性の改善は DCS 中に含まれる SM による効果である可能性が考えられる。

これらの結果より、DCS は皮膚の乾燥が重度な人の皮膚保湿性を改善させ、加齢により低下した皮膚弾力性の改善に寄与できる可能性がある。本試験の実施期間は 12 月から 3 月の低湿な気候条件の時期に実施しており、一般的には皮膚の乾燥感を訴える人が多い。このような時期に DCS を摂取することで肌状態の改善が期待できる。今後、本試験において改善傾向が認められた項目に対してより詳

細に検討し、DCS の摂取効果がどのような作用機序で発現するかを明確にする必要がある。

要 約

廃鶏表皮を原料として脱脂乾燥鶏皮粉末 (DCS) を調製し、その摂取がヒトの肌に及ぼす影響を確認する目的でヒトによる二重盲検並行群間試験を実施した。その結果、DCS 摂取群において皮膚水分量の増加傾向が認められ、特に皮膚の乾燥が重度な被験者においてはプラセボ摂取群と比較して有意に増加した。また、DCS の摂取後では皮膚弾力性が摂取前と比較して有意に増加していた。本試験の結果から、DCS の摂取は皮膚の乾燥が重度な人の皮膚保湿性を改善させ、加齢により低下した皮膚弾力性を改善する可能性が示された。

文 献

- 1) 駒井 亨, 畜産の情報 国内編 平成 15 年 8 月号, No. 166 (農畜産業振興事業団), pp. 4-9 (2003).
- 2) Yunoki, K., Kukino, O., Nadachi, Y., Fujino, T. and Ohnishi, M., Separation and determination of functional complex lipids from chicken skin. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **85**, 427-433 (2008).
- 3) 府中英孝, 柚木恵太, 松山弘幸, 藤野武彦, 大西正男, 小玉芳郎, 杉山雅昭, 親鶏由来の機能性リン脂質: スフィンゴミエリンの抗高脂血症及び抗高血糖効果, プレインテクノロジー, **141**, 13-19 (2010).
- 4) セラミド研究会, 「セラミド基礎と応用」, (食品化学新聞社, 東京) p. 6 (2011).
- 5) Elias, P. M., Epidermal lipids, barrier function, and desquamation. *J. Invest. Dermatol.*, **80**, 44-49 (1983).
- 6) Mizutani, Y., Mitsutake, S., Tsuji, K., Kihara, A. and Igarashi, Y., Ceramide biosynthesis in keratinocyte and its role in skin function. *Biochemie.*, **91**, 784-790 (2009).
- 7) Uchida, Y., Hara, M., Matsuyama, H., Yamamura, J., Tanaka, M., Aoe, S., Iwanaga, T. and Kawakami, H., Epidermal sphingomyelins are precursors selected stratum corneum ceramides. *J. Lipid Res.*, **41**, 2071-2082 (2000).
- 8) Hamanaka, S., Hara, M., Nishio, H., Otsuka, F., Suzuki, A. and Uchida, Y., Human epidermal glucosylceramides are major precursors of stratum corneum ceramides. *J. Invest. Dermatol.*, **119**, 416-423 (2002).
- 9) Uchiyama, T., Nakano, Y., Ueda, O., Hiroshi, M., Nakashima, M., Noda, A., Ishizaki, C. and Mizoguchi, M., Oral intake of glucosylceramide improves relatively higher level of trans-epidermal loss in mice and healthy human subjects. *J. Health Science*, **54**, 559-566 (2008).
- 10) 春田裕子, 上田典子, 加藤 健, 辻 秀一, 吉岡俊満, 皮膚に対する牛乳由来スフィンゴミエリン高含有素材の臨床効果, *Milk Science*, **58**, 135-141 (2009).
- 11) Ramstedt, B., Leppimäki, P., Axberg, M. and Slotte, P., Analysis of natural and synthetic sphingomyelins using high-performance thin-layer chromatography. *Eur. J. Biochem.*, **266**, 997-1002 (1999).
- 12) Man, M.M., Feingold, K.R., Thornfeldt, C.R. and Elias, P.M., Optimization of physiological lipid mixture for barrier repair. *J. Invest. Dermatol.*, **106**, 1096-1101 (1996).
- 13) Man, M.Q., Feingold, K.R. and Elias, P.M., Exogenous lipids influence permeability barrier recovery in acetone-treated

- murine skin. *Arch. Dermatol.*, **129**, 728-738 (1993).
- 14) Duan, J.J., Sugawara, T., Hirose, M., Aida, K., Sakai, S., Fujii, A. and Hirata, T., Dietary sphingolipids improve skin barrier function via the upregulation of ceramide synthases in the epidermis. *Experimental Dermatology*, **21**, 448-452 (2012).
- 15) Duan, R.D. and Nilsson, A., Metabolism of sphingolipids in the gut and its relation to inflammation and cancer. *Progress in Lipid Research*, **48**, 62-72 (2009).
- 16) Ohnishi, M. and Fujino, Y., Sphingolipids in immature and mature soybean. *Lipids*, **17**, 803-810 (1982).
- 17) Ohnishi, M., Ito, S. and Fujino, Y., Characterization of sphingolipids in spinach leaves. *Biochim. Biophys. Acta*, **752**, 416-422 (1982).
- 18) Sugawara, T., Kinoshita, M., Ohnishi, M., Nagata, J. and Saito, M., Digestion of maize sphingolipids in rats and uptake of sphingadienine by Caco-2 cells. *J. Nutr.*, **133**, 2777-2782 (2003).
- 19) Cua, A.B., Wilhelm, K.P. and Maibach, H.I., Elastic properties of human skin : relation to age, sex, and anatomical region. *Arch. Dermatol. Res.*, **282**, 283-288 (1990).
- 20) Takema, Y., Yorimoto, Y., Kawai, M. and Imokawa, G., Age-related changes in the elastic properties and thickness of human facial skin. *Br. J. Dermatol.*, **131**, 641-648 (1994).
- 21) 梶山葉子, 食品原料としてのコラーゲンの機能と応用, フレグランスジャーナル, **25**, 58-64 (1997).
- 22) 速水耕介, 寺山貴子, 梶原伸子, コラーゲンペプチド含有飲料の健常者における皮膚粘弾性への影響, 新薬と臨床, **49**, 867-873 (2000).
- 23) 大原浩樹, 伊藤恭子, 飯田博之, 松本 均, コラーゲンペプチド経口摂取による皮膚角質水分量の改善効果, 日本食品科学工学会誌, **56**, 137-145 (2009).
- 24) Hori, M., Kishimoto, S., Tezuka, Y., Nishigori, H., Nomoto, K., Hamada, U. and Yonei, Y., Double-blind study of effect of glucosylceramide in beet extract on skin elasticity and fibronectin production in human dermal fibroblasts. *Anti Aging Medicine*, **7**, 129-142 (2010).

引用 URL

- i) <http://www.maff.go.jp/j/tokei/> (2012.10.15)
(平成 24 年 11 月 15 日受付, 平成 25 年 1 月 28 日受理)