

酵素加水分解卵殻膜が「皮膚細胞の成熟・再生の促進」を示唆する新発見

肌の菲薄化抑制につながる新たな作用機序として

「細胞内シグナル活性化経路」を特定

最新研究結果が Journal of Food Science 誌に掲載

株式会社アルマード（所在地：東京都中央区日本橋、代表取締役社長：蕨 博雅）と東京大学大学院農学生命科学研究科による卵殻膜研究チームは、ヒト表皮角化細胞を培養する際に酵素加水分解卵殻膜を添加することで、肌の菲薄化抑制につながる新たな作用機序として「細胞内シグナル活性化経路」を特定したことにより、卵殻膜がヒト表皮ケラチノサイトの分化を促進する可能性を示すことを発見し、論文発表いたしましたことをお知らせいたします。

また本論文は、学術誌「Journal of Food Science」に 2026 年 8 月 26 日オンライン掲載されました。

【掲載論文 URL】 <https://doi.org/10.1111/1750-3841.71412>

超高齢化社会を迎えるなか、加齢が及ぼす身体的・精神的影響へのアプローチは重要な社会的課題となっています。特に、人体最大の器官である皮膚の老化は、皮膚バリア機能の低下によるトラブル増加に加え、見た目の変化を通じて個人の QOL（生活の質）に大きな影響を与えることが知られています。

本研究は、当社が 2021 年に発表した「卵殻膜の摂取が、皮膚細胞の分化・形成を促進し、皮膚の菲薄化（肌痩せ状態）を改善することを実証」した研究結果^{※1}をさらに深掘りしたものです。今回、卵殻膜がどのような細胞内シグナル経路を介してケラチノサイトの分化を促しているのか、そのメカニズムが明らかとなりました。

当社は今後も抗老化および皮膚科学領域の発展に貢献するべく、本研究成果を基盤として、卵殻膜による皮膚のアンチエイジングや肌質改善に関する更なる研究を進め、美容分野において高度な機能性を有する商品の開発・供給を進めてまいります。

■研究背景

加齢や光老化に伴い、表皮細胞（角化細胞）の分化やターンオーバーが遅くなると、皮膚が薄くなる「菲薄化（ひはくか）」が起こります。菲薄化した肌はバリア機能が低下し、乾燥やシワ、ハリ不足などのトラブルを引き起こしやすくなります。

当社はこれまで、未利用資源である「卵殻膜」に着目し、独自の酵素処理を施した「酵素加水分解卵殻膜」が表皮の分化を促進し、肌の厚みやバリア機能を維持することを解明してまいりました^{*1}。しかし、その詳細な作用機序や、「酵素加水分解卵殻膜」中のどの成分が寄与しているかについては未解明のままでした。

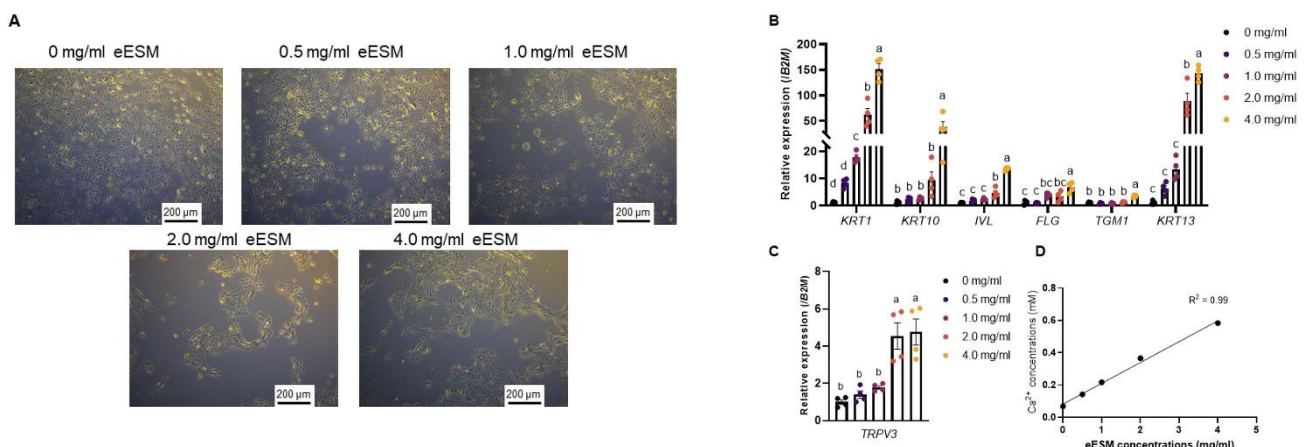
■研究概要

卵殻膜を酵素で分解した酵素加水分解卵殻膜を細胞に与えたところ、細胞が分化しているときに増える遺伝子が増えました。また細胞形態も分化した細胞特有の扁平化を示しました。これは、酵素加水分解卵殻膜が肌細胞の成熟を助ける可能性を示しています。

また、酵素加水分解卵殻膜にはカルシウムが含まれており、カルシウム濃度も酵素加水分解卵殻膜濃度に応じて上昇しました。カルシウム単独でも初期分化マーカーである KRT1、KRT10 は増加しましたが、後期分化マーカーへの効果は酵素加水分解卵殻膜ほど強くありませんでした。このことから、酵素加水分解卵殻膜の作用はカルシウムだけでは説明できず、ほかの生理活性成分も関与していると考えられます。

さらに、遺伝子発現解析や阻害剤実験により、酵素加水分解卵殻膜による分化促進には、TRPV3 を介したカルシウム取り込み、およびその下流の PKC 経路と PI3K-Akt 経路が関与する可能性が示されました。Akt 経路は主に初期分化マーカーに、PKC 経路は後期分化マーカーに関与していることが示唆されています。

加えて、卵殻膜原料の分子量を調べたところ、酵素加水分解卵殻膜中に分子量約 1000 Da 付近の成分が特徴的に含まれる可能性が示されました。ただし、その具体的な成分の同定には至っていません。



異なる濃度の eESM（酵素加水分解卵殻膜）処理がケラチノサイト分化およびカルシウムイオン取り込みに与える影響。

(A) NHEK-Neo 細胞は 0.5–4.0 mg/mL の eESM で 4 日間処理された。顕微鏡で形態の変化が観察されました。スケールバーは 200 μm (B、C) を示しています。eESM 処理後、ケラチノサイト分化関連遺伝子および TRPV3 の発現をリアルタイム RT-PCR で調査しました。(D) eESM 含有培地中のカルシウムイオン濃度を調査した。データは平均 SE (n=4 回の生物学的複製) ± で表現されました。統計解析は Tukey-Kramer の多重比較検定を用いて行われました。グラフ上の異なる文字(a, b, c, d)は統計的有意性(p < 0.05)を示します。

■ 本研究で新たに解明された主なポイント※2

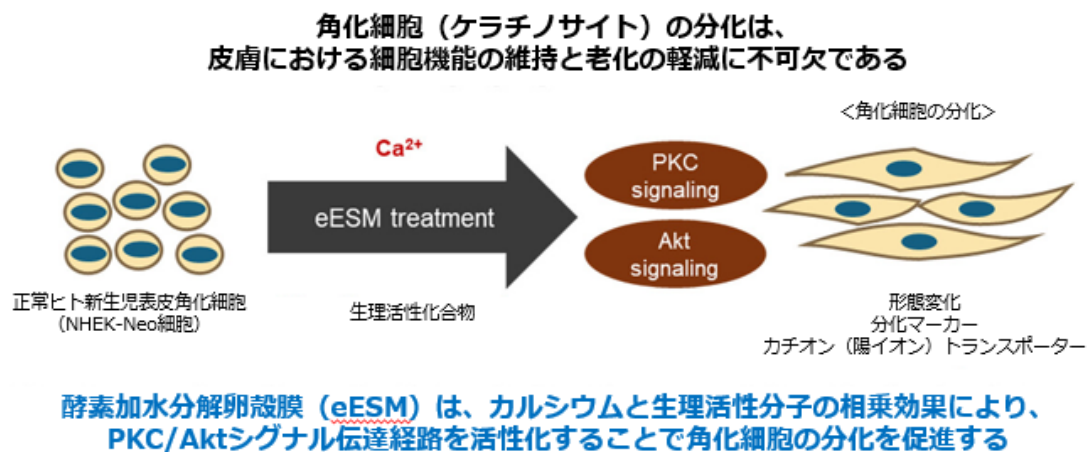
1：表皮細胞の成熟を動かす細胞内スイッチ（PKC/Akt 経路）を特定

酵素加水分解卵殻膜が表皮角化細胞の細胞内シグナル伝達酵素である「PKC（プロテインキナーゼ C）」および「Akt/ERK2」を活性化させることを突き止めました。阻害剤を用いた実験により、酵素加水分解卵殻膜による表皮角化細胞の分化促進に、特に PKC および Akt 経路が関与することを明らかにしました。

2：「低分子成分（約 1000 Da）」と「微量カルシウム」の協調作用を示唆

酵素加水分解卵殻膜中に含まれるカルシウム単体では主に分化の初期段階のマーカーが増加しましたが、酵素加水分解卵殻膜では、分化の後半プロセスに関わるインボルクリンやフィラグリンなどの発現増加も認められました。さらに、酵素加水分解卵殻膜には「分子量約 1,000 Da（ダルトン）付近の低分子成分」が含まれることが示され、カルシウムと約 1,000 Da 成分が協調して作用する可能性が考えられます。

■ 研究総括



本研究は、酵素加水分解卵殻膜がヒト表皮ケラチノサイトの分化を促進することを示しました。その作用には、酵素加水分解卵殻膜に含まれるカルシウムだけでなく、分子量約 1000 Da 付近の未同定の生理活性成分も関与している可能性があります。

また、酵素加水分解卵殻膜による分化促進は、TRPV3 依存的なカルシウムシグナルを起点とし、PI3K-Akt 経路および PKC 経路を介して進むと考えられます。

本研究成果は、未利用資源であった卵殻膜が「皮膚の健康を支える機能性食品素材」として高い価値を持つことを示すものです。これまでの研究でも、卵殻膜には抗肥満効果や抗炎症作用、肌のアンチエイジング（老化抑制）、腸内環境の改善、抗酸化作用など、多角的な健康効果が報告されています。このことから、卵殻膜は環境に配慮したサステナブルな高機能素材として今後の活用が大きく期待されます。

ただし、本研究は主に培養細胞を用いた in vitro 試験であり、実際にヒトが摂取または皮膚に使用した場合に同様の効果が得られるかは未確認です。また、有効成分の同定も今後の課題です。そのため、今後は動物試験やヒト試験、有効成分の解析が必要とされます。

■今後の展望

本研究により、卵殻膜が「特定の細胞内シグナルを活性化させて表皮の健全な成熟と厚みを保つ」という科学的根拠（エビデンス）の一端を示しました。今後は、このメカニズムに基づいた化粧品・健康食品への応用展開を加速させてまいります。

■掲載論文情報

※1【前報（2021 年発表）】

- **論文タイトル：** Enzymatically Hydrolyzed Eggshell Membrane Promotes Keratinocyte Differentiation and Enhances Epidermal Barrier Function
- **著者：** Kyohei Furukawa, Masaya Kono, Tetsuro Kataoka, Yukio Hasebe, Huijuan Jia, and Hisanori Kato
- **掲載誌：** *Nutrients*, 2021;13(7):2144
- **URL：** <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/7/2144>
- **概要：** 酵素加水分解卵殻膜が角化細胞の分化を促進し、皮膚バリア機能の向上および表皮の厚み維持（菲薄化防止）に有効であることを発表。

※2【本研究（今回発表）】

- **論文タイトル：** Enzymatically Hydrolyzed Eggshell Membrane-Induced Differentiation of Human Keratinocytes via Protein Kinase C and Akt Signalling Pathways
- **著者：** Kyohei Furukawa, Chika Ando, Tetsuro Kataoka, Yukio Hasebe, Hisanori Kato, and Huijuan Jia
- **掲載誌：** *Journal of Food Science*. 2026;91(8):e71412
- **DOI / URL：** <https://doi.org/10.1111/1750-3841.71412>
- **概要：** 酵素加水分解卵殻膜による分化促進の背景にある「PKC/Akt シグナル伝達経路」と「低分子成分（約 1000 Da）×カルシウムの協調作用」を解明。

■株式会社アルマードについて

健康と美しさをもたらす「卵殻膜」が持つパワーの可能性についていち早く着目し、「CELLULA（チェルラー）」「CELLULA FALCO（チェルラー ファルコ）」「Orphe（オルフェ）」「TO-II（ティーオーツー）」「Ode（オーディ）」「ODE MODE（オーディモード）」「III型（サンガタ）」「AMF（アマフ）」「Nom-lab. PROTEIN（ノムラボ プロテイン）」ブランドで化粧品・健康食品を展開しています。

■会社概要

株式会社アルマード

代表者： 代表取締役社長 蕨 博雅

事業内容： 自社ブランド化粧品・サプリメントの企画・開発・販売ならびに OEM（受託製造）の企画・開発・製造

住所：〒103-0022 東京都中央区日本橋室町 4-6-2 菱華ビルディング 7 階

URL：<https://www.almado.co.jp/>

【本件に関するお問合せ先】

株式会社アルマード 広報担当 松永 麻美

Tel：03-6628-0615 /Mail：almado-pr@almado.co.jp